

Año II, No. 03 Enero-Junio 2014

ISSN: 2395-9029

# PROYECTOS INSTITUCIONALES Y DE VINCULACIÓN



**UANL**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



**FIME**

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

## CALCULO DEL FACTOR DE CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS UTILIZANDO SOLIDWORKS

**M.C. Raúl Acosta Landín**  
**M.C. Daniel Ramírez Villarreal**  
**M.C. Benito S. Garza Espinoza**

### RESUMEN

La concentración de esfuerzos es ocasionada por los cambios abruptos en la geometría del material. Que puede ser por filetes y orificios generalmente. Otras formas de concentrar los esfuerzos puede ser la discontinuidad en el material (inclusiones), los esfuerzos residuales, las soldaduras, el trabajo en frio. Es importante estudiar la concentración de esfuerzos porque un incremento traerá como resultado una falla en el material. Los métodos para calcular la concentración de esfuerzos son el método analítico usando la Teoría de la elasticidad, el método Numérico usando el método de elemento finito y Experimentalmente usando pequeñas galgas extensas métricas y por fotoelasticidad.

### Palabras Claves

Concentración, discontinuidad, esfuerzos residuales, Falla, elasticidad, elemento finito, extenso métricas, fotoelasticidad

### ABSTRACT

Stress concentrations are caused by abrupt changes in a material's geometry. The most common examples of said changes are fillets and holes. However, there are many other means by which a stress concentration can be induced such as discontinuities within the material (inclusions), residual stress, weldings, and cold working. It is important to study stress concentrations because a localized increase in stress can lead to material failure. The methods to calculate stress concentrations are as follows: the analytic method using the Theory of Elasticity, the numeric method using the finite element method and the experimental method using small strain gauges and photo elasticity.

### Keywords

Concentration, discontinuities, residual stress, failure, elasticity, finite element method, strain gauge, photo elasticity.

### INTRODUCCIÓN

La concentración de esfuerzos juega un papel importante en los componentes de las maquinas, mecanismos y productos o partes que estén expuestos a la acción de una o más fuerzas en su operación.

Por lo que, en la ingeniería de estos productos componentes se tiene que considerar este concepto de concentración de esfuerzos, para que finalmente tenga un buen desempeño la máquina, el mecanismo en su función y que el trabajo sea elástico en estas piezas.

En este estudio se analizara el comportamiento del factor de concentración de esfuerzos en una placa plana con filete sometida a carga axial, variando el radio de curvatura del filete y aplicando el método de elemento finito y el software solidwork para el modelado de la placa plana.

La razón entre el esfuerzo máximo debido a la carga y el esfuerzo promedio calculado en la sección reducida de la discontinuidad llamada crítica se le conoce como factor de concentración de esfuerzos de la discontinuidad (Singer F. 2004).

