



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

"RE INGENIERIA VENTAJAS EN LA APLICACION  
DE DIMENSIONES Y TOLERANCIAS GEOMETRICAS  
SOBRE LAS TOLERANCIAS RECTANGULARES, AL  
DISEÑO DE UNA PARTE MECANICA".

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

DAVID MONROY FELIX

ASESOR: ING. VICTOR HUGO ALVAREZ JUAREZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Q. MA. DEL CARMEN GARCÍA SUJARES  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario: "Reingeniería"

"Ventajas en la aplicación de dimensiones y tolerancias geométricas sobre las tolerancias rectangulares, al diseño de una parte mecánica".

que presenta el pasante: David Monroy Félix,  
con número de cuenta: 9552140-6 para obtener el Título de:  
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a 7 de mayo de 2001

| MODULO: | PROFESOR:                                     | FIRMA: |
|---------|---|--------|
| _____   | _____<br>Lic. Juan de la Cruz Hernández Simón | _____  |
| _____   | _____<br>Lic. Víctor Hugo Álvarez J. Cruz     | _____  |

## Agradecimientos

A la máxima casa de estudios por haberme proporcionado una educación con calidad a nivel mundial y por haberme abierto los ojos enseñandome lecciones útiles para el mundo real. Lo cual me permitiera poner el nombre de esta gran universidad lo mas alto que me sea posible.

Agradezco a los profesores las lecciones que me enseñaron y que me serán útiles durante mi vida.

# DALHOUSIE University

A esta gran Universidad por haberme enseñado que los sueños se pueden hacer realidad. A Canada que me enseno que la vida es algo hermoso y que hay que vivirla al máximo.

A los profesores que siempre estuvieron ahí para enseñarme una manera diferente de seguir estudiando con pasión.

# Ford Motor Company

Por la gran fortuna de ser parte de una compañía tan importante a nivel mundial y por todo lo que ha invertido en mí para que me pueda desarrollar al máximo.

A las grandes personas que he conocido en esta compañía y por su valiosa enseñanza.

Agradezco a mi familia el apoyo y el gran amor que siempre me han dado durante toda mi vida.

## Trabajo de Seminario para titulación de Seminario de Reingeniería.

### Título:

Ventajas en la aplicación de *dimensiones y tolerancias geométricas* sobre las *tolerancias rectangulares*, al diseño de una parte mecánica".

### Objetivo:

Analizaremos el diseño de una parte mecánica con el método de *tolerancias rectangulares*, y haremos una comparación del mismo caso con las *dimensiones y tolerancias geométricas*, para demostrar y establecer que al diseñar únicamente con tolerancias geométricas permite obtener resultados óptimos en todos los casos, a diferencia de las tolerancias rectangulares.



|   |    |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN  | 4  |
| CAPÍTULO 1  |    |
| 1.1 Historia del diseño de una parte mecánica.                                  | 8  |
| 1.2 Fundamentos de Reingeniería.  | 10 |
| 1.3 Las tres Ces que más interesan a las compañías.                             | 14 |
| 1.3.1 Los clientes asumen el mando.   | 15 |
| 1.3.2 La competencia se intensifica.  | 17 |
| 1.3.3 El cambio se vuelve constante.  | 18 |
| 1.4 Liderazgo detrás del escenario ( Entendimiento político de la<br>compañía). | 21 |
| CAPÍTULO 2  |    |
| 2.1 Las <i>tolerancias rectangulares</i> .                                      | 27 |
| 2.2 Diseño de una parte mecánica utilizando tol. rectangulares.                 | 29 |
| 2.3 Oportunidades y limitaciones de las tol. rectangulares.                     | 30 |
| 2.4 Problemas actuales en la utilización de las tol. rectangulares.             | 31 |
| 2.4.1 Aceptación de partes defectuosas.   | 33 |
| 2.4.2 Mayor tiempo de inspección  | 33 |
| 2.4.3 Mayor costo de fabricación.   | 34 |
| 2.4.4 Rechazo de partes buenas.   | 34 |

## CAPÍTULO 3

|   |    |
|---|----|
| 3.1 Historia de las dimensiones y tol. geométricas (GD&T).                          | 35 |
| 3.2 Principios básicos de las tolerancias geométricas.                              | 40 |
| 3.2.1 Planos de referencia, sup. y facciones de partes.                             | 45 |
| 3.2.2 Tolerancias.  | 46 |
| 3.2.3 Componentes comunes para un dibujo con dimensiones y tolerancias geométricas. | 46 |
| 3.2.4 Dimensiones Básicas.  | 47 |
| 3.2.5 Reglas básicas de las tolerancias geométricas.                                | 51 |

## CAPÍTULO 4

|  |    |
|--|----|
| 4.1 Propuesta de Reingeniería; diseño de una parte mecánica dimensiones y tolerancias geométricas. | 48 |
| 4.2 Análisis inicial para asignar tolerancias geométricas  | 49 |
| 4.3 Ventajas de la parte mecánica por usar tol. geométricas  | 49 |
| 4.3.1 Placa barrenada.   | 56 |
| 4.3.2 Eje Sólido.  | 58 |
| 4.3.3 Go - No Go gages.  | 60 |

|  |    |
|--|----|
| 4.4 Beneficios de Reingeniería por la aplicación de dimensiones y tolerancias geométricas (GD&T) para todos los diseños de partes mecánicas. | 61 |
| 4.5 Recomendación. siempre que se desee tener un diseño robusto se deben utilizar las Dimensiones y Tolerancias Geométricas.                 | 62 |
| CONCLUSIONES   | 63 |
| BIBLIOGRAFÍA   | 65 |
| APENDICE (Ejemplos de Proyectos Reales desarrollados en Canada)  | 67 |

## INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta tesina no es ser un libro de texto sobre las Dimensiones y Tolerancias geométricas, sin embargo menciona algunos principios básicos para entender el verdadero sentido de este lenguaje, estas explicaciones en ocasiones son un poco difíciles de encontrar en todos los libros que han sido escritos al respecto, se invita al lector para que profundice mas en el tema si así lo desea.

Este trabajo de titulación considera a la Reingeniería como una dirección importante que las compañías deben de incorporar seriamente para tener resultados benéficos para la misma, este trabajo propone el uso de las tolerancias y dimensiones geométricas como un lenguaje completo durante la etapa del diseño para asegurar que las partes siempre podrán ser ensambladas con sus contrapartes. Para poder aplicar Reingeniería se requiere un cambio radical y lo primero que encontramos en las corporaciones es una resistencia muy alta al cambio, por lo que este trabajo se fortalece con una explicación breve del entendimiento político de una corporación, con el fin de entender mas el proceso de toma de decisiones dentro de una compañía y así poder influir en forma positiva.

Muchos proyectos magníficos en el aspecto técnico nunca se llevan a cabo por que los depredadores políticos los desprestigian. Las compañías fueron creadas por humanos y son manejadas por humanos y mientras esto continúe siendo así, habrá que considerar no solo el sistema técnico, pero también el sistema humano.

Las compañías hoy en día se enfrentan a retos sumamente interesantes, se mencionara mas a detalle las 3 C's que actualmente se están siguiendo (Competencia, Clientes y Cambio) a nivel mundial. Se describe un mundo global donde los clientes asumen el mando de que quieren, cuando y cuanto están dispuestos a pagar, la competencia se intensifica y además se vuelve a nivel global o mundial donde lo único que es constante y necesario es el cambio para satisfacer a los clientes. Existen iniciativas de calidad como por ejemplo seis sigma, usadas por compañías de clase mundial, que básicamente lo que se busca es reducir el numero de defectos a 3 defectos por millón de partes.

La situación para las compañías actualmente es diferente a la que antes enfrentaban, ahora existe la competitividad global, un ciclo de vida de productos corto y cambiante. Todas estas razones están llevando a las compañías a mirar internamente sus procesos para usar Reingeniería y poder así enfrentar eficientemente los retos actuales [12].

Para poder lograr esto es necesario tener un diseño robusto que exprese de manera clara los requerimientos del diseño, que sea útil para manufactura y que también este claro para el área de inspección de calidad. Únicamente teniendo un diseño robusto con un lenguaje adecuado que pueda entenderse sin ambigüedad se puede lograr una calidad optima como actualmente las empresas requieren.

Hablar de Reingeniería es hablar de procesos y que mejor forma de cambiar radicalmente el proceso de diseño de partes mecánicas que cambiando totalmente el lenguaje con que este es expresado [13]. Las compañías de primer mundo están en este proceso porque saben que les puede ofrecer una ventaja competitiva. Gran parte de la satisfacción del cliente se puede lograr cuando las partes mecánicas se diseñan bien. Un diseño robusto puede hasta evitar algún problema o equivocación de ensamble.

Las compañías no seguirán manejando el viejo sistema de tolerancias rectangulares, ya que como demostraremos posteriormente no ayuda a tener diseños robustos y esto puede traer problemas de que las partes no ensamblen y esto implicaría costos muy altos. El sistema de dimensiones y tolerancias geométricas ofrece un sistema que asegura el

ensamble de las partes, es útil para la manufactura y para la inspección de la pieza.

El sistema de Dimensiones y Tolerancias Geométricas (Geometric Dimensioning and Tolerancing GD&T) ofrece además una forma creativa a los diseñadores para expresar sus ideas en papel [11]. En forma clara expresan cuales son los requerimientos del diseño para que se cumplan al 100%.

## CAPÍTULO 1

### 1.1 Historia del diseño de una parte mecánica.

Cuando se inicia el diseño de una máquina, o de un elemento mecánico independiente, es importante definir las funciones y las especificaciones de diseño para el dispositivo por completo y en forma clara [9]

El concepto comprendido en el término "diseño" podría llamarse más correctamente síntesis, o sea, el proceso de idear un patrón o método para lograr un propósito dado. Diseño es el proceso de establecer tamaños, formas, composiciones de los materiales y disposiciones de las piezas de tal modo que la máquina resultante desempeñe las tareas prescritas [10].

Aunque existen muchas fases dentro del proceso del diseño que es factible plantear de un modo científico y bien ordenado, el proceso en conjunto es por su propia naturaleza, tanto un arte como una ciencia. Requiere imaginación, intuición, creatividad, sentido común y experiencia. El papel de la ciencia dentro del proceso de diseño sirve sencillamente para proveer las herramientas que utilizarán los diseñadores para poner en práctica su arte.



Es probable que el conjunto más abundante de métodos científicos de que dispone el diseñador quede dentro de la categoría denominada análisis. Se trata de técnicas que permiten que el diseñador examine en forma crítica un diseño ya existente o propuesto con el fin de determinar si es adecuado para el trabajo de que se trate[4]. Por ende, el análisis, por si solo, no es una ciencia creativa sino mas bien de evaluación y clasificación de cosas ya concebidas.

Es preciso tener siempre en mente que aunque la mayor parte de los esfuerzos realizados se dediquen al análisis, la meta real es la síntesis, es decir, el diseño de una parte mecánica o sistema. El análisis es una simple herramienta y sin embargo es tan vital que se usara inevitablemente como uno de los pasos del proceso del diseño[1]

Generalmente en las industrias armadoras de automóviles se manufacturaban partes en una localización geográfica distinta a donde se manufacturaban las otras partes con las cuales estas serán ensambladas [8]. Aun cuando ambas partes hubiesen sido producidas contra dibujo se daba el caso de que las partes no podían ser ensambladas.

## 1.2 Fundamentos de Reingeniería.

Actualmente las empresas se enfrentan al reto de ser expeditas, ágiles, flexibles, diligentes, competitivas, innovadoras, eficientes, enfocadas al cliente y rentables. La organización debe de tener retroalimentación del cliente y ser bastante flexible a fin de que se pueda ajustar rápidamente a las cambiantes condiciones del mercado [13].

