

Amanda Fernandes Pereira da Silva
(Organizadora)

ENGENHARIA- RIAS: Pesquisa, desenvolvimento e inovação 2



Amanda Fernandes Pereira da Silva
(Organizadora)

ENGENHARIA- RIAS: Pesquisa, desenvolvimento e inovação 2



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena

Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof^o Dr^a Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará

Prof^o Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense

Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Prof^o Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Prof^o Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba

Prof^o Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof^o Dr^a Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Engenharias: pesquisa, desenvolvimento e inovação 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Amanda Fernandes Pereira da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
E57	Engenharias: pesquisa, desenvolvimento e inovação 2 / Organizadora Amanda Fernandes Pereira da Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-0701-0 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.010222911 1. Engenharia. I. Silva, Amanda Fernandes Pereira da (Organizadora). II. Título. CDD 620
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

Os mais diversos ramos do conhecimento possuem grandes desafios a serem superados, é o do saber multidisciplinar, aliando conceitos de diversas áreas. A curiosidade científica é o pilar de motivação que estimula as investigações baseadas no conhecimento existente objetivando a geração de novos materiais, produtos e equipamentos.

Nesse sentido, esta coleção “Engenharias: Pesquisa, desenvolvimento e inovação 2” traz capítulos ligados à teoria e prática em um caráter multidisciplinar, tendo um viés humano e técnico. Apresenta temas relacionados as áreas de engenharias, dando um viés onde se faz necessária a melhoria contínua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.


Boa leitura!

Amanda Fernandes Pereira da Silva

CAPÍTULO 1 1

A IMPORTÂNCIA DA BIOMASSA, COMO FONTE ENERGÉTICA NO DESENVOLVIMENTO RURAL EM ANGOLA

Carlos Lopes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229111>


CAPÍTULO 2 9

ANÁLISE DE UM MATERIAL ALTERNATIVO A PARTIR DE BIOMASSA VEGETAL PARA UTILIZAÇÃO COMO CHAPAS E AGLOMERADOS DE MADEIRA

Jamile Teixeira Manoel

Maicon Ramon Bueno

Flávia Sayuri Arakawa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229112>

CAPÍTULO 3 21

ANÁLISE POR MEIO DE LINGUAGEM R, E PREVISÃO DE LUCROS DE UMA TRANSPORTADORA NO PERÍODO PRÉ E PÓS-PANDEMIA COVID-19

Márcio Mendonça

Francisco de Assis Scannavino Junior

Fabio Rodrigo Milanez

Gabriela Helena Bauab Shiguemoto

Ricardo Breganon

Carlos Alberto Paschoalino

Celso Alves Correa

Kazuyochi Ota Junior

Rodrigo Rodrigues Sumar

Michelle Eliza Casagrande Rocha

Vera Adriana Azevedo Hypolito

João Maurício Hypolito

Luiz Eduardo Pivovar

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229113>


CAPÍTULO 4 32

ANÁLISIS TEÓRICO Y SIMULADO DEL ESFUERZO MÁXIMO PERMISIBLE EN BARRAS RECTANGULARES Y EJES REDONDEADOS SOMETIDOS A ESFUERZOS DE TENSIÓN

Eliel Eduardo Montijo Valenzuela

Flor Ramírez Torres

Aureliano Cerón Franco


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229114>

CAPÍTULO 5 43

EVALUATION OF PROPERTIES OF COMPOSITES MADE OF MINERAL BINDERS, WASTE WOOD PARTICLES AND KRAFT PULP FIBERS FROM *Eucalyptus* spp. AND *Pinus* spp.