$$k = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{prom}}$$

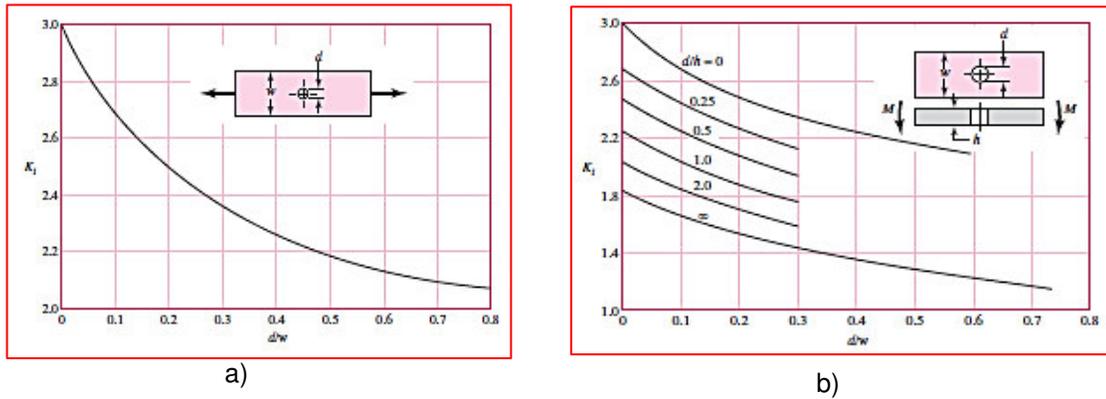
## DESARROLLO

En muchos casos típicos de diseño de máquinas, es necesario que haya discontinuidades geométricas inherentes, para que las piezas cumplan con sus funciones asignadas. Como es el caso de ejes que soportan engranes, catarinas o poleas para bandas, tienen varios diámetros, que originan una serie de hombros donde asientan los miembros trasmisores de potencia y los cojinetes de soporte. (Mott, 2006).

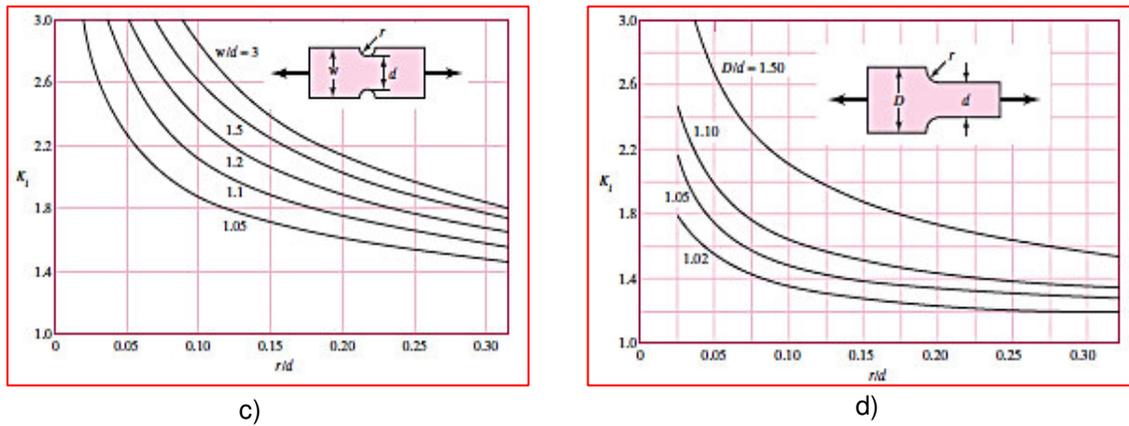
Cualquier discontinuidad en una parte de una maquina altera la distribución del esfuerzo en las inmediaciones de la discontinuidad, el área donde acontece estos se le llama áreas de concentración de esfuerzos. (Budynas R. G.-Nisbett J. K. 2008).

La mayoría de los concentradores de esfuerzos se determinan por medio de técnicas experimentales, aunque se ha manejado el método del elemento finito, el hecho de que los elementos son, en efecto finitos, impide encontrar el esfuerzo máximo real. Por lo general, en las aproximaciones experimentales se incluye la fotoelasticidad, método de malla, métodos de recubrimiento frágil y métodos eléctricos con medidores de deformación. (Budynas R. G.-Nisbett J. K. 2008).