Por mas de cien años los empresarios estadounidenses liderearon al mundo creando organizaciones comerciales que fijaban las pautas para el desarrollo de nuevos productos, formas de producción y de distribución. Crearon avances tecnológicos, como el teléfono, automóvil lo que cambio la forma de vivir de muchos estadounidenses y de otras personas alrededor del mundo, lograr el mas alto nivel de vida en esa época. El mundo ha cambiado y esto ha traído cambios que requieren una gran capacidad para adaptarse y evolucionar [14].

La globalización (desaparición de fronteras entre mercados), tecnología avanzadas y las nuevas expectativas de los clientes que tienen mas opciones para escoger (nunca antes habían tenido tantas opciones), todo esto se ha combinado para cambiar a las compañías que aun trataban de seguir el modelo clásico de corporación estadounidense y lograr una renovación de su capacidad competitiva, esto no se logra haciendo que la gente trabaja mas duro o jornadas

mas largas, se logra aprendiendo a trabajar de otra forma y con una nueva mentalidad enfocada al cliente.

Adam Smith un filósofo y economista describió el estilo empresarial de trabajo y sus raíces organizacionales del prototipo de la fabrica de alfileres en *La riqueza de las naciones* (publicado en 1776), en esta publicación Smith explica lo que él denominó principio de la división del trabajo.

Principio en el que explica sus observaciones de que los trabajadores especializados se encargan de realizar cada uno un solo paso de la fabricación de un alfiler. Con esto Smith explica que 10 personas podían hacer cuarenta y ocho mil alfileres al día; pero si estas personas se hubieran dedicado realizar las operaciones en forma independiente y separada sin ser educadas para este negocio, no hubiera cada persona podido hacer ni veinte alfileres al día o algunas ni un solo alfiler al día.

La división del trabajo aumentó la productividad de los operadores y represento una ventaja como explica Smith se debe a tres razones principales. -la destreza aumenta en los operadores, -se ahorra tiempo por no estar pasando de una actividad a otra diferente, -el invento de un gran número de maquinas que facilitaban y acortaban el trabajo

Muchas compañías incluso desarrollaron procedimientos estrictos los cuales prácticamente programaban a los trabajadores para hacer únicamente lo

que dictaban las reglas (por ejemplo: En las compañías ferroviarias esto hizo que los sistemas fueran previsibles, operantes y seguros).

Henry Ford refinó el concepto de Smith dividiendo el trabajo de ensamble en pequeñas tareas repetitivas, esto es en lugar de tener trabajadores hábiles en ensamblar un automóvil completo, redujo el oficio de cada trabajador a instalar una sola pieza. Probablemente la razón por la que más se recuerda a Henry Ford es por la línea móvil de montaje lo que evitó que los trabajadores se desplazaran o en otras palabras llevo el trabajo al trabajador.

Al dividir el ensamble de un automóvil en una serie de tareas sencillas, hubo mayor destreza, repetibilidad y mejores resultados de cada operación. Este principio de división del trabajo desgraciadamente no es muy recomendable para la mayoría de procesos administrativos y más adelante explicaremos a detalle el porque.

La administración también solía pensar que los ejecutivos de la corporación no necesitaban conocimientos específicos de ingeniería o de manufactura; ya que tenían especialistas para supervisar estas áreas funcionales, pero si necesitaban tener audacia financiera, bastaba con estudiar los números, ventas, ganancias-perdidas, niveles de inventario, participación de mercado, etc. Para ver que todas divisiones de la compañía estuvieran funcionando bien o de lo contrario aplicar una acción correctiva inmediata.

El enorme período de expansión económica que se dio en los Estados Unidos entre la Segunda Guerra Mundial y el decenio de los 60's, hizo que la alta administración pudiera planear y decidir cuando capital invertiría a diferentes negocios y que utilidades debían producir para la compañía los gerentes operativos de esos negocios. Este modelo fue adoptado rápidamente en Europa y Japón después de la Segunda Guerra Mundial, ya que este era una proyección de un periodo fuerte de creciente demanda con un crecimiento acelerado [15].

Esta demanda insaciable de bienes y servicios tanto interior como exterior preocupaba únicamente a los ejecutivos desde el punto operativo de capacidad para satisfacer la demanda que siempre iba en aumento. La gente que había sido privada de bienes materiales primero por la depresión y después por la guerra, formo a clientes felices de comprar todo lo que les ofrecían las compañías, sin exigir una alta calidad o servicio, cualquier adquisición material era mejor que no tener nada

Las empresas de los años 60 dividieron aun más su trabajo administrativo en tareas pequeñas y de repetición, que se podían mecanizar o automatizar. Al aumentar el número de tareas el proceso total de producir y entregar un producto o servicio se complico inevitablemente y administrar este

proceso se hizo mas difícil, aumentando el personal en los niveles medios del organigrama [14].

La distancia se hizo aun más grande entre la alta administración y el consumidor de los productos o servicios, lo que también causa un costo a las empresas de hoy en día.

La realidad de las empresas el día de hoy es súbitamente diferente, la actual crisis de competitividad global, el que la demanda de los mercados ya no es constante ni predecible aunado a que el ciclo de vida de los productos cambia constantemente ocasiona que las compañías tengan que llevar una reestructuración a raíz para enfrentar los retos que existen en el ambiente de negocios actual [14].

### **1.3 Las tres Ces que más interesan a las compañías.**

Las tres fuerzas que están motivando a las empresas a cambiar son llamadas las tres Ces: Clientes, Competencia y Cambio (Estos nombres no son nuevos pero el día de hoy tienen un peso mucho mayor del que tenían en el pasado).

### **1.3.1 Los clientes asumen el mando.**

Durante los primeros años 80, en Estados Unidos y otras potencias mundiales, la fuerza dominante entre vendedor – cliente dio un giro de 180 grados. El cliente pasó al mando de la relación (mando que antes ocupaba el vendedor), los clientes hoy dicen a los proveedores lo que necesitan, cuando lo quieren y cuando pagaran. Esta nueva condición ha descontrolado a compañías acostumbradas a la producción para un mercado masivo.

El concepto de que los clientes eran mas o menos iguales y que un producto estandarizado satisfaría a la mayor parte de ellos y los que no quedaran satisfechos comprarían el producto porque no tenían mucho que escoger, ya que había pocos competidores

Ahora los clientes tienen muchísimas opciones y ya no se comportan como si todos hubieran sido fundidos en el mismo molde. Hoy los clientes (corporaciones y consumidores) exigen que los productos y servicios sean diseñados para satisfacer sus necesidades específicas. Los clientes exigen un trato individual, programas de acuerdo a sus planes de manufactura, horarios de trabajo y además condiciones de pago que les sean cómodas.

A continuación analizaremos que factores han contribuido a que el poder del mercado pase del productor al consumidor. Al ofrecer los Japoneses precios

más bajos en combinación con productos de buena calidad, junto con productos nuevos e innovadores además de tener un nivel de servicio inigualable por las compañías existentes; un nuevo concepto de producción en serie y además calidad, precio, selección y servicio.

Para algunas empresas que no han cambiado su mentalidad y que siguen pensando en el mercado masivo, la realidad más difícil de aceptar de los clientes es que cada uno cuenta, si el día de hoy se pierde un cliente es mucho más difícil y costoso conseguir uno nuevo que mantener uno existente.

Resumiendo el pensamiento del mercado masivo en continua expansión de los años 50, 60 y 70, las compañías tienen que aprender de sus clientes- individuos y corporaciones que saben que es lo que quieren, cuanto quieren pagar y poderlos pagar en condiciones cómodas convenientes y tienen el poder de decidir con que empresa tratar que entienda y aprecie este notable cambio entre la relación productor-comprador



### **1.3.2 La competencia se intensifica.**

Antes se sabía que la empresa que lograra salir con un producto o servicio aceptable y a un buen precio, realizaría un buen negocio de ventas. Ahora la competencia se ha intensificado y cada vez se adaptan los productos a diferentes nichos, basándolos en precios, selección, calidad y servicio para adecuarlos y realizar la venta.

El día de hoy las barreras comerciales se están viniendo abajo y ninguna compañía tiene su territorio protegido contra la competencia, si una compañía no puede plantarse hombro a hombro con la mejor del mundo en una categoría competitiva pronto no tiene lugar donde pararse.

Algunas compañías nuevas son audaces y no siguen las reglas conocidas, saben que ser grande no significa ser invulnerable. Estas compañías hacen reglas nuevas para manejar los negocios, por ejemplo: Wal-Mart no se creó igual a Sears, concibiendo una nueva manera de trabajar que le produjo buenos resultados. En ventas al por menor Procter & Gamble y Wal-Mart han combinado sus sistemas de distribución y existencias de tal forma que han resultado beneficios palpables para ambas.

### **1.3.3 El cambio se vuelve constante.**

Las compañías solían ofrecer una línea estandarizada de productos y trataban de no tener mucha variedad para evitar complejidad de ensamble distribución, etc. Actualmente la presión competitiva es muy grande y esta haciendo que las empresas creen nuevos productos.

Este cambio ha traído una disminución del ciclo de vida de los productos y servicios, y al mismo tiempo ha disminuido el tiempo disponible para desarrollar nuevos productos e introducirlos, hoy las compañías se mueven rápidamente ya que de lo contrario no se podrán mover en absoluto.

Resumiendo las tres Ces (Clientes, Competencia y Cambio) podemos afirmar que estas tres fuerzas han creado un nuevo ambiente en el mundo de negocios donde se exige la flexibilidad y las reacciones rápidas. Debemos recordar que las empresas no son carteras de activos sino personas que trabajan juntas para inventar, hacer, vender y prestar un servicio, para tener éxito en el negocio al que se dedican, necesitan que su gente invente, haga y venda el servicio de la mejor forma que les sea posible. Recordemos la frase "Dios esta en los detalles" de Mies Van der Rohe, afirmación que bien puede ser aplicada a negocios

Como menciona M.Hammer su diagnostico del problema es sencillo y va directo a la raíz o al corazón de lo que la empresa hace, si una compañía es la mejor en lo básico de su negocio- inventar productos y servicios, atender pedidos y servir a los clientes definitivamente derrotara a la competencia en el mercado, las compañías ganadoras saben hacer su trabajo mejor y esto las hace diferentes a las perdedoras [7].

El mensaje principal de reingeniería es que ya no es necesario ni deseable que las compañías organicen su trabajo en torno a la división del trabajo, para poder enfrentar exitosamente el mundo actual de clientes, competencia y cambio, las compañías deben de organizarse en torno al proceso.

Muchas empresas han prácticamente ahogado la innovación y la creatividad de una organización, ya que las estructuras clásicas de los negocios se especializan en la fragmentación de procesos, si alguien tiene una idea creativa, primero debe de convencer a su jefe e ir subiendo la escalera de la jerarquía corporativa y a esto hay que sumarle la resistencia al cambio de otros compañeros dentro de la compañía

Los procesos fragmentados traen consigo el tener que contratar a un gran ejercito de gente para poder armar todas las piezas y armar un proceso

completo, con esto las compañías pagan mas por el pegamento que por el trabajo, lo cual es una receta para crear dificultad en el negocio.