Tháisa Mariana Santiago Rocha


Silvana Nisgoski
 Graciela Inês Bolzón de Muniz
 Leonardo Fagundes Rosemback Miranda
 Carlos Frederico Alice Parchen

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229115>

CAPÍTULO 664

BUSINESS INTELLIGENCE APLICADO À BASE DE DADOS ABERTOS: UMA ANÁLISE SOBRE A PNAD CONTÍNUA

Leonardo de Jesus Piechontcoski
 Nilson Ribeiro Modro
 Luiz Cláudio Dalmolin
 Nelcimar Ribeiro Modro
 Glauco Oliveira Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229116>

CAPÍTULO 788

EDGE COMPUTING: AS NOVAS ARQUITETURAS COMPUTACIONAIS E APLICAÇÕES NA ÁREA MÉDICA

Leonardo de Almeida Cavadas
 Renato Cerceau
 Sergio Manuel Serra da Cruz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229117>

CAPÍTULO 8 108

EVALUATION OF THE WETTABILITY OF EPOXY/GRANITE COMPOSITES THROUGH CONTACT ANGLE


Jorge Luiz Siqueira da Costa Neto
 Antonio Renato Bigansolli
 Sinara Borborema
 Belmira Benedita de Lima-Kühn

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229118>

CAPÍTULO 9 115

INFLUENCIA DE LA MODALIDAD DE ESCUELAS DE EDUCACIÓN BÁSICA EN EL NIVEL DE APROVECHAMIENTO DEL USO DE APLICACIONES MÓVILES

Arizbé del Socorro Arana Kantún
 Noemi Guadalupe Castillo Sosa
 Cintia Isabel Arceo Fuentes


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229119>

CAPÍTULO 10..... 122

MODELAGEM E PROJETO DE CONTROLADORES PARA UM SISTEMA DE LEVITAÇÃO DE UMA ESFERA POR UM FLUXO DE AR

Heros Carvalho Soares
 Nathan Phillipe Almeida Mendes


Eduardo Santos de Alemdia
Cláudio Henrique Gomes dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01022291110>

CAPÍTULO 11 135

NONLINEAR MODEL OF COD AND OBD/COD AT THE CAXIAS DO SUL
LANDFILL USING NEURAL NETWORKS


Ana M. C. Grisa
Edson Luiz Francisquetti
Mara Zeni Andrade
José A. Muñoz H.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01022291111>

CAPÍTULO 12..... 153

NOVAS TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO EM BIBLIOTECONOMIA: UM ESTUDO
COMPARATIVO DA MODALIDADE A DISTÂNCIA E PRESENCIAL


Lílian da Cruz Sousa
Núbia Moura Ribeiro
Marcelo Santana Silva
Jerisnaldo Matos Lopes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01022291112>

CAPÍTULO 13..... 167

PROJETO E FABRICAÇÃO DE UMA CÂMARA DE EBULIÇÃO NUCLEADA
PARA ELEVADAS PRESSÕES


Paulo Ricardo Godois
Gustavo Alberto Ludwig

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01022291113>

CAPÍTULO 14..... 184

VEÍCULOS ELÉTRICOS: O POTENCIAL BRASILEIRO PERANTE O MUNDO

Márcio Mendonça
Caio Ferreira Nicolau
Carlos Alberto Pachcoalino
Rodrigo Rodrigues Sumar
Kazuyochi Ota Junior
Francisco de Assis Scannavino Junior
Gilberto Mitsuo Suzuki Trancolin
Marcos Antonio de Matos Laia
André Luís Shiguemoto
Ricardo Breganon
Rodrigo Henriques Lopes da Silva
Michelle Eliza Casagrande Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01022291114>

CAPÍTULO 15.....200

VIABILIDADE DE UMA FERRAMENTA PARA ORIENTAÇÃO AOS

RESPONSÁVEIS POR PROJETOS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Manuelle Osmarin Pinheiro de Almeida


Raquel de Brito

Gabriely Cristina Agostineto

Júlia Eduarda Hentz

Rafael Terras

Jorge Luiz Haack

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01022291115>**CAPÍTULO 16..... 210****USO DOS RESÍDUOS DE PEDRA MORISCA DA CIDADE DE CASTELO DO PIAUÍ NA PRODUÇÃO DE CONCRETO**