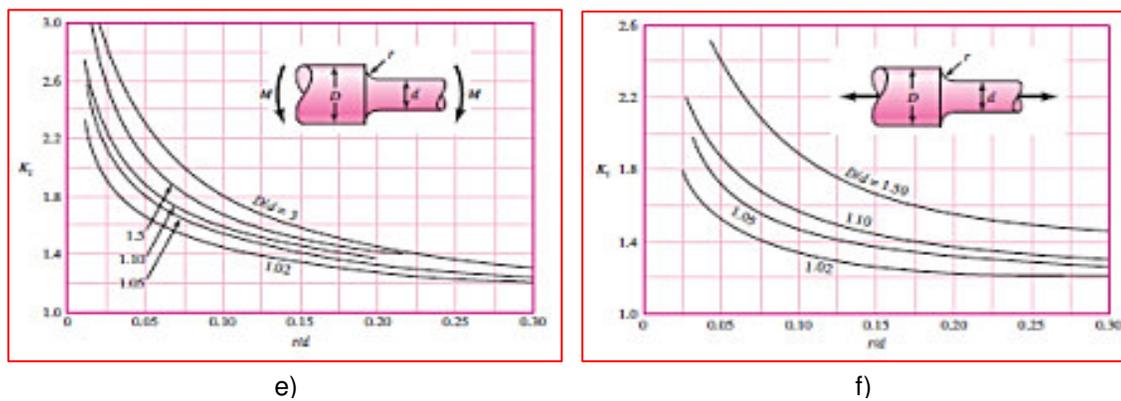
En las siguientes graficas se muestra la forma de obtener el factor de concentración de esfuerzos por cambio de sección o discontinuidades externas, estas son lagunas de las gráficas de concentración de esfuerzos. (Budynas R. G.-Nisbett J. K. 2008).



**Figura 1** Barras rectangulares con discontinuidad tipo; a) agujero en tensión o compresión b) agujero en flexión.



**Figura 2** Barras rectangulares con discontinuidad tipo; c) entalle en tensión o compresión. D) con filete en tensión o compresión.



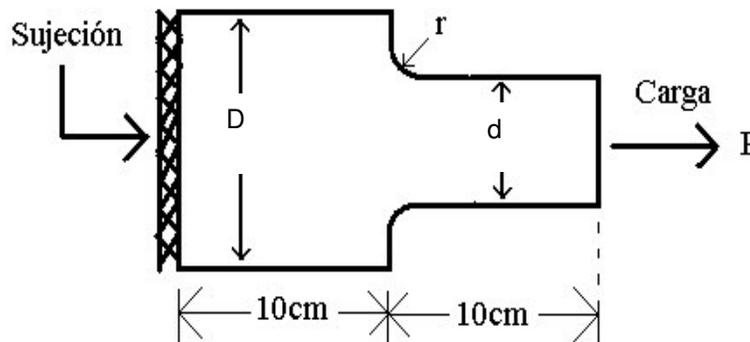
**Figura 3** Barras circulares con discontinuidad tipo; e) Filete en flexión. f) con filete en tensión o compresión.

A continuación estudiaremos el método de cómo obtener la gráfica que nos servirán para describir cómo se comporta el factor de concentración de esfuerzos  $K_t$  en una placa con filetes, con una sujeción en un extremo y una carga axial en el otro extremo.

Los resultados obtenidos son independientes del tamaño del elemento y del material utilizado; solo depende de las razones de los parámetros involucrados, es decir, de las razones;  $r/d$  y  $D/d$ . El esfuerzo máximo  $\sigma_{max}$  es obtenido mediante el método de elemento finito utilizando la interface de análisis de esfuerzos del software Solidwork.

Para calcular el esfuerzo promedio  $\sigma_{prom}=P/A$  utilizamos la carga axial P entre área en la sección crítica que será la sección menor donde el filete termina. Para obtener el factor de concentración de esfuerzo  $K_t$  dividimos el  $\sigma_{max}$  entre el  $\sigma_{prom}$ . Deberá de considerarse que este procedimiento es válido solo cuando el  $\sigma_{max}$  no exceda el límite de proporcionalidad del material.

La barra plana está sometida a una carga axial  $P=10000$  N, tiene 20 cm de largo, un espesor  $t = 1$ cm, con estos datos se calculara el factor de concentración de esfuerzos. El material que se propuso es un acero de bajo carbono AISI 1020 laminado en frio.