Falta de enfoque al cliente, inflexibilidad, obsesión con actividades mas que con resultados, burocracia en su máximo limite, altos costos indirectos, falta de innovación no son características nuevas, siempre han existido. Pero las compañías no se preocupaban mucho por ellas ya que cualquier incremento en los costos se pasaba directamente a los clientes y si a estos no les gustaba, en realidad no tenían con quien acudir y si tardaban en salir nuevos productos los clientes esperaban. La importancia de la administración era el crecimiento y lo demás no importaba, ahora que el crecimiento se ha nivelado lo demás importa muchísimo

Los líderes deben de crear un ambiente adecuado para la reingeniería, no deben conformarse con exhortar al personal, en ocasiones pueden llegar a romper reglas, desafiara la sabiduría popular y pensar con originalidad y audacia. Los equipos deben estar formados por miembros que sean los mejores y los más brillantes, las nuevas estrellas que surgen en el firmamento de la compañía

#### **1.4 Liderazgo detrás del escenario (entendimiento político de la compañía).**

Tiempos tan cambiantes como los que viven las compañías hoy en día requieren indispensablemente de líderes que sean expertos técnicos, competentes administradores y con un buen entendimiento político de la compañía. Muchas ideas importantes de individuos talentosos mueren a manos de algunos predadores políticos dentro de una compañía. Por estas razones es indispensable tener un entendimiento de la política dentro de una corporación, solo mediante este entendimiento político, se podrá realmente lograr un cambio benéfico como lo requiere un proyecto de reingeniería [6].

Al contrario de lo que muchas personas piensan al hablar de este tema, entendimiento político NO implica tener falta de ética, al contrario es necesario para empleados corporativos activos que detrás del escenario encuentran una forma de influir éticamente y con integridad para que los mejores proyectos que benefician mas a la compañía, al cliente y a los accionistas se lleven a cabo. Muchos Ingenieros comentan que les gustaría hacer su trabajo solamente y dejar a un lado el entendimiento político. Lamentablemente o Afortunadamente mientras en la compañía existan empleados humanos, habrá política. Las organizaciones son creadas por personas y manejadas igualmente por personas, no por máquinas ni por dinero.

Muchas personas tienden a creer que es sentido común pensar que los argumentos con el mejor sentido lógico y mejores meritos técnicos deben de ganar la decisión favorable de todos los involucrados, lamentablemente en el mundo real no siempre es así. Hay definiciones reveladoras como la siguiente: las organizaciones son sistemas humanos tratando de actuar de formas razonables. Ver a las personas como los problemas que bloquean la productividad de las organizaciones hace difícil tratar de verlas como soluciones para ganar una ventaja competitiva. Esto no significa que debemos descuidar el sistema técnico, pero si es muy importante prestarle igual atención al sistema humano.

Para considerar las implicaciones, por ejemplo: al implementar proyectos de reingeniería donde debe de existir un cambio evidente por el bien de la compañía, consideremos que el cambio en un sistema racional, uno necesaria explicar la razón racional para el cambio y explicar las recompensas y costos racionales implicados con esta implementación. En cambio el sistema humano no sigue reglas racionales, simplemente al analizar a alguien que trata de perder peso, dejar de fumar, beber o de apostar sabe que la razón racional es buena y que esta basada en la información científica de los peligros a la salud que esto puede ocasionar, este componente racional es necesario, pero no suficiente para dejar estos hábitos o vicios. Así que sin importar cuanta información lógica exista y que los incentivos a la salud sean muy buenos,

además hay algo mas humano que es lo que realmente mueve a la gente a aceptar el cambio.

Anteriormente se mencionaron brevemente a los predadores políticos también conocidos como Maquiavélicos (Maqs), ya que manipulan a las personas para conseguir sus fines personales aun cuando esto no beneficie a la compañía, pensando que para que ellos ganen otros deben de perder. En cambio los que tienen un entendimiento político con fines éticos y positivos para la compañía serán llamados Savs y a continuación veremos algunas diferencias básicas entre ambos. Los Savs manejan los conflictos diplomáticamente en formas que eviten dañar la autoestima de los involucrados, además crean alianzas porque saben que para que una corporación tome una decisión esta deberá estar soportada por una masa critica de aprobaciones de diferentes personas clave.

Ser un jugador ético significa; poner los intereses de la compañía primero, creer y estar interesado en el asunto que se este tratando en determinado momento, jugar con la verdad en la mesa, legitimizar la tarea (aceptar el hecho de que la naturaleza humana y la política de la organización son inseparables).

Los Savs en ocasiones son percibidos por los gerentes técnicos como los que desperdician tiempo socializando. En realidad, los Savs intuitivos usan las

pláticas de pasillos, los descansos entre juntas y las conversaciones amistosas con diferentes personas de la organización con varios propósitos. Uno es que simplemente les agrada relacionarse con las personas, otro es que con esto mantienen la información que tienen del sistema humano de la compañía al día.

Las máquinas, equipo técnico y computadoras tienen agendas diseñadas para seguir las relativamente estables leyes científicas de la madre naturaleza (Física, Química, Electrónica). En cambio las personas tienen múltiples agendas profesionales y personales operando simultáneamente y siguen las reglas de la naturaleza humana (Psicología, Sociología). Estas leyes no-solo son más complejas, además son menos predecibles que las leyes científicas de la madre naturaleza. Los Savs tienen una muy buena habilidad para enlazar las diferentes agendas, lo cual consiste en primero identificar las múltiples agendas, imaginar las posibilidades de que todos salgan ganando y construir acciones de coaliciones

Cuando una nueva o controversial idea se maneja hay que asegurar que al menos los que tienen el 51 por ciento de la influencia decidan a favor de esta idea; para esto ellos deben de entender la idea y tener la voluntad de explorarla mas a detalle. También hay que recordar que la manera más rápida de poner en riesgo una idea nueva es hablar de ella por primera vez en una junta, discutir pros y contras, y empujar para que la decisión se tome ahí y en ese momento. Las personas que creen que las organizaciones son sistemas racionales



únicamente continuamente lo hacen de esta manera. Los Savs deciden ser jugadores éticos activos, desarrollan coaliciones, hacen el mapa del terreno político, planean una estrategia básica, adquieren un sentido decente de las reglas culturales y además ponen estas técnicas a trabajar para crear un momento positivo que anime a todo el equipo.

Los Savs tienen una diplomacia interpersonal que se traduce en influenciar a la organización de maneras que minimicen la creación de perdedores; las tácticas generalmente utilizadas son repartir el crédito de éxitos entre los miembros del equipo.

Existe otra técnica que utilizan los Savs que consiste en proponer una idea, si ven resistencia a la idea, tratan de reestructurar la propuesta de la idea y la proponen nuevamente, si el resultado es que aun hay resistencia y el equipo decide hacer algo diferente ellos positivamente aceptan la decisión del equipo (no tener un buen entendimiento político quizás los llevaría a quedar resentidos o molestos y expresar esto al equipo).

Los Savs también deben de saber manejar a los Maquiavélicos; la mejor forma de manejarlos no es probando que son Maquiavélicos, sino dirigiendo sus esfuerzos para el bien de la organización. Para identificar a los Maqs hay que recordar los siguientes puntos. siempre toman el crédito de los éxitos (en ocasiones aun cuando ellos no hayan participado). tienen una gran habilidad

para mantener la culpa lejos de ellos cuando algo sale mal, son personas solitarias, siempre desean complacer a personas de mayor rango y algo de lo mas importante su comportamiento es predecible. Mientras el comportamiento de los Maqs sea predecible, existe una muy buena oportunidad de desarrollar una estrategia creativa para canalizar sus esfuerzos en direcciones benéficas para la compañía.

En resumen para lograr un mejor entendimiento político y acercarnos mas al comportamiento positivo de los Savs necesitamos recordar algunos puntos como: trabajar mas con el sistema humano, poner los intereses de la organización primero, las organizaciones son también sistemas humanos y no solo sistemas racionales, identificar a los jugadores clave y la influencia que tienen, desarrollar estrategias que identifiquen las diferentes agendas de los miembros del equipo, comprender la cultura de la organización, crear una credibilidad buena, utilizar la regla del 51% de influencia para las decisiones, no esconder los propósitos que se desean lograr presentar la verdad a los involucrados.

## CAPÍTULO 2

### **2.1 Las tolerancias rectangulares.**

Las tolerancias rectangulares se han utilizado por más de 150 años. También son llamadas "Tolerancias de Coordenadas", este sistema de dimensionamiento define las medidas de un dibujo mediante dimensiones rectangulares con tolerancias dadas.

El mundo se dio cuenta hace mucho tiempo que el sistema de tolerancias rectangulares "sistema de mas-menos" no era lo suficientemente capaz de consistentemente cumplir los requerimientos del diseño. Este lenguaje es incapaz de transferir invenciones creativas de la humanidad al papel de tal forma que no sean ambiguas cuando sean interpretadas por otras personas<sup>2</sup>.

Después de haber analizado la situación actual de las compañías en el CAPITULO 1, podemos tener un mapa general de lo que las corporaciones están buscando hoy en día. Para poder lograr tener mejores productos a un costo menor y con una calidad óptima, se requiere un proceso general que integre todas las partes adecuadamente, por el lado de reingeniería este cambio vital requiere de herramientas de diseño que aseguren satisfacer las necesidades de las compañías actuales.

## 2.2 Diseño de una parte mecánica utilizando tolerancias rectangulares.

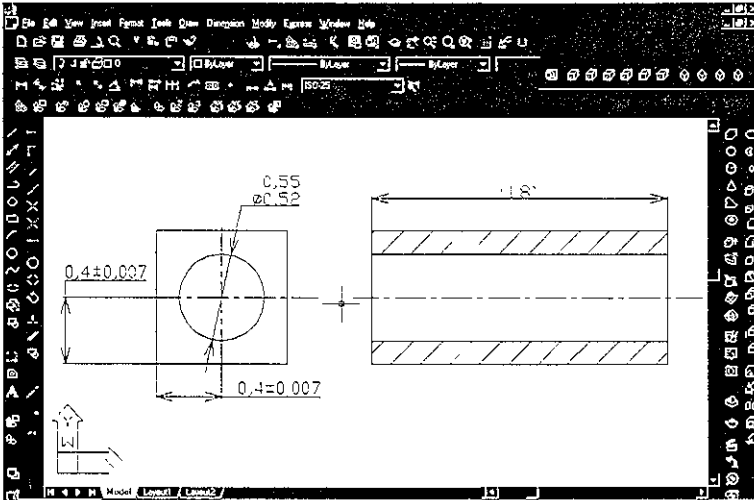


Fig 1 Placa barrenada (usando *tolerancias y dimensiones rectangulares*)

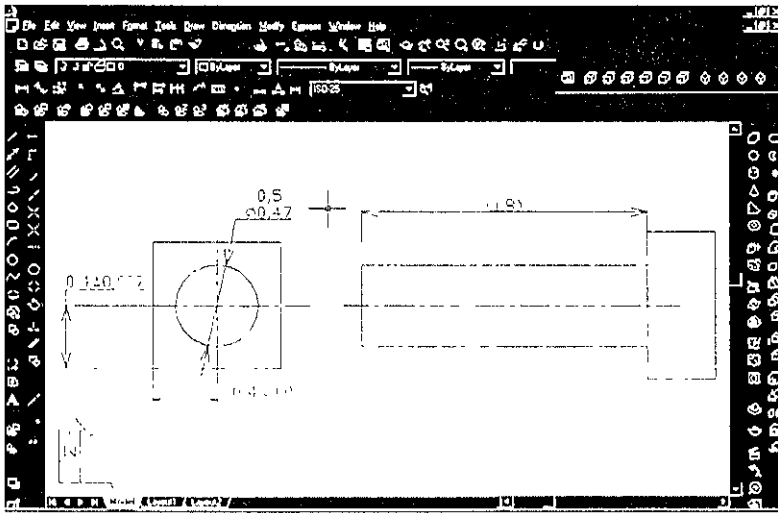


Fig 2 Eje sólido (usando *tolerancias y dimensiones rectangulares*)

### **2.3 Oportunidades y limitaciones de las tolerancias rectangulares.**

Las tolerancias rectangulares o también "Tolerancias de Coordenadas" fue un sistema que permitió a compañías pequeñas trabajar sin problemas tan graves, ya que era sencillo que la persona que estaba maquinando la parte preguntara al ingeniero diseñador cualquier duda o confusión que el dibujo tuviera. Actualmente la comunicación entre el diseñador y la persona que fabrica la parte han disminuido exponencialmente y esto ha hecho aun más evidentes las limitaciones de las tolerancias rectangulares. El sistema de tolerancias rectangulares no es lo suficientemente completo para comunicar con precisión los requerimientos de la parte y como resultado se obtienen dibujos con requerimientos ambiguos

## 2.4 Problemas actuales en la utilización de las tolerancias rectangulares.

Tomemos como ejemplo el ensamble de los dibujos de las figuras 1 y 2. Supongamos que estas partes son fabricadas en diferentes países, para que posteriormente sean ensambladas.