Jamie Lívia da Costa Soares Farias

Letícia Queiroz Monteiro

Linardy Moura de Sousa

Laécio Guedes do Nascimento

Amanda Fernandes Pereira da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01022291116>**SOBRE A ORGANIZADORA228****ÍNDICE REMISSIVO.....229**

ANÁLISIS TEÓRICO Y SIMULADO DEL ESFUERZO MÁXIMO PERMISIBLE EN BARRAS RECTANGULARES Y EJES REDONDEADOS SOMETIDOS A ESFUERZOS DE TENSIÓN

Data de aceite: 01/11/2022

Elie! Eduardo Montijo Valenzuela

Profesor de la Universidad de Sonora, México, adscrito al Departamento de Ingeniería Industrial

Flor Ramírez Torres

Profesora de la Universidad de Sonora, México, adscrita al Departamento de Ingeniería Industrial

Aureliano Cerón Franco

Profesora de la Universidad de Sonora, México, adscrita al Departamento de Ingeniería Industrial

RESUMEN: En el presente trabajo se ilustra información teórica referente a los cálculos analíticos de concentración de esfuerzos en barras y ejes sometidos a esfuerzos de tensión, mediante la metodología de análisis de factores teóricos de concentración de esfuerzos (Kt). La investigación se complementa con el análisis de elemento finito (FEA), con el uso del *Solidworks 2016* y su complemento para análisis estático *Solidworks Simulation*. El objetivo de esta investigación es analizar los resultados analíticos y de simulación del esfuerzo máximo permisible en barras rectangulares y ejes redondeados, para posteriormente

compararlos y poder hacer una deducción del error entre ambos métodos, así como el potencial del software de simulación en el área de la ingeniería mecánica.

PALABRAS CLAVE: FEA (análisis de elemento finito), *Solidworks Simulation*, esfuerzo máximo permisible, factor teórico de concentración de esfuerzos, esfuerzos de tensión.

1 | INTRODUCCIÓN

En ingeniería mecánica, el cálculo de la concentración de esfuerzos está siempre presente en el diseño de estructuras o piezas que presentan cambios suaves o abruptos en su geometría, tales como barrenos, chaveteras, redondeos, cuñas, muescas o chaflanes, presentes en elementos de máquinas diversos, desde simples punzones utilizados en la matricaria industrial, hasta maquinaria más compleja, como los ejes y engranes utilizados en los generadores eólicos para la transmisión de potencia.

Las ventajas de realizar los cálculos para determinar los esfuerzos máximos permisibles en un elemento de máquina,

una estructura o incluso en un ensamblaje, durante la etapa de diseño, proporciona información necesaria para delimitar su funcionalidad (mantenimiento, operatividad, resistencia, montaje), y a su vez, utilizar estrategias adicionales de diseño para mantener las zonas críticas fuera de peligro. Un mal diseño de cualquier elemento, que este sometido a cargas, puede generar un aumento exponencial de esfuerzos en zonas críticas, aumentando la probabilidad de fallo prematuro en dicho elemento.

La concentración de esfuerzos es una interrupción del flujo uniforme de esfuerzos (Reconocimientos de casco y estructuras, 2004), y su cálculo analítico, está relacionado por lo regular con el factor Kt de concentración de esfuerzos, definido como la razón del esfuerzo máximo al esfuerzo promedio, que actúa en la sección transversal más pequeña (Hibbeler y Cera, 2006), sin embargo, en la práctica, es irrelevante determinar la distribución real del esfuerzo, solo el esfuerzo máximo (σ_{max}).