**Figura 4.** Placa plana con cambio de sección tipo filete.

CASO ( $D/d=2$ )

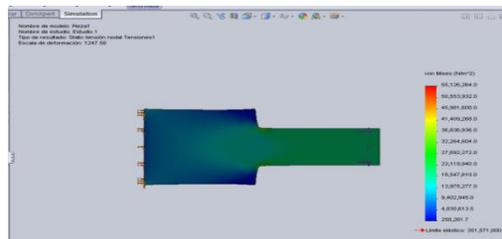
Realizando el cálculo del factor de concentración de esfuerzos a través de la ecuación de esfuerzo localizado para diferentes radios de curvatura, se obtuvo los siguientes resultados mostrado en la tabla 1.

**Tabla 1.** Resultados de los factores de concentración de esfuerzos

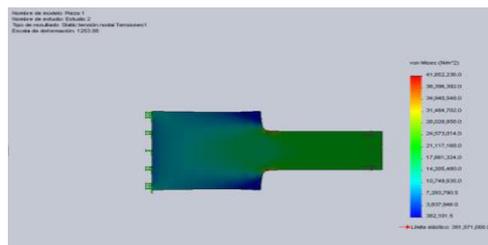
D Mts.	d Mts.	r mts	r/d	$\sigma_{prom} = P/d * t$ Mpa.	$\sigma_{max}$ SOLID WORKS Mpa	$K_t$
0.1	0.05	0.0025	0.05	20	55.12	2.75
0.1	0.05	0.005	0.10	20	41.85	2.09
0.1	0.05	0.010	0.20	20	36.32	1.81
0.1	0.05	0.015	0.30	20	33.49	1.67
0.1	0.05	0.020	0.40	20	31.24	1.56

Resultados obtenidos a través del análisis por elemento finito.

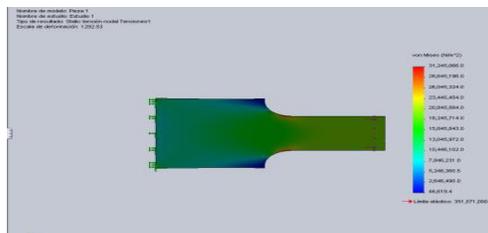
Análisis y simulación con;  $D/d=2$ ,  $r = 0.0025m$



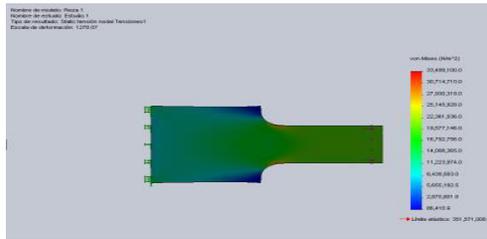
Análisis y simulación con;  $D/d=2$ ,  $r = 0.005m$



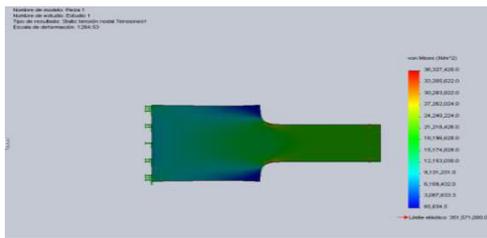
Análisis y simulación con;  $D/d=2$ ,  $r = 0.010m$