Aun cuando las piezas sean fabricadas cumpliendo las dimensiones y tolerancias del dibujo, se puede presentar el siguiente caso:

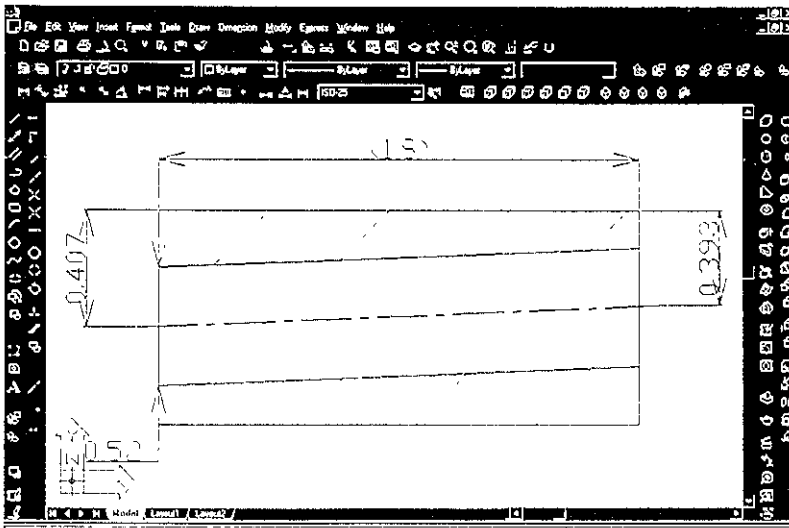


Fig 3. Placa barrenada interiormente que cumple con las tolerancias Rectangulares.

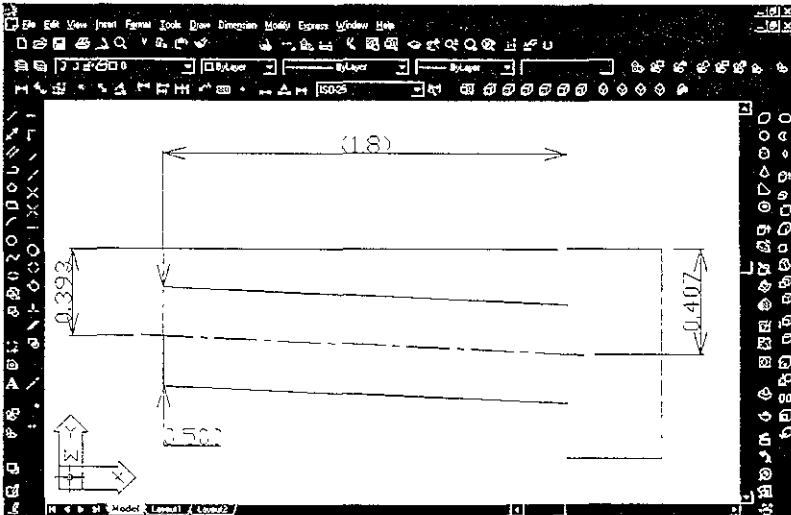


Fig. 4. Eje sólido que cumple con las tolerancias rectangulares

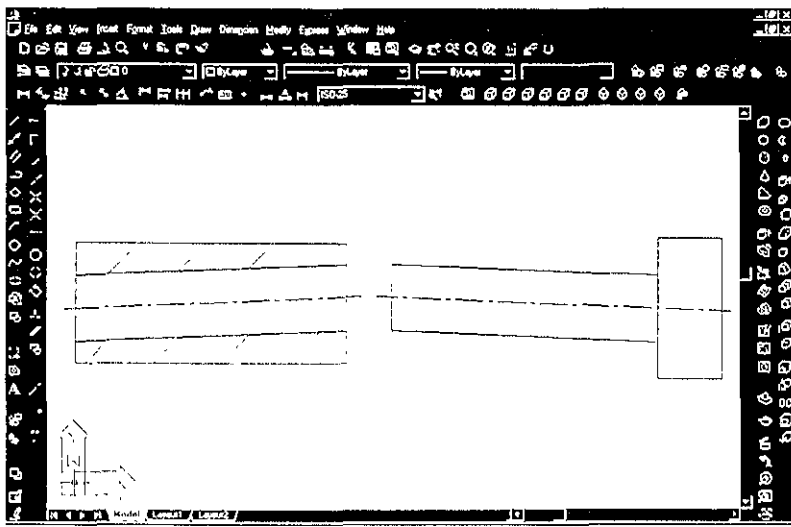


Fig 5. Ambas partes fueron inspeccionadas y aceptadas de acuerdo a dibujos (pero no es posible ensamblarlas).

#### **2.4.1 Aceptación de partes defectuosas.**

Como pudimos observar las figuras 3 y 4 muestran que las partes cumplen de acuerdo a dibujo. Una vez mas este lenguaje de dimensiones y tolerancias es ambiguo ya que inspectores de calidad podrían considerar las piezas como aceptables, ya que cumplen contra dibujo. Además las tolerancias y dimensiones rectangulares no permiten tener diseños robustos donde un problema de ensamble pueda ser identificado mucho antes de terminar el diseño de la parte.

#### **2.4.2 Mayor tiempo de inspección.**

Imaginemos la posición del inspector de calidad al dimensionar las partes, quizás si tiene conocimientos de cómo ensamblara esta parte y se da cuenta de que algo esta raro, al tener un dibujo confuso le será muy complicada la inspección, no sabrá de donde tomar las lecturas, ni cuales son los planos donde debe de apoyar la parte antes de comenzar a tomar las dimensiones, esto por supuesto ocasionará que pierda tiempo siguiendo instrucciones ambiguas y al final no habrá repetibilidad en sus dimensiones, ya que al cambiar de turno el siguiente inspector medirá las partes de una forma totalmente diferente.



### **2.4.3 Mayor costo de fabricación.**

El dibujo también es ambiguo para la fabricación por lo que se puede invertir en un herramental costoso y después encontrar que las partes no ensamblan, esto ocasionaría un retrabajo del herramental con los costos que esto implicaría.

### **2.4.4 Rechazo de partes buenas.**

Aun cuando es más grave aceptar partes malas y después invertir en el empaque, fletes, transportación-distribución para que al momento del ensamble se descubra que la parte no puede instalarse y quizás en el peor caso hasta detener una línea de producción. Rechazar partes buenas significa estar tirando el dinero y recursos invertidos en fabricar esas partes buenas en la misma planta de fabricación, al tener instrucciones ambiguas esto tiene probabilidades altas de suceder.

## CAPÍTULO 3

### **3.1 Historia de las dimensiones y tolerancias geométricas (GD&T).**

La manufactura como sabemos comenzó con la Revolución Industrial en los años de 1800s. Los dibujos de esa época eran muy diferentes a los que actualmente usamos hoy en día, un dibujo típico de los años 1800s era un dibujo entintado con múltiples vistas mostrando una perspectiva artística. En ocasiones el diseñador añadiría una dimensión pero generalmente esto era considerado como innecesario, porque el proceso de manufactura también era diferente. No existían líneas de ensambles, ni departamentos dispersados alrededor del mundo como existen en nuestros días. En aquellos días la manufactura era realizada por un grupo de empleados artesanos que se encargaban de fabricar todas las partes hasta el ensamble final. Estos artesanos enseñaban estas habilidades del trabajo a sus hijos de generación en generación, para ellos no existía la variación, ya que los instrumentos en esa época no eran lo suficientemente precisos y cuando aparecían problemas de ensamble (que ocurrían todo el tiempo) los artesanos simplemente cortaban o retrabajaban las partes y las probaban hasta que lograran hacerlas ensamblar. Todo el proceso se llevaba a cabo bajo el mismo techo por lo que había mucha comunicación entre los artesanos al momento de fabricar los componentes.

Como podemos apreciar este proceso era muy lento, laborioso y por estos motivos muy costoso. La llegada de las líneas de ensamble y las tecnologías avanzadas han ocasionado tener especialistas en la línea que únicamente se encargan de ensamblar ciertas partes y no tienen tiempo ni las habilidades necesarias para hacer retrabajos para que las partes ensamblen.

En nuestros días los ingenieros diseñadores comprenden que todas las partes fabricadas no pueden ser exactamente iguales entre sí, en cada dimensión cierta variación es aceptable siempre que esta no afecte el funcionamiento del ensamble, esta variación es llamada "tolerancia" y debe ser identificada, comprendida y controlada

Muchos intentos se han realizado para estandarizar los dibujos. En 1935 después de varios años de discusión, la asociación de estándares americanos (ASA) publicó su primer estándar reconocido, "Prácticas Americanas de dibujos y bocetos" y de sus 18 páginas cortas, 5 hablaban de dimensiones y las tolerancias se cubrían únicamente en dos párrafos. Fue un comienzo que mostró sus deficiencias al comenzar la segunda guerra mundial. En Inglaterra la producción de armamento se vio seriamente afectada por los altos índices de desperdicios debido a que las partes no ensamblaban correctamente. Los británicos determinaron que estas deficiencias se debían a que el sistema de tolerancias rectangulares no proporcionaba un diseño robusto y a la falta de completa información en los dibujos de ingeniería.

Debido a las demandas de la guerra, los británicos innovaron y estandarizaron plantas donde fabricaban armamento, creando un sistema de tolerancias posiciona que utilizaba zonas de tolerancias cilíndricas (en lugar de cuadradas). Los británicos publicaron en 1948 "Análisis Dimensional de Diseños de Ingeniería"

En 1949 después de otras publicaciones, la armada de los Estados Unidos siguieron a los británicos en la publicación del primer estándar para tolerancias y dimensiones conocido como MIL-STD-8. Su sucesor MIL-STD-8A publicado en 1953, autorizaba el uso de siete símbolos básicos para los dibujos y además introducía una metodología funcional para dimensionar.

Las *dimensiones y tolerancias geométricas* a través del estándar Y14 5 del Instituto Nacional Americano de Estándares (ANSI Y14 5) es el resultado de muchos años de estudios y colaboraciones entre representantes del gobierno, de militares y de la industria privada de los Estados Unidos (con la ayuda de otros países como Inglaterra y Canadá).

Dimensiones y Tolerancias geométricas es un lenguaje técnico que ayuda a tener una comunicación precisa y sin confusiones, desde la etapa inicial del diseño de las partes mecánicas, continuando con la manufactura de la parte y hasta llegar a la etapa de inspección. La correcta comunicación entre

ingenieros y técnicos de estas áreas asegurara que se fabriquen partes que podrán ser ensambladas sin ningún problema.

Una buena aplicación de *dimensiones y tolerancias geométricas* no es un proceso caótico, ni se recomienda que sean aprendidas de memoria. Deben aplicarse usando un método progresivo y lógico pensando en las condiciones sobre las cuales el producto deberá ser manufacturado e inspeccionado de manera que siempre funcione y tenga un costo razonable.