En la actualidad, el diseño mecánico se está apoyando en herramientas computacionales como el análisis de elementos finitos (FEA), para el modelado de productos y sistemas en entornos virtuales con el propósito de encontrar y resolver potenciales (o actuales) problemas estructurales o de rendimiento (Siemens Software, 2018), el cual es aplicado en diversas industrias (aeronáutica, automotriz, biomecánica, etc.). La metodología de elementos finitos implica la solución de ecuaciones diferenciales parciales complejas como un método numérico aplicables a solución de problemáticas concernientes a la física y la ingeniería, sobre todo a geometrías complicadas (Muñoz, 2014). Una herramienta importante en el análisis mecánico es el software *Solidworks*, que utiliza el método de formulación de desplazamientos de elementos finitos, mediante el análisis individualizado de elementos tetraédricos (3D), triangulares (2D) y de vigas (Solidworks, 2018). En ingeniería mecánica, implementar los métodos computacionales de simulación, tiene una influencia directa en el desarrollo de nuevas tecnologías o productos, los cuales no son llevados a la práctica si no son contrastados computacionalmente (Torres y Grau, 2007).

El objetivo de esta investigación es analizar los resultados analíticos y de simulación del esfuerzo máximo permisible en barras rectangulares y ejes redondeados, para posteriormente compararlos y poder hacer una deducción del error entre ambos métodos, así como el potencial del software de simulación en el área de la ingeniería mecánica.

2 | DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Para el desarrollo de esta investigación se utilizaron tres modelos de barras rectangulares y un modelo de eje redondo escalonado con filetes. El primer modelo es una barra rectangular con un orificio central (figura 1), las dimensiones de este modelo son: 0.10 m de longitud, 0.08 m de ancho, el orificio central tiene un diámetro de 0.04 m y el espesor de la barra es de 0.02 m.

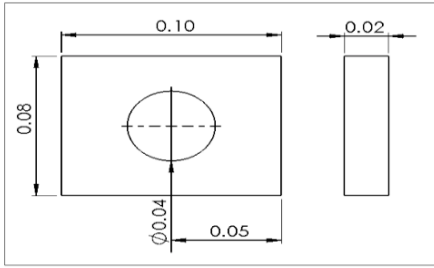


Figura 1. Dimensiones del modelo 1; barra rectangular con orificio central.

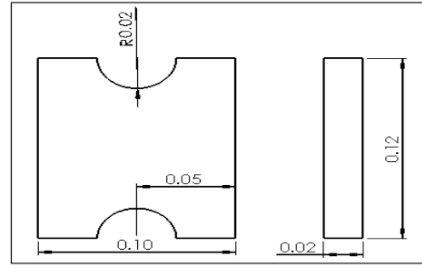


Figura 2. Dimensiones del modelo 2; barra rectangular con muescas.

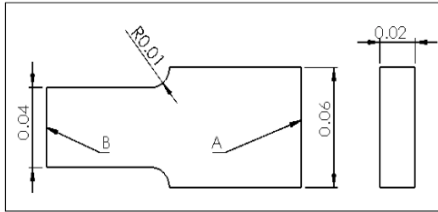


Figura 3. Dimensiones del modelo 3; barra rectangular con filetes.

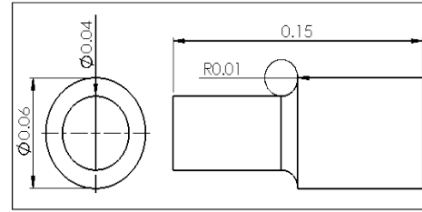


Figura 4. Dimensiones del modelo 4; eje redondo con filetes.

El segundo modelo corresponde a una barra rectangular con muescas (figura 2), las dimensiones del modelo dos son: 0.10 m de longitud, 0.12 m de ancho, las muescas presentan un radio de 0.02 m y el espesor de la placa es de 0.02 m. El tercer modelo corresponde a una barra rectangular con filetes (figura 3), las dimensiones del modelo dos son: longitud de 0.10 m, la sección A mide 0.06 m, la sección B es de 0.04 m y los radios de los filetes son de 0.01 m. El grosor de la pieza es de 0.02 m. El cuarto modelo corresponde a un eje redondo con filetes (figura 4), las dimensiones de este modelo son: diámetro menor de 0.02 m y diámetro mayor de 0.04 m, con redondeo escalonado de 0.01 m. Cada uno de los modelos será analizado con un esfuerzo de tensión aplicado de 850 N, y se utilizará acero ASTM A36 para el análisis de simulación.