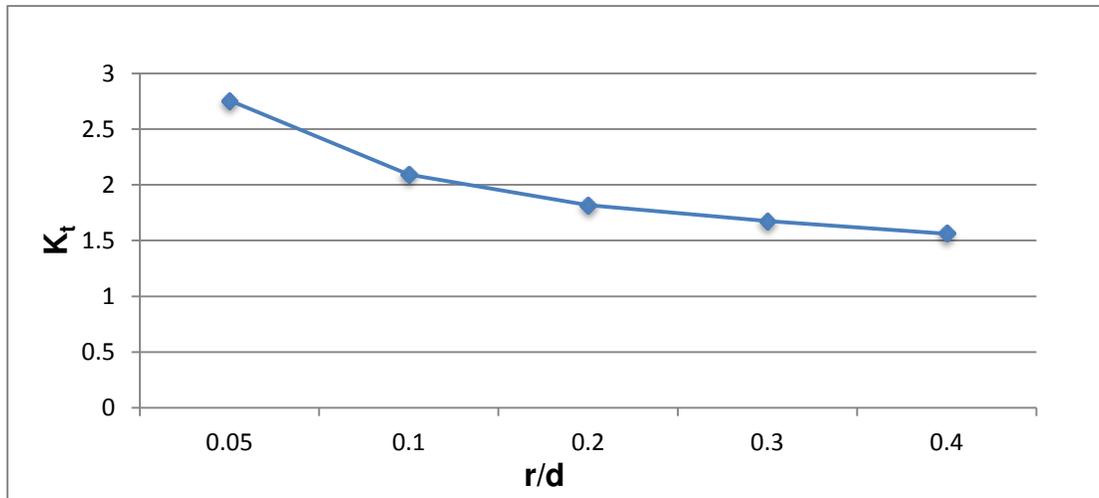
Análisis y simulación con;  $D/d=2$ ,  $r=0.015m$



Análisis y simulación con;  $D/d=2$ ,  $r = 0.020m$



Gráfica del comportamiento de  $K_t$  con respecto  $r/d$  para una relación  $D/d=2$ .



**Gráfica 1** factor de concentración de esfuerzo contra razón de radio de Curvatura y ancho menor.

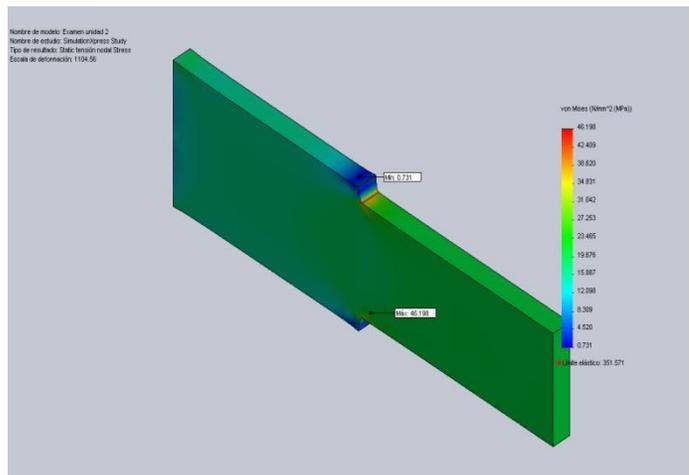
CASO ( $D/d=1.25$ )

**Tabla 2.** Resultados de los factores de concentración de esfuerzos

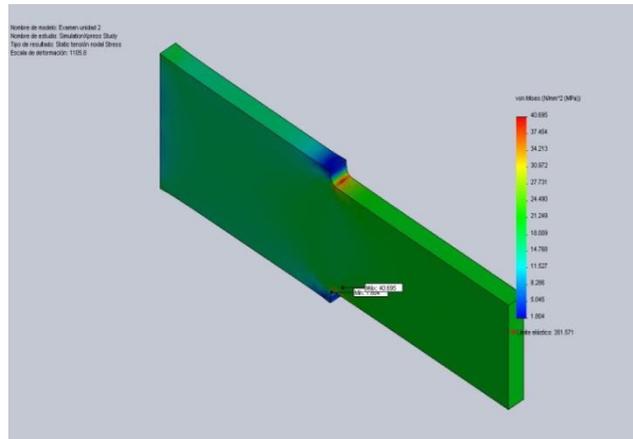
D Mts.	d Mts.	r mts	r/d	$\sigma_{prom}=P/d*t$ Mpa.	$\sigma_{max}$ SOLID WORKS Mpa.	$K_t$
0.0625	0.05	0.00125	0.025	20	46.19	2.30
0.0625	0.05	0.00250	0.050	20	40.69	2.03
0.0625	0.05	0.00375	0.075	20	35.75	1.78
0.0625	0.05	0.00500	0.100	20	32.78	1.63
0.0625	0.05	0.00625	0.125	20	32.26	1.61

Resultados obtenidos a través del análisis por elemento finito para cada relación D/d y para cada valor del radio del filete o chaflán.