Durante la selección de controles para aplicar *tolerancias geométricas*, las preguntas deben estar enfocadas para que las respuestas aseguren la funcionalidad, efectividad de costo, factibilidad de producción, facilidad de inspección entre otros factores para optimizar el uso del método de tolerancias geométricas. Con las preguntas correctas, una lógica profesional basada en el conocimiento del producto y el ambiente en el cual será manufacturado, proporcionaran sin lugar a dudas la elección de los mejores controles geométricos para todas las características relevantes que componen la parte mecánica.

Dimensiones y Tolerancias geométricas es un lenguaje completo de diseño que esta compuesto de muchos símbolos y conceptos, por lo que puede ser visto como una caja de herramientas con mas herramientas que las que se tenían anteriormente. El diseñador tiene la libertad de escoger de manera lógica

y precisa los símbolos que más apropiadamente permitirán que se cumpla con el intento de diseño.

Dimensiones y Tolerancias Geométricas es un lenguaje de símbolos que se basa en el sentido común, experiencia y sentido lógico del diseñador, permitiéndole expresar sus pensamientos y requerimientos de diseño en forma clara y concisa. Esto asegura que si las partes se fabrican de acuerdo a los dibujos de diseño cumplirán los requerimientos del diseño.

El diseñador ahora tiene la posibilidad de usar esta poderosa herramienta ANSI Y14.5 para dejar que las ideas creativas e inventivas fluyan y puedan ser compartidas con el resto del mundo

### 3.2 Principios básicos de las tolerancias geométricas.

Una *facción* es un termino general para llamar a una característica física de una parte, por ejemplo: Una superficie, un barreno o un oblongo.

*Condición Máxima de Material (MMC)* es la condición en la cual una facción de tamaño hace que la parte tenga la mayor cantidad posible de material o como una analogía el mayor peso, por ejemplo, el diámetro del barreno en limite inferior hará que la pieza tenga la mayor cantidad de material disponible, en cambio en un eje sólido la condición máxima de material estará dada con el diámetro del eje en el limite superior

Es recomendable usar este símbolo cuando se desea que todas las partes fabricadas que ensamblen sean aceptadas, en este caso el símbolo se puede aplicar sin poner en riesgo la función de la parte.

Cuando se utiliza este símbolo después de una tolerancia geométrica en un cuadro de control de facciones, el efecto en el balance de la pieza no es usualmente importante ya que la parte no requiere moverse fuera del centro para ser ensamblada. Pero el uso de la condición máxima de material después de un plano de faccion de tamaño permite aceptar partes que podrían requerir el movimiento del peso de la parte fuera del centro del eje del plano de referencia,

se debe tener cuidado cuando el balance pueda poner en riesgo el funcionamiento de una parte rotatoria.

**Condición Mínima de Material (LMC)** es la condición en la cual una facción de tamaño hace que la parte tenga la menor cantidad posible de material o como una analogía el menor peso, por ejemplo, el diámetro del barreno en limite superior hará que la pieza tenga la menor cantidad de material disponible, en cambio en un eje sólido la condición mínima de material se presentara con el diámetro del eje en el limite inferior.

**Aplicable sin importar el tamaño de la facción (RFS)** es un termino que indica con cualquier incremento de tamaño de la facción dentro de su tolerancia Otra forma de entender RFS es que la tolerancia geométrica aplicara sin importar el tamaño de la parte producida. No existe símbolo porque es una condición por default de todas las tolerancias geométricas

Dimensiones y Tolerancias Geométricas es un sistema de símbolos desarrollado y usado para definir formas de partes, orientaciones, runout lateral-radial, localización y tolerancias forma exterior. Una vez que las tolerancias han sido asignadas, no debe de haber ninguna duda de lo que es deseable y aceptable para satisfacer los requerimientos del diseño Este sistema esta basado en la función e interrelación entre las diferentes facciones de las partes



para que ensamblen, además manteniendo en mente como se van a manufacturar y a inspeccionar las partes.

El uso de zonas de tolerancias geométricas para localizar facciones cilíndricas es una verdadera ventaja. Si se circunscribe un círculo alrededor de una zona de tolerancias cuadrada existente (proveniente del sistema rectangular) se gana un 57% más de área de tolerancia. Esto generalmente se puede lograr sin afectar la función de la parte, porque a las facciones de esta parte se le asignan dimensiones y tolerancias compatibles con la otra parte a la cual será ensamblada. Con GD&T se pueden ganar tolerancias adicionales a través del uso del símbolo de condición máxima de material o el símbolo de condición mínima de material. Si el concepto de MMC (condición Máxima de Material) es usado esta tolerancia adicional proviene de cuando el barreno o eje sólido se alejan del tamaño de condición máxima de material (el más pequeño barreno- el más grande eje sólido) y generalmente es conocida como una tolerancia bono. Este bono de tolerancia se puede permitir sin afectar o violar las facciones de las partes que ensamblaran.

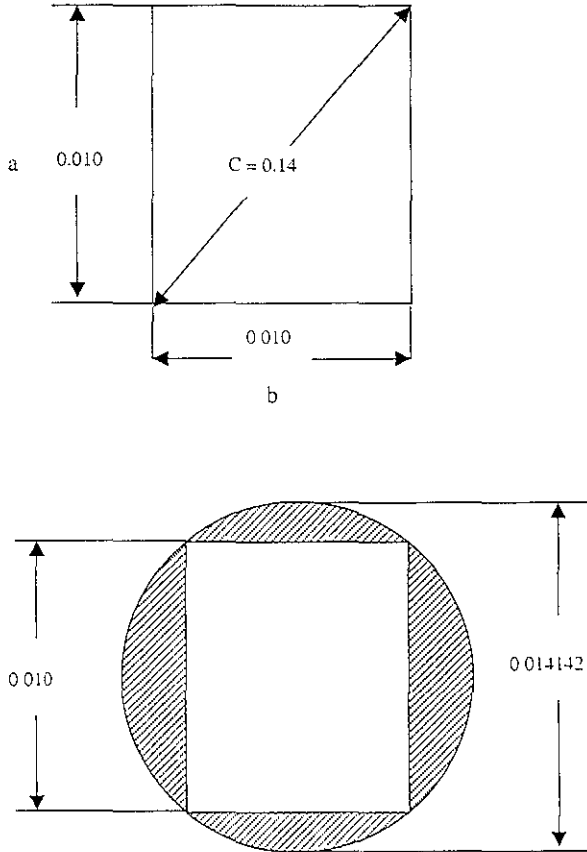


Fig. 6. Determinación de la zona cilíndrica de tolerancia geométrica usando el teorema de Pitágoras (dim. en pulg.).

Como podemos observar de la Fig. 6 vemos que la zona de tolerancias cuadrada proveniente el sistema rectangular (mas menos 0.005), se convierte en una zona geométrica de tolerancias cilíndrica de un diámetro  $C=0.14$ . Lo que nos da una tolerancia adicional (57% mas arrea) y lo cual se traduce en reduccion de complejidad.

Los valores se obtienen de la siguiente manera:

$$a^2 + b^2 = C^2$$

$$0.010^2 + 0.010^2 = C^2$$

$$C = 0.014 \text{ in}$$

$$\text{arrea del circulo} = \pi(D/2)^2$$

$$= 3.1416 \times (0.014 / 2)^2$$

$$= 0.000157 \text{ in}^2$$

$$\text{arrea de un cuadrado} = L^2$$

$$= 0.010^2$$

$$= 0.0001 \text{ in}^2$$

### **Calculo del valor de 57% mas área.**

0.000157 in<sup>2</sup> (arrea del circulo)

-0.0001 in<sup>2</sup> (arrea del cuadrado)

0.000057 in<sup>2</sup> (arrea remanente del circulo al restarle el arrea del cuadrado)

0.000057 (arrea remanente del circulo)/ 0.0001 (arrea del cuadrado)  
= 57%

#### **3.2.1 Planos de referencia, superficies y facciones de partes.**

Una parte tiene superficies y estas solas o en combinación con otras son llamadas facciones de la parte. Estas facciones existen en la parte y se pueden tocar, pueden ser superficies planas como por ejemplo la cara de un extremo de una parte (la cual no tiene una dimensión de tamaño). También hay facciones de tamaño (que sí están asociadas con una dimensión) por ejemplo, un barreno, un eje sólido, un cilindro, etc. Es de estas facciones (asociadas con un tamaño o no) de donde se escogen los planos de referencia[2]

### 3.2.2 Tolerancias.

Una facción de tamaño generalmente requiere:

- A) Un tamaño deseado
- B) Una **tolerancia** para ese tamaño
- C) Una localización deseada
- D) Una **tolerancia** para esa localización

El tamaño y la localización son conocidos como dimensiones y una de las reglas básicas de dimensionar es que todas las dimensiones necesitan una tolerancia, porque las partes perfectas no pueden ser producidas.

### 3.2.3 Componentes comunes para un dibujo con dimensiones y tolerancias geométricas.

Usemos el ejemplo de la localización de un barreno dimensionado con tamaño y localización, para enseñar algunos de los componentes más importantes.

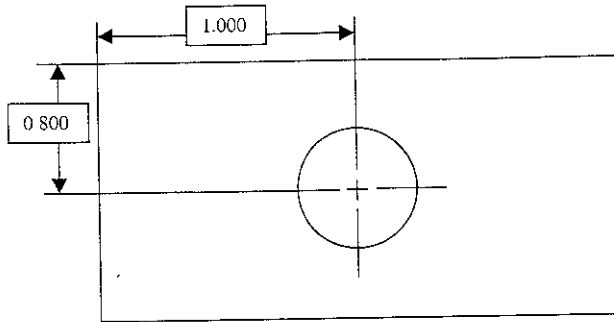


Fig. 7. Comp. común para un dibujo con dimensiones y tolerancias geométricas.

### 3.2.4 Dimensiones Básicas.

Algunas personas tienen la impresión incorrecta de que las dimensiones básicas significan tolerancias muy cerradas que ocasionan partes costosas. Lo cual es incorrecto. Una dimensión básica es una forma de indicar un lugar de donde iniciará la tolerancia, es conveniente pensar en esta como una dimensión perfecta, pero como sabemos no es posible fabricar partes perfectas, pero es un inicio de lo que podría ser lo mejor para la pieza y a partir de ahí se permitirá que la pieza varíe lo que indique la tolerancia y tener partes buenas.

La tolerancia se indicará a través de cuadro de control que muestra la acción a controlar (Barreno, oblongo, superficie, etc). La tolerancia que

aparece en el cuadro de control para la facción es la desviación que se permite tener del tamaño o localización perfecta mostrada por las dimensiones básicas.

|   |           |   |   |   |
|---|-----------|---|---|---|
| ⊕ | ∅ 0.020 M | A | B | C |
|---|-----------|---|---|---|

Fig. 8. Cuadro de Control para GD&T.

Como se puede observar en la figura 8 existen piezas de información necesarias para definir en forma precisa la parte. Algunas de estas pueden ser

- 1) Facciones de datos- son superficies de donde planos perfectos pueden establecerse y ser usados como orígenes de medidas para la localización del barreno y perpendicularidad, porque el símbolo ⊕ de posición verdadera controla la localización y la orientación (que en esta caso es la perpendicularidad).
- 2) Tamaño deseado del barreno
- 3) La tolerancia del tamaño del barreno
- 4) Un cuadro de control de facciones con:
  - 4.1) Un simbolo de característica geométrica (en este caso de posición

⊕)

- 4.2) Una descripción de la forma de la zona de tolerancia ( $\varnothing$  en este caso un diámetro).
- 4.3) Una tolerancia de localización
- 4.4) Un símbolo de condición de material (en este caso condición Máxima de Material M)
- 4.5) Planos de referencia primarios, secundarios y terciarios.