2.1 Análisis teórico

Para el análisis teórico, se utiliza el método gráfico de concentración de esfuerzos (Muñoz, 2014), el cual no limita al diseñador a elegir un material o el tamaño del elemento, ya que los resultados dependerán de las razones de los parámetros geométricos involucrados. Para determinar el valor del esfuerzo máximo (σ_{max}), se analizaran de forma independiente cada uno de los modelos, ya que cada uno de ellos, presenta geometrías distintas.

2.1.1 Modelo uno

Los pasos para determinar el valor teórico del esfuerzo máximo en el modelo uno, son los siguientes:

- Analizar la figura 5, correspondiente al gráfico de factores teóricos de concentración de esfuerzos (K_t) para barras a tensión con orificio transversal.
- Realizar la razón d/w aplicando las dimensiones análogas de la figura 1.
- El valor resultante de d/w , corresponde al valor de las abscisas según la figura 5, si prolongamos ese valor al eje de las ordenadas, hasta tocar un punto de la curva, tendremos el valor de K_t .
- Determinar el esfuerzo promedio, mediante la ecuación

$$\sigma_{prom} = \frac{P}{A} = \frac{P}{cT} \quad (1) \quad \text{Donde } P = \text{carga y } A = \text{área, } c = d-w, T = \text{grosor.}$$

- Calcular el esfuerzo máximo mediante la ecuación

$$\sigma_{max} = \sigma_{prom} * K_t \quad (2)$$

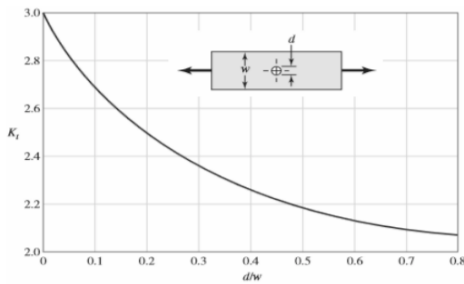


Figura 5. Gráfica de factores teóricos de concentración de esfuerzos (K_t) para barras a tensión con orificio transversal. Buydinas y Nisbett, 2011.

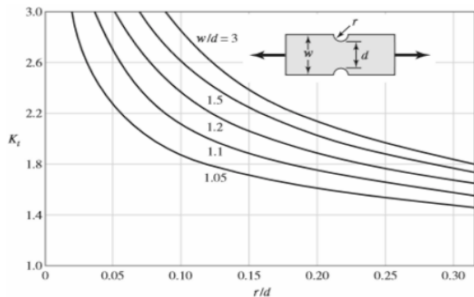


Figura 6. Gráfica de factores teóricos de concentración de esfuerzos (K_t) para barras a tensión con muescas. Buydinas y Nisbett, 2011.

2.1.2 Modelo dos

Los pasos para determinar el valor teórico del esfuerzo máximo en el modelo dos, son los siguientes:

- Analizar la figura 6, correspondiente al gráfico de factores teóricos de concentración de esfuerzos (K_t) para barras a tensión con muescas.
- Realizar la razón r/d aplicando las dimensiones análogas de la figura 2.
- Realizar la razón w/d aplicando las dimensiones análogas de la figura 2.
- El valor resultante de r/d , corresponde al valor de las abscisas según la figura 6.
- El valor de w/d , corresponde a una de las curvas de la figura 6.
- Si prolongamos ese valor al eje de las ordenadas, hasta tocar un punto de la curva, tendremos el valor de K_t .

- Determinar el esfuerzo promedio, mediante la ecuación

$$\sigma_{prom} = \frac{P}{A} = \frac{P}{Td} \quad (3)$$

Donde P = carga y A = área, d = $w-2r$, T = grosor.

- Calcular el esfuerzo máximo mediante la ecuación (2).