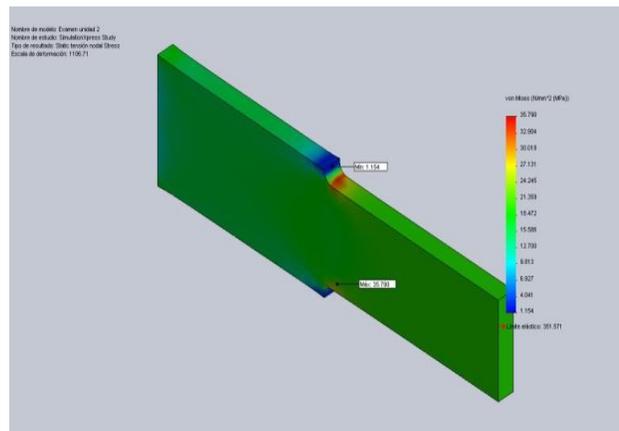
Análisis y simulación D/d=1.25, r=0.00125m



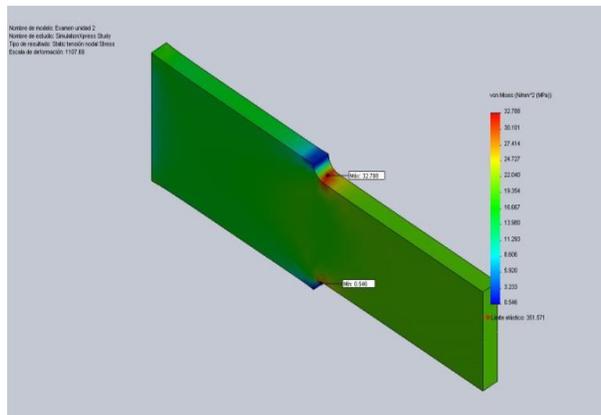
Análisis y simulación  $H/d=1.25$ ,  $r=0.00250m$



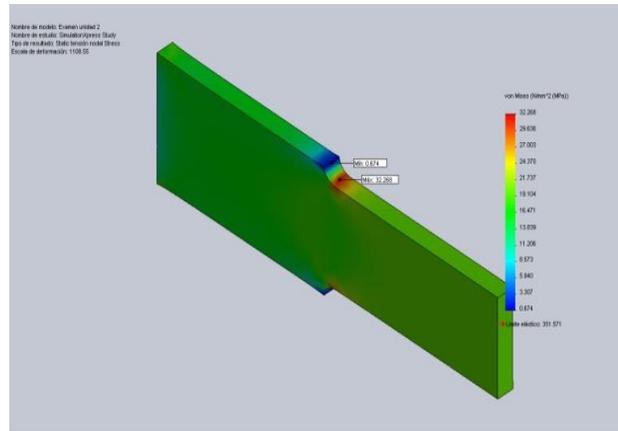
Análisis y simulación  $H/d=1.25$ ,  $r=0.00375m$