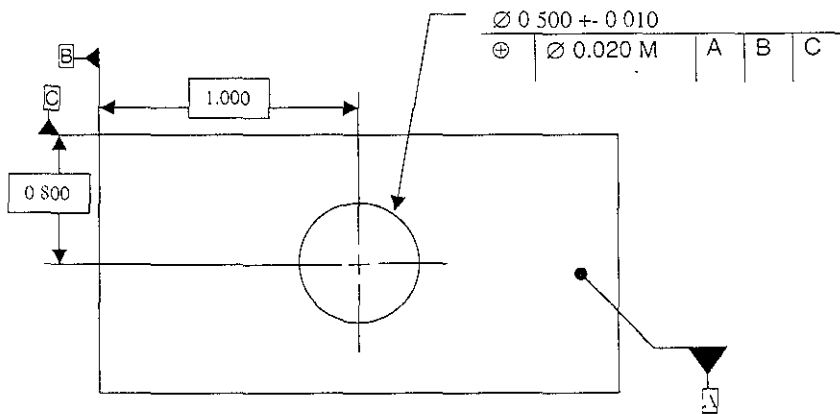


Fig. 9 comp Completos para un dibujo con dimensiones y tolerancias geométricas



Otras ventajas de las tolerancias y dimensiones geométricas son:

- Repetibilidad de la orientación de la parte mediante el uso de planos de referencia.
- Cálculo sencillo de casos peores de ensamble debido a partes fabricadas en extremos de tolerancias.
- Uso de símbolos geométricos para facilidad de definición de partes.
- Un lenguaje estándar para entre los creadores del dibujo y los interpretadores del mismo.
- Inter cambiabilidad de partes.

### **3.2.5 Reglas básicas de las tolerancias geométricas.**

Hoja de Reglas Básicas de Tolerancias y Dimensiones Geométricas<sup>3</sup>.

#### **Regla #1**

Limites de tamaño controlan la forma de la superficie. A menos que se especifique lo contrario, para características rígidas el LMC (Least Material Condition - condición de Material Mínima) es medido para encontrar inconformidades a cada set de puntos diametralmente opuestos y el MMC (Maximum Material Condition – condición Máxima de Material) es medida para verificar que cumple con una envolvente de forma perfecta en la condición máxima de material.

#### **Regla #2**

Para todos los símbolos de las características geométricas usados, donde no se especifica ni M ni L en el recuadro de control de la característica, el concepto de RFS (Regardless of Feature Size- Independiente del tamaño de la característica) esta implícito para la tolerancia geométrica y para cualquier plano característico de tamaño especificado.

Regla #2ª

M = MMC = smallest hole or largest shaft

L = LMC = largest hole or smallest shaft

Selección de Planos Característicos

Planos característicos deben ser la mayoría de las ocasiones:

- A) Funcionales.
- B) Representativos de las superficies de asentamiento, de ensamble y de alineación.
- C) Accesibles (influenciados por una superficie suficiente y buena localización).
- D) Repetibles (influenciados grandemente por la precisión de forma de la característica)

Concepto de Condición Virtual de Condición Máxima de Material MMC.

Peor Envoltente de Asentamiento:

- La condición virtual de las características de asentamiento deben de ser compatibles (ensamblar cuando se usa el método de tolerancias al 100%)
- Gages funciona es son construidos en la condición virtual de las características a las cuales evaluarán

Para calcular la condición virtual en el concepto de condición máxima de material:

|                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| * Para Barrenos          | * Para Pernos            |
| MMC del Barreno          | MMC del Perno            |
| -Tol. Geo. En MMC        | +Tol. Geo. En            |
| <u>Condición Virtual</u> | MMC                      |
|                          | <u>Condición Virtual</u> |

**Formula para Tornillos con**

**juego**

MMC del Barreno

-MMC del Perno (Tornillo)

Tol. Geo. Para todos los Barrenos

**Formula para Tornillos Fijos**

MMC del Barreno

+MMC del Perno

Tol. Geo. Debe ser dividida entre

las características de  
asentamiento.

**Calcular las Tolerancias Geométricas a partir de la Condición Virtual**

Condición Virtual del Barreno (Concepto  
MMC)

-MMC del Perno (Tornillo)

Tol. Geo. para el Perno

MMC del Barreno

-Condición Virtual del Perno (Concepto

MMC)

Tol. Geo. para el Barreno

## CAPÍTULO 4

### 4.1 Propuesta de Reingeniería; diseño de una parte mecánica utilizando dimensiones y tolerancias geométricas.

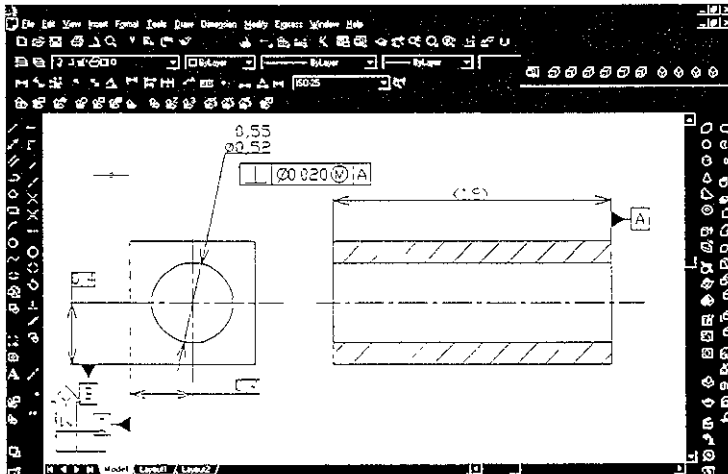


Fig. 10 Sólido barrenado interiormente (usando *GD&T*)

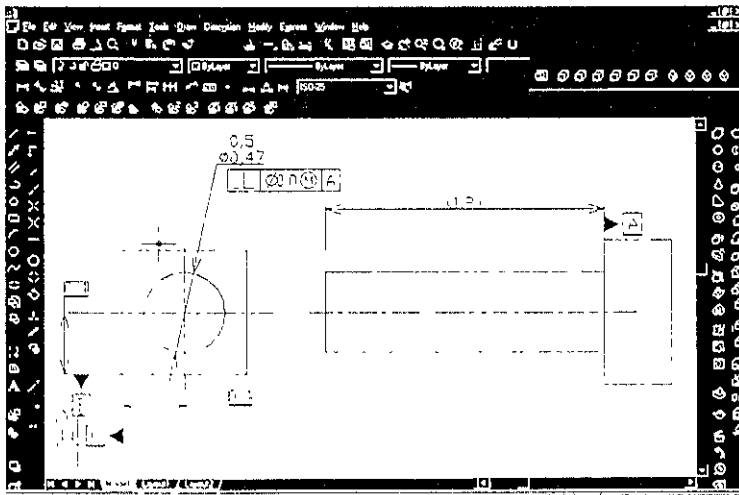


Fig. 11 Eje sólido (usando *tolerancias y dimensiones geométricas*)

#### 4.2 Análisis inicial para asignar tolerancias geométricas.

##### Dimensiones para el PLACA BARRENADA

0.520 MMC Barreno

0.020 - GT a MMC

0.500 condición Virtual

0.500 condición Virtual del Barreno

0.500 - MMC del Eje

0.000 GT para el Eje

##### Dimensiones que llevara el EJE SOLIDO

0.500 MMC del Eje

0.000 +GT para el Eje

0.500 Condición Virtual para el barreno

### 4.3 Ventajas de la parte mecánica por usar Tolerancias geométricas.

Observando el dibujo hecho usando el sistema de tolerancias rectangulares y comparándolo con el dibujo hecho con el sistema de dimensiones y tolerancias geométricas, vemos que no fue necesario modificar los tamaños del barreno y del eje, la tolerancia cuadrada cambió a una tolerancia cilíndrica (ganando un 57% mas área), incluyendo ahora una tolerancia adicional (bono) por usar la condición máxima de material, esto por supuesto sin afectar el ensamble de ambas partes. Esto se logro al colocar un cuadro de control en ambas partes a continuación explicaremos mas a detalle ambos dibujos<sup>3</sup>.

#### 4.3.1 Placa barrenada.

$\varnothing 0.520 / 0.550$

|         |                       |   |
|---------|-----------------------|---|
| $\perp$ | $\varnothing 0.020 M$ | A |
|---------|-----------------------|---|

Fig 12. Cuadro de control utilizado para la placa barrenada.

Lo que significa este cuadro de control es lo siguiente. esta marcando que la mínima tolerancia circular de 0.020 se presentara cuando la pieza tenga la

condición máxima de material, esto es cuando el barreno tenga el diámetro menor La tolerancia permitida es la siguiente (dim. en pulg.):

| Diámetro del Barreno | Tol. Geométrica | Tolerancia Bono =<br>( $\varnothing - 0.520$ ) | Tolerancia Disponible |
|----------------------|-----------------|--|-----------------------|
| $\varnothing 0.520$  | 0.020           | 0 000  | 0.020                 |
| $\varnothing 0.525$  | 0.020           | 0.005  | 0.025                 |
| $\varnothing 0.530$  | 0.020           | 0.010  | 0.030                 |
| $\varnothing 0.535$  | 0.020           | 0.015  | 0.035                 |
| $\varnothing 0.540$  | 0.020           | 0 020  | 0.040                 |
| $\varnothing 0.550$  | 0.020           | 0.030  | 0 050                 |

Lógicamente cuando el barreno tiene el menor diámetro (condición Máxima de Material) el cuadro de control nos indica que la tolerancia no debe de exceder de 0.020, en otras palabras es la mínima tolerancia para asegurar que el eje sólido podrá pasar a través de este barreno y conforme el barreno se hace más grande, existe una tolerancia bono debido a que se esta utilizando el símbolo de condición máxima de material. La tolerancia disponible puede llegar a ser hasta de 0 050 milésimas de pulgada, sin poner en riesgo el ensamble de la parte, lo cual claramente reduciría el costo de fabricación de esta parte.



### 4.3.2 Eje Sólido.

Ø0.470 / 0.500

|   |           |   |
|---|-----------|---|
| ⊥ | Ø 0.000 M | A |
|---|-----------|---|

Fig. 13. Cuadro de control utilizado para el eje sólido.

Lo que significa este cuadro de control es lo siguiente, esta marcando que cuando el eje sólido se fabrique a la condición máxima de material de 0.500 debe estar perfectamente perpendicular al plano de referencia A, esto puede parecer muy estricto pero en realidad no lo es ya que si el eje sólido se fabrica a un diámetro menor se tendrá una tolerancia bono hasta de 0.030 pulg. Debido a que el símbolo de condición máxima de material esta siendo empleado. Las tolerancias permitidas son las siguientes (dím en pulg.):

| Diámetro del Barreno | Tol. Geométrica | Tolerancia Bono =<br>(0.500 - Ø) | Tolerancia Disponible |
|----------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------------|
| Ø0.500               | 0.0             | 0.000                            | 0.0                   |
| Ø0.495               | 0.0             | 0.005                            | 0.005                 |
| Ø0.490               | 0.0             | 0.010                            | 0.010                 |
| Ø0.485               | 0.0             | 0.015                            | 0.015                 |
| Ø0.480               | 0.0             | 0.020                            | 0.020                 |
| Ø0.470               | 0.0             | 0.030                            | 0.030                 |

Lógicamente cuando el barreno tiene el mayor diámetro (condición Máxima de Material) el cuadro de control nos indica que debe estar completamente perpendicular al plano de referencia A, en otras palabras cuando el eje se fabrica al mayor diámetro se debe de asegurar que va a ensamblar con la placa barrenada al menor diámetro, por eso se cuida perfectamente la perpendicularidad con el plano A. Conforme el eje se hace mas pequeño, existe una tolerancia bono debido a que se esta utilizando el símbolo de condición máxima de material, es decir entre mas pequeño sea el eje mas tolerancia tendrá para ensamblar con la placa barrenada. La tolerancia disponible puede llegar a ser hasta de 0.030 pulg, sin poner en riesgo el ensamble de las partes, lo cual claramente aconseja a los fabricantes no hacer el eje a la dimensión de 0.500, pero si hacerlo a un diámetro menor para incrementar la tolerancia y reduciría el costo de fabricación de este eje sólido

Las ventajas que ofrece Dimensiones y Tolerancias Geométricas son muchas como podemos darnos cuenta, el diseñador asegura que las partes siempre van a ensamblar y que además el proceso de inspección podrá tener repetibilidad por que están dando indicando las instrucciones que debe de seguir calidad para aceptar o rechazar partes.