2.1.3 Modelo tres

Los pasos para determinar el valor teórico del esfuerzo máximo en el modelo tres, son los siguientes:

- Analizar la figura 7, correspondiente al gráfico de factores teóricos de concentración de esfuerzos (K_t) para barras rectangulares con filetes.
- Realizar la razón r/d aplicando las dimensiones análogas de la figura 3.
- Realizar la razón D/d aplicando las dimensiones análogas de la figura 3.
- El valor resultante de r/d , corresponde al valor de las abscisas según la figura 7.
- El valor de D/d , corresponde a una de las curvas de la figura 7.
- Si prolongamos ese valor al eje de las ordenadas, hasta tocar un punto de la curva, tendremos el valor de K_t .
- Determinar el esfuerzo promedio, mediante la ecuación (3).
- Calcular el esfuerzo máximo mediante la ecuación (2).

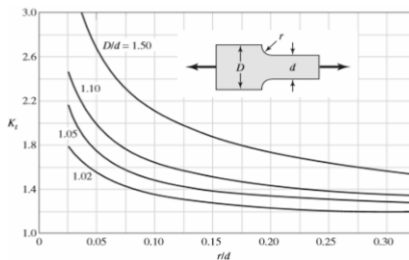


Figura 7. Gráfica de factores teóricos de concentración de esfuerzos (K_t) para barras a rectangulares con filetes. Buydinas y Nisbett, 2011.

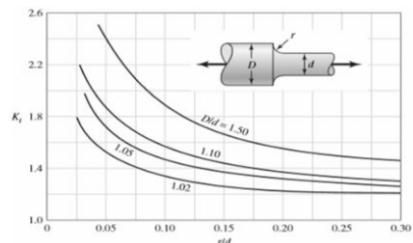


Figura 8. Gráfica de factores teóricos de concentración de esfuerzos (K_t) para ejes redondos con filetes. Buydinas y Nisbett, 2011.

2.1.4 Modelo cuatro

Los pasos para determinar el valor teórico del esfuerzo máximo en el modelo cuatro, son los siguientes:

- Analizar la figura 8, correspondiente al gráfico de factores teóricos de concen-

tración de esfuerzos (K_t) para ejes redondos con filetes.

- Realizar la razón r/d aplicando las dimensiones análogas de la figura 4.
- Realizar la razón D/d aplicando las dimensiones análogas de la figura 4.
- El valor resultante de r/d , corresponde al valor de las abscisas según la figura 8.
- El valor de D/d , corresponde a una de las curvas de la figura 8.
- Si prolongamos ese valor al eje de las ordenadas, hasta tocar un punto de la curva, tendremos el valor de K_t .
- Determinar el esfuerzo promedio, mediante la ecuación

$$\sigma_{prom} = \frac{P}{A} = \frac{4P}{\pi d^2} \quad (4)$$

- Calcular el esfuerzo máximo mediante la ecuación (2).

2.2 Cálculo teórico

Para determinar el esfuerzo máximo permisible de cada uno de los modelos, nos apegaremos a la metodología planteada en cada uno de ellos.

2.2.1 Modelo uno

- Análisis de la razón $d/w = 0.04/0.08 = 0.5$.
- El coeficiente $K_t = 2.17$ (obtenido de figura 5).
- Aplicando ecuación 1, tenemos

$$\sigma_{prom} = \frac{P}{cT} = \frac{850N}{(0.04m)(0.02m)} = 1062.5 \text{ KPa} \quad \text{donde} \quad 1 \frac{N}{m^2} = 1Pa$$

- Sustituyendo el valor de σ_{prom} y K_t en ecuación 2, podemos obtener el valor de σ_{max} teórico para el modelo uno. $\sigma_{max} = 1062.5 \text{ KPa} * 2.17 = 2305.625 \text{ KPa}$

2.2.2 Modelo dos

- Análisis de la razón $r/d = 0.02/0.08 = 0.25$.
- Análisis de la razón $w/d = 0.12/0.08 = 1.5$.
- El coeficiente $K_t = 1.9$ (obtenido de figura 6).
- Aplicando ecuación 3, tenemos

$$\sigma_{prom} = \frac{P}{Td} = \frac{850N}{(0.02m)(0.08m)} = 531.25 \text{ KPa}$$