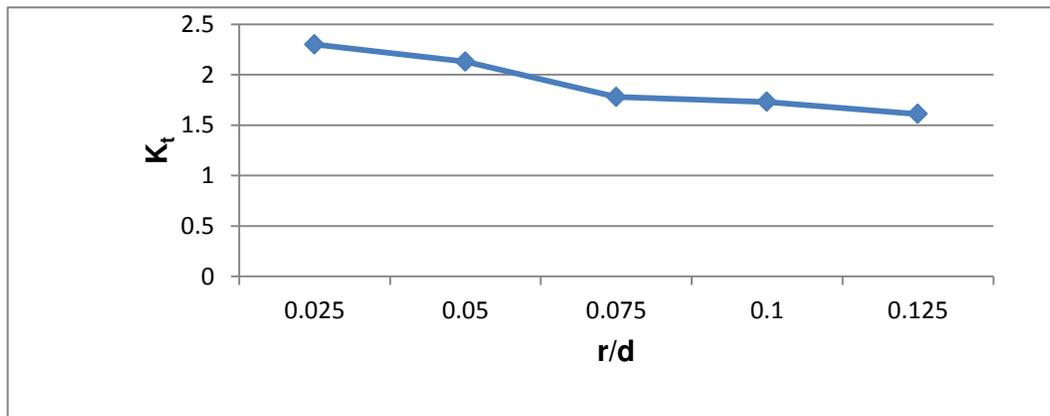
Análisis y simulación  $H/d=1.25$ ,  $r=0.00500m$



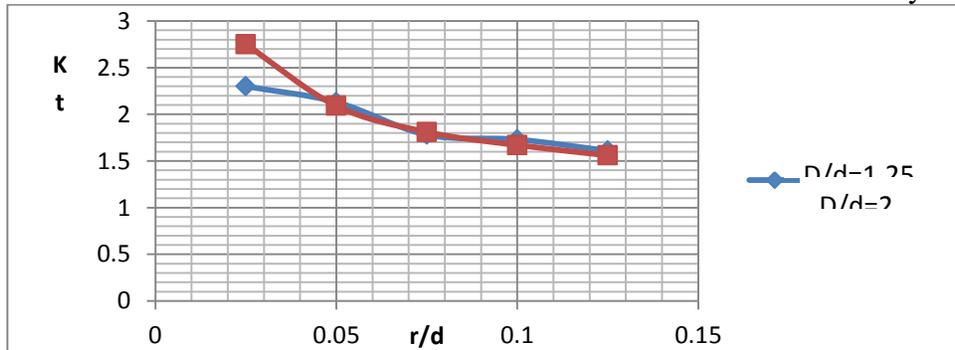
Análisis y simulación  $H/d=1.25$ ,  $r=0.00625m$



Grafica del comportamiento de  $K_t$  con respecto  $r/d$  para una relación  $D/d=1.25$



Gráfica 2 factor de concentración de esfuerzo contra razón de radio de curvatura y ancho menor.



Grafica del comportamiento de  $K_t$  con respecto  $r/d$  para una relación  $D/d=2$  y  $D/d=1.25$

**Gráfica 3** Comparativa de factor de concentración de esfuerzo contra razón de radio de curvatura y ancho menor, para dos razones diferentes.

## CONCLUSIONES

Los cambios en la geometría de una pieza ocasionados por cambios de sección como sin los filetes, agujeros, entalles, cuñeros, anillos de retención, chaflanes, entre otros, elevan y concentran los esfuerzos en la sección reducida provocando la falla en las piezas mecánicas. En la gráfica podemos observar que entre mas grande sea el radio los valores del esfuerzo máximo y el factor de concentración de esfuerzos se reducen.

En este estudio se concluye que a través del análisis finito se puede lograr determinar el comportamiento de estos parámetros de concentración de esfuerzos en los cambios de sección de las piezas y componentes de parte de maquinas y mecanismos sometidos a la acción de las fuerzas en sus diferentes aplicaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

Ferdinand P. Beer (2004). Mecanica de materiales. Mc Graw Hill.

Robert L. Mott (2006). Diseño de elementos de maquinas. Pearson. Educacion

Daryl L. Logan (2001). A frist course in the Finite element method.

Tirupathi R. Chandrupatla (1999). Introduction to finite element in Engineering. Pearson.

Budynas R. G.-Nisbett J. K. (2008). Shilgey's Mechanical Engineering Design. Mc Graw Hill.

Klaus-Jurgen Bathe (2000). Finite Element Procedure. Mc Graw Hill.

David V. Hutton (2004). Fundamentals of Finite Element Analisis. Mc Graw Hill