Otra gran ventaja de GD&T es que también contiene la información necesaria para construir GO- NO GO GAGES para facilitar y agilizar la inspección de las partes Asegurando que las partes siempre ensamblaran

#### 4.3.3 Go - No Go gages.

Un gage con un limite fijo es un dispositivo con una forma geométrica y tamaño específicos usados para revisar que las fracciones de la pieza cumplan con los requerimientos dimensionales del diseño. Si para el diseño del gage se utiliza la condición de material máxima, se denomina GO Gage. Si por el contrario se utiliza la condición mínima de material, se denomina NO GO Gage[3].

El principio del GO y NO GO gages es conocido como el principio de Taylor. La condición de cantidad máxima de material (límites máximos del metal) de la parte que será inspeccionada es revisada de la siguiente forma: si se está inspeccionando un barreno el gage será un eje de longitud igual o mayor a la profundidad del barreno, si se está inspeccionando un eje, el gage será un cilindro de longitud igual o mayor a la del eje a revisar. Este Go Gage debe de ser capaz de pasar completamente por dentro para los barrenos y para los ejes completamente por fuera del eje.

#### **4.4 Beneficios de Reingeniería por la aplicación de dimensiones y tolerancias geométricas (GD&T) para todos los diseños de partes mecánicas.**

La reingeniería requiere cambios radicales que agreguen valor agregado, que mejor ejemplo que cambiar radicalmente del sistema de tolerancias rectangulares y dejar atrás todos los problemas de instrucciones de inspección ambiguas, problemas de ensamble y costos más altos.

Los beneficios de cambiar radicalmente a usar dimensiones y tolerancias geométricas serán vistos inmediatamente ya que como demostramos antes, las tolerancias pueden crecer sin afectar el ensamble de las partes, además tiene instrucciones claras para la gente de inspección, un diseño robusto es primordial para asegurar el éxito de diferentes programas. Siendo un sistema que fomenta la creatividad del diseñador que es sumamente importante para poder poner en papel los mejores diseños.

Además de las ventajas antes mencionadas también tiene instrucciones para fabricar gages, lo cual puede acelerar el proceso de inspección para que una línea pueda trabajar con mejores tiempos y por ende sea mucho más productiva.

Repetibilidad es otra de las ventajas de las Tolerancias y Dimensiones Geométricas y es algo sumamente apreciado en las compañías, ya que la variabilidad es el enemigo # 1 de la calidad. La calidad se basa en tener procesos que tengan repetibilidad y usando un GD&T desde el inicio de un diseño ayudara a lograr esta importante meta.

**4.5 Recomendación: siempre que se desee tener un diseño robusto se deben utilizar las Dimensiones y Tolerancias Geométricas.**

Después de todas las ventajas antes mencionadas siempre que se desee tener un diseño robusto de una parte mecánica, se recomienda el uso de dimensiones y tolerancias geométricas

## CONCLUSIONES

El hecho de que los clientes tomen el mando, la competencia se intensifique y se globalice, y que el cambio sea constante, representan retos que enfrentan las empresas hoy en día. Tener un proceso robusto para diseñar partes estimulando el proceso creativo es de vital importancia para todas las compañías de primer mundo que desean seguir siendo líderes en sus respectivas áreas

Tener un entendimiento político de la corporación es sumamente importante ya que el cambio radical que significa Reingeniería es muy difícil lograrlo si no se logra influenciar positivamente al sistema para que las decisiones que son buenas para la compañía, los accionistas y los clientes se tomen adecuadamente. Es importante recordar que se puede lograr esta influencia siendo personas éticas y con integridad, porque lo que se busca es por el bien de la compañía donde se creen situaciones en las que no haya perdedores, situaciones en las que todos ganen. También hay que recordar que en las compañías no solo cuenta el lado técnico en la toma de decisiones, también el sistema humano debe de considerarse de igual importancia. El primer paso para desarrollar las habilidades necesarias para lograr tener un mayor entendimiento político es saber que el sistema humano es complejo y se basa en leyes de la psicología, sociología, una vez que esto está entendido nos

encontramos en el camino para volvernos buenos jugadores éticos y con integridad para influenciar toma de decisiones que beneficien a la compañía.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Diseño de Elementos de Maquinas  
Robert L.Mott  
Ed. Prentice Hall
  
2. Fundamentals of Geometric Dimensioning and Tolerancing  
Alex Krulikowski  
Ed. Delmar
  
3. Geometric Dimensioning and Tolerancing  
Training at Ford Motor Company Michigan  
Workbook and Answerbook  
James D. Meadows  
Ed. Dekker
  
4. Truck Systems Design Handbook  
PT-41  
SAE
  
5. AutoCAD 14  
The complete reference  
Cohn Osborne
  
6. Political Savvy (Del curso impartido por Ford Motor Company en Detroit, USA)  
Joel R. DeLuca  
Ed. EverGreen
  
7. Reingeniería  
Michael Hammer  
James Champy  
Grupo Ed. Norma



8. The automotive Chasis Engineering Principles  
Reimpell & Stoll  
SAE

9. Manual del Ingeniero Mecánico  
Marks  
9ª Edición  
Mc Graw Hill

10. Teoría de Maquinas y Mecanismos  
J. Edward Shigley  
Ed. Mc Graw Hill

11. Company Geometric Dimensioning and Tolerancing  
Training at Ford Motor Company Michigan  
James D. Meadows  
Ed. Dekker

12. Como hacer Reingeniería  
Raymond L. Manganelli  
Mark M. Klein  
Ed Norma

13. Reingeniería Como aplicarla con éxito en los negocios  
Daniel Morris  
Joel Brandon  
Mc Graw Hill

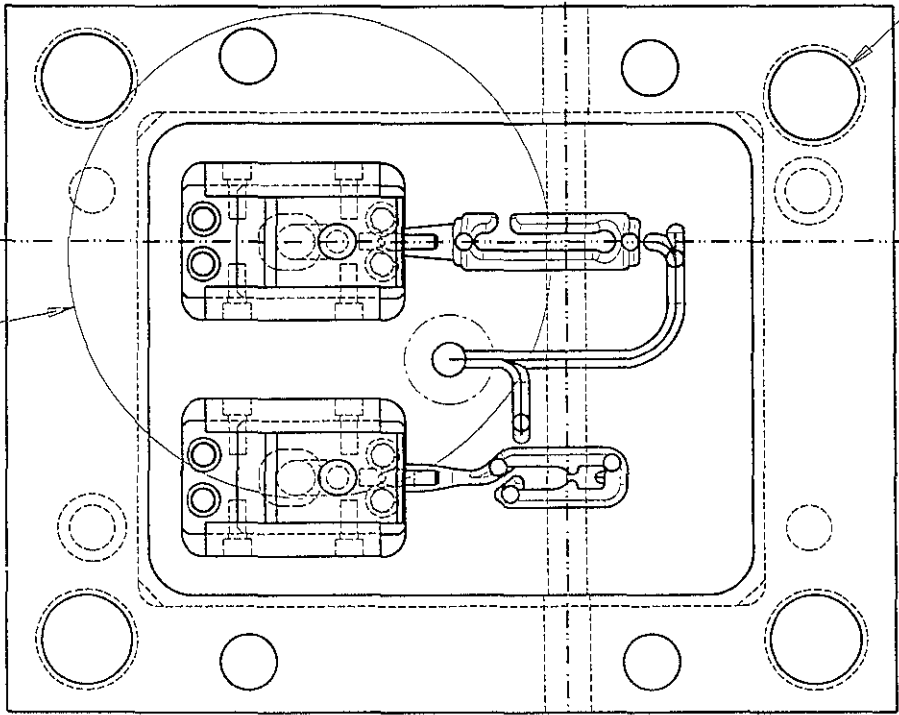
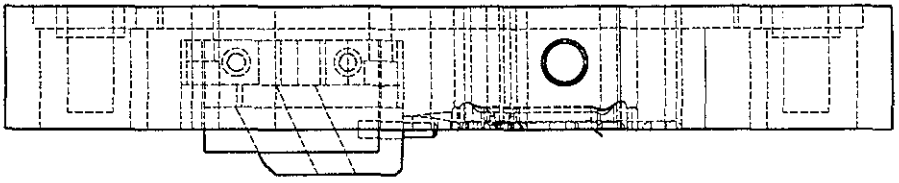
14. Automating Business Process Reengineering  
Breaking the TQM Barrier  
Gregory A. Hansen

15. La esencia de la Reingeniería en los Procesos de Negocios  
Joe Peppard  
Phillip Rowland  
Prentice Hall Hispanoamericana.

## **APENDICE**

Offset Pin

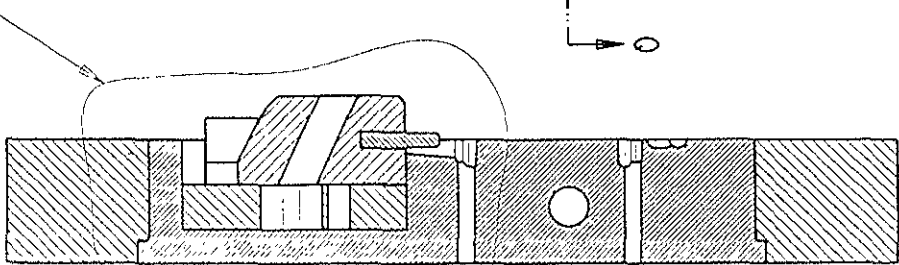
A1



A1

SEE DETAIL D2

SECTION 2-1



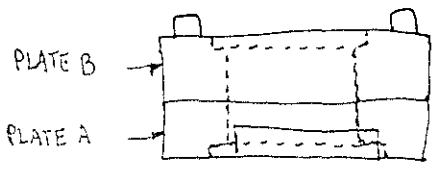
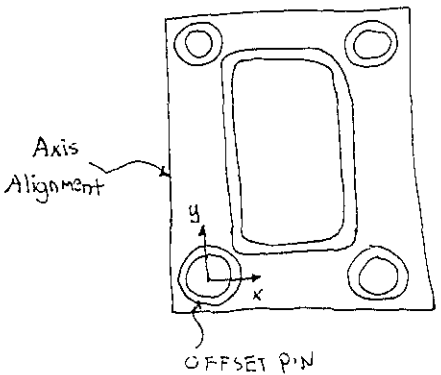
SEE DETAIL D1