- Sustituyendo el valor de σ_{prom} y K_t en ecuación 2, podemos obtener el valor de

σ_{\max} teórico para el modelo dos. $\sigma_{\max}=531.25\text{KPa}\cdot 1.9=1009.375\text{ KPa}$

2.2.3 Modelo tres

- Análisis de la razón $r/d = 0.02/0.08 = 0.25$.
- Análisis de la razón $w/d = 0.12/0.08 = 1.5$.
- El coeficiente $K_t = 1.6$ (obtenido de figura 6).
- Aplicando ecuación 3, tenemos

$$\sigma_{prom} = \frac{P}{Td} = \frac{850\text{N}}{(0.02\text{m})(0.04\text{m})} = 1062.5\text{ KPa}$$

- Sustituyendo el valor de σ_{prom} y K_t en ecuación 2, podemos obtener el valor de σ_{\max} teórico para el modelo tres. $\sigma_{\max}=1062.5\text{Lpa}\cdot 1.6=1700.0\text{ KPa}$

2.2.4 Modelo cuatro

- Análisis de la razón $r/d = 0.01/0.04 = 0.25$.
- Análisis de la razón $w/d = 0.06/0.04 = 1.5$.
- El coeficiente $K_t = 1.45$ (obtenido de figura 6).
- Aplicando ecuación 4, tenemos

$$\sigma_{prom} = \frac{4P}{\pi d^2} = \frac{4\cdot 850\text{N}}{\pi \cdot (0.04\text{m})^2} = 676.409\text{ KPa}$$

- Sustituyendo el valor de σ_{prom} y K_t en ecuación 2, podemos obtener el valor de σ_{\max} teórico para el modelo cuatro. $\sigma_{\max}=676.409\text{Kpa}\cdot 1.45=980.8\text{ Kpa}$

2.3 Cálculos de simulación

Para determinar el esfuerzo máximo permisible de cada uno de los modelos, se utilizó el software *Solidworks* versión 2016 y el complemento *Solidworks Simulation* para el análisis estático.

La metodología empleada para los cálculos de simulación en todas las piezas, se enlista en los siguientes puntos:

- Dibujo de los sólidos rectangulares en 3 dimensiones.
- Habilitación del complemento *Simulation*.
- Selección del tipo de análisis; análisis estático.
- Selección y agregado de material a la pieza; acero ASTM A36.

- Sujeción de la pieza.
- Adición de esfuerzo estático (850 N).
- Adición de mallado.
- Ejecución y cálculo del estudio.
- Visualización de resultados.

2.3.1 Modelo uno

Para el modelo 1, el esfuerzo máximo según simulación fue de 2284.800 KPa (ver figura 9).

2.3.2 Modelo dos

Para el modelo 2, el esfuerzo máximo según simulación fue de 1048.4 KPa (ver figura 10).

2.3.3 Modelo tres

Para el modelo 3, el esfuerzo máximo según simulación fue de 11652.9 KPa (ver figura 11).

2.3.4 Modelo cuatro

Para el modelo 4, el esfuerzo máximo según simulación fue de 11652.9 KPa (ver figura 12).

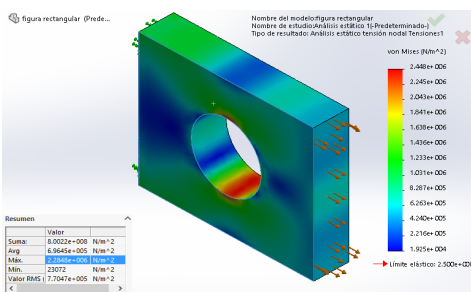


Figura 9. Resultado de simulación de modelo 1.

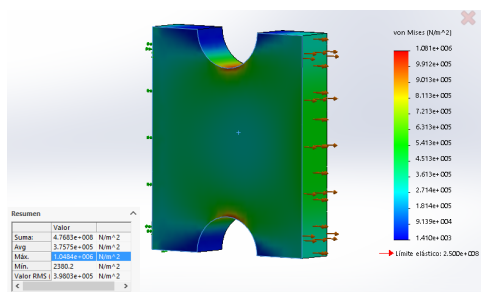


Figura 10. Resultado de simulación de modelo 2.