TITLE

QUANTITY

DATE

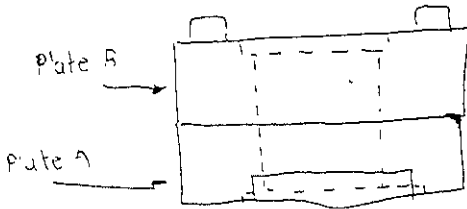
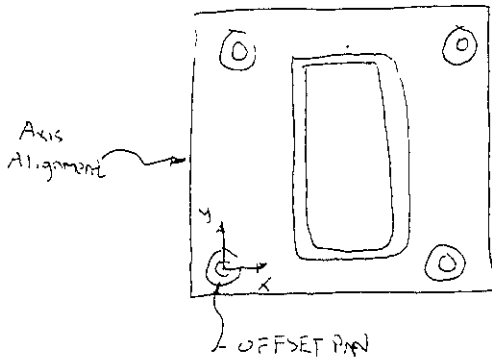
| Line No. | Element | Pts | X-Coord.<br>X-Angle<br>Tolerance Ref | Y-Coord.<br>Y-Angle<br>Nominal +/- Up/Ls Tol | Z-Coord.<br>Z-Angle<br>Actual | Diameter<br>Dist/Ang<br>Dev/Error | Max.Diff<br>inch |
|----------|---------|-----|--------------------------------------|--|-------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| 10006    | CIRCLE  | 20  | 0.0000                               | 0.0000                                       | 0.0000                        | 0.7486                            | 0.00016          |
| 10008    | LINE    | 20  | -0.9889<br>89.604                    | 0.0000<br>0.341                              | 0.0000<br>90.000              | 0.9889                            | 0.00074          |
| 10010    | LINE    | M   | -0.9889<br>90.000                    | 0.0000<br>0.000                              | 0.0000<br>90.000              | 0.9889                            | 0.00074          |
| 10011    | LINE    | 20  | 0.3102<br>90.019                     | 0.0001<br>0.017                              | 0.0000<br>90.000              | 0.3102                            | 0.00013          |
| 10012    | LINE    | 20  | 5.5647<br>90.017                     | 0.0015<br>0.017                              | 0.0000<br>90.000              | 5.5647                            | 0.00009          |
| 10013    | LINE    | 20  | -0.0001<br>0.010                     | 0.5645<br>89.990                             | 0.0000<br>90.000              | 0.6848                            | 0.00012          |
| 10014    | LINE    | 20  | -0.0017<br>0.013                     | 7.4386<br>89.987                             | 0.0000<br>90.000              | 7.4386                            | 0.00006          |
| 10015    | LINE    | 20  | 0.0001<br>0.014                      | 0.5626<br>90.014                             | 0.0000<br>90.000              | 0.5626                            | 0.00123          |
| 10016    | LINE    | 20  | -0.0010<br>0.007                     | 7.5584<br>89.993                             | 0.0000<br>90.000              | 7.5584                            | 0.00036          |
| 10017    | LINE    | 20  | 0.1887<br>90.002                     | 0.0003<br>0.002                              | 0.0000<br>90.000              | 0.1887                            | 0.00095          |
| 10018    | LINE    | 20  | 5.6876<br>90.003                     | 0.0005<br>0.003                              | 0.0000<br>90.000              | 5.6876                            | 0.00058          |



ATE B

Assembly A-B

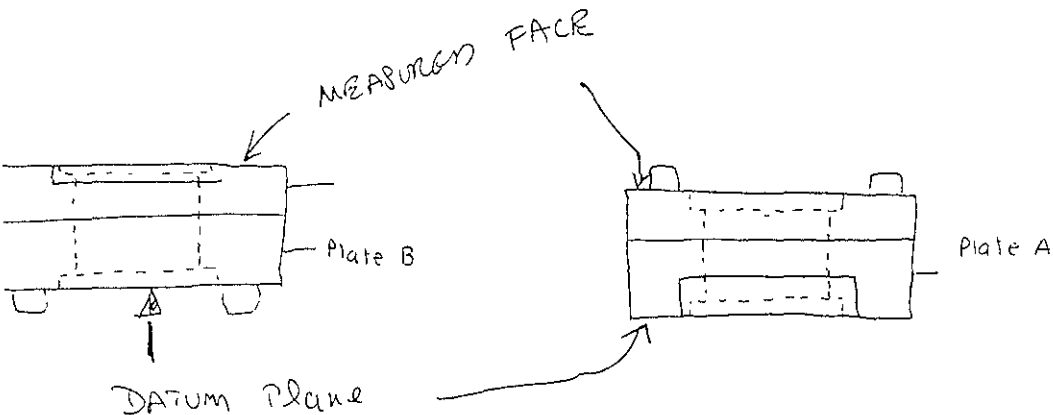
| Line No. | Element | Pts | X-Coord.<br>X-Angle<br>Nominal | Y-Coord.<br>Y-Angle<br>+Up/Lo Tol | Z-Coord.<br>Z-Angle<br>Actual | Diameter<br>Dist/Ang<br>Dev/Error | Max.Diff<br>inch |
|----------|---------|-----|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| N0002    | PLANE   | 8   | -0.0011<br>0.012               | -0.0019<br>0.020                  | 5.4277<br>0.023               | 5.4277                            | 0.00058          |
| N0004    | CIRCLE  | 8   | 4.7735                         | 4.5048                            | 0.0000                        | 0.7486                            | 0.00029          |
| N0006    | LINE    | 20  | <u>-0.9889</u><br>0.071        | 0.0160<br>0.929                   | 0.0000<br>90.000              | 0.9890                            | 0.00067          |
| N0008    | LINE    | 20  | <u>-0.0001</u><br>0.003        | <u>-0.8687</u><br>0.003           | 0.0000<br>90.000              | 0.8687                            | 0.00024          |
| N0009    | CIRCLE  | 20  | 0.0000                         | 0.0000                            | 0.0000                        | 0.7486                            | 0.00040          |
| N0011    | LINE    | M   | -0.9890<br>90.000              | 0.0000<br>0.000                   | 0.0000<br>90.000              | 0.9890                            | 0.00067          |
| N0012    | LINE    | M   | -0.0001<br>0.003               | -0.8686<br>0.003                  | 0.0000<br>90.000              | 0.8686                            | 0.00024          |

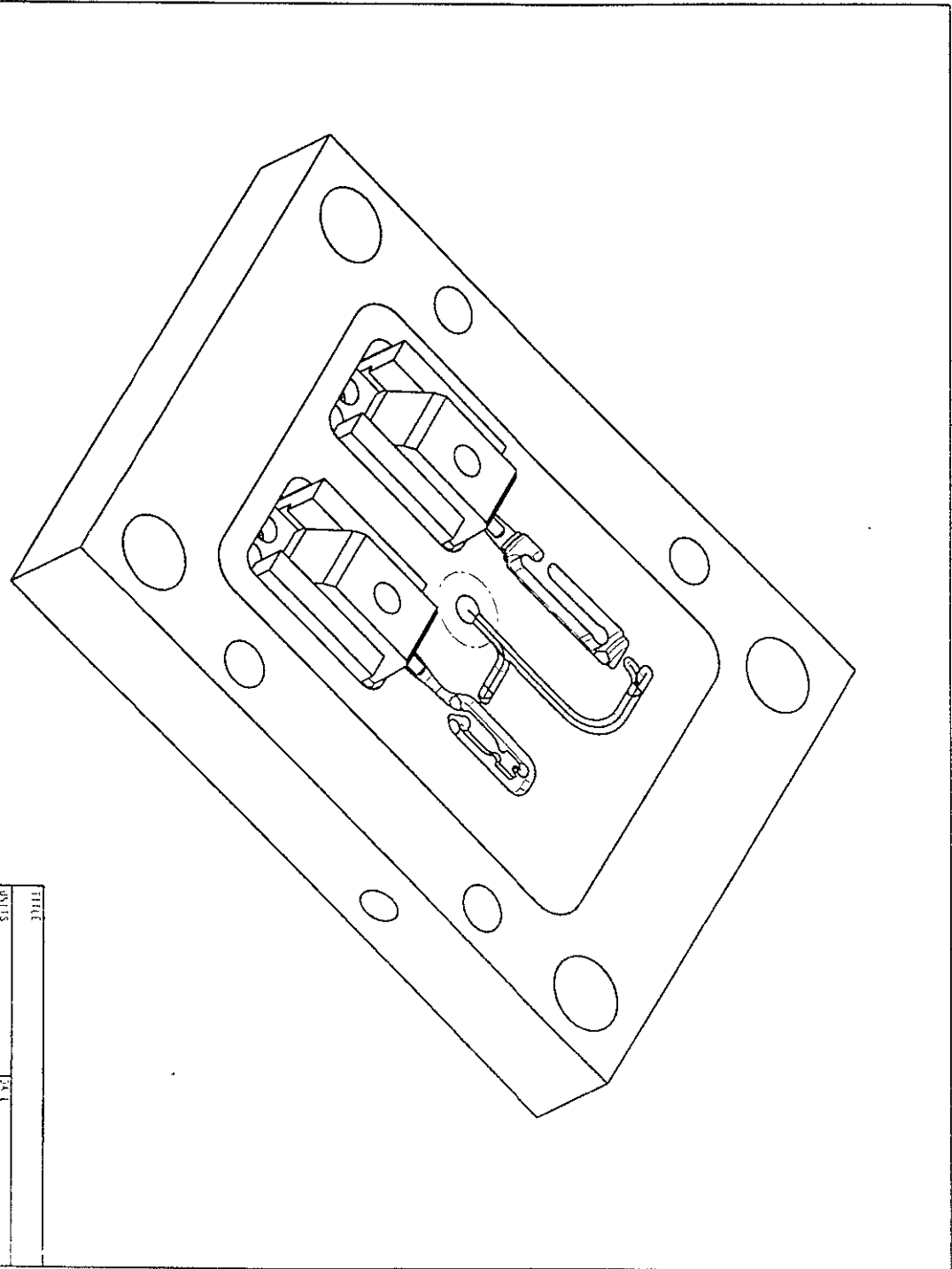


Assembly A-B

Flatness

| Line No. | Element | Pts | X-Coord.<br>X-Angle<br>Nominal | Y-Coord.<br>Y-Angle<br>Up/Lo Tol | Z-Coord.<br>Z-Angle<br>Actual | Diameter<br>Dist/Ang<br>Dev/Error | Max.Diff<br>inch |
|----------|---------|-----|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| N0002    | PLANE   | 8   | 0.0000<br>89.999               | 0.0000<br>90.000                 | 0.4281<br>0.001               | 0.4281                            | 0.00004          |
| N0004    | PLANE   | 8   | -0.0011<br>90.015              | 0.0003<br>89.996                 | 4.2548<br>0.016               | 4.2548                            | 0.00059          |
| N0005    | PLANE   | M   | 0.0000<br>90.000               | 0.0000<br>90.000                 | 0.0000<br>0.000               | 0.0000                            | 0.00004          |
| N0006    | PLANE   | M   | -0.0011<br>90.015              | 0.0003<br>89.996                 | 4.2548<br>0.016               | 4.2548                            | 0.00059          |
| N0007    | SIDE    | 6   |                                |                                  | 4.2566                        |                                   | 0.00076          |
| N0008    | SIDE    | 4   |                                |                                  | 4.2548                        |                                   | 0.00054          |
| N0009    | SIDE    | 6   |                                |                                  | 4.2559                        |                                   | 0.00064          |
| N0010    | SIDE    | 6   |                                |                                  | 4.2561                        |                                   | 0.00070          |
| N0011    | PLANE   | 8   | -0.0009<br>90.011              | 0.0001<br>89.999                 | 4.2534<br>0.011               | 4.2534                            | 0.00058          |
| N0012    | SIDE    | 6   |                                |                                  | 4.2555                        |                                   | 0.00018          |
| N0013    | SIDE    | 6   |                                |                                  | 4.2543                        |                                   | 0.00061          |
| N0014    | SIDE    | 6   |                                |                                  | 4.2541                        |                                   | 0.00022          |
| N0015    | SIDE    | 6   |                                |                                  | 4.2543                        |                                   | 0.00090          |





|          |
|----------|
| FIGURE   |
| ANALYSIS |
| DATE     |