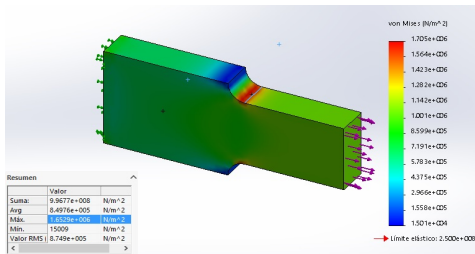


Figura 11. Resultado de simulación de modelo 3.

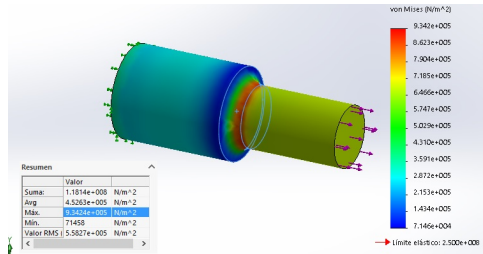


Figura 12. Resultado de simulación de modelo 4.

3 I RESULTADOS

Los esfuerzos de tensión axial en las barras rectangulares y en el eje redondeado, provocaron concentraciones de esfuerzos en las zonas irregulares (ver figuras 9, 10, 11 y 12), esto corresponde a los criterios que define [1] sobre los concentradores de esfuerzos, referente a la interrupción del flujo uniforme de los esfuerzos. En la simulación del model 1 (ver figura 9), se puede apreciar que la concentración de esfuerzos se encuentra en la zona del orificio. Para esta modelo, el cálculo análogos del esfuerzo máximo fue de 2305.625 KPa, y el resultado de simulación arrojó 2284.8 KPa, teniendo una diferencia de error menor a 1% (ver tabla 1 y figura 17). En la simulación del model 2 (ver figura 10), se puede apreciar que la concentración de esfuerzos se encuentra en la zona de las muescas. Para esta modelo, el cálculo análogos del esfuerzo máximo fue de 1009.375 KPa, y el resultado de simulación arrojó 1048.4 KPa, teniendo una diferencia de error menor a 4% (ver cuadro 1 y figura 13). En la simulación del model 3 (ver figura 11), se puede apreciar que la concentración de esfuerzos se encuentra en la zona de los redondeos. Para esta modelo, el cálculo análogos del esfuerzo máximo fue de 1700 KPa, y el resultado de simulación arrojó 1652.9 KPa, teniendo una diferencia de error menor a 3% (ver cuadro 1 y figura 13). En la simulación del model 4 (ver figura 12), se puede apreciar que la concentración de esfuerzos se encuentra en la zona escalonada (redondeo). Para esta modelo, el cálculo análogos del esfuerzo máximo fue de 980.8 KPa, y el resultado de simulación arrojó 934.24 KPa, teniendo una diferencia de error menor a 5% (ver cuadro 1 y figura 13). El porcentaje de error oscila entre el <1 y <5% en los resultados obtenidos por medio del método analítico utilizando el factor Kt , y mediante la simulación por elemento finito utilizando *Solidworks Simulation*, sin embargo, en la mayoría de las aplicaciones de análisis de diseño, es aceptable un error que no exceda el 5% [8], mismo, que para estos casos, puede ser reducido, al implementar algoritmos de refinado de la malla computacional.

Modelo	σ_{max} Cálculo analítico (KPa)	σ_{max} Cálculo simulado (KPa)	% Error entre cálculo analítico y simulado
1	2305.625	2284.800	>1
2	1009.375	1048.400	>4
3	1700.000	1652.900	>3
4	980.800	934.240	>5

Cuadro 1. Comparación de resultados de esfuerzos máximos por método analítico y de elemento finito, en los modelos propuestos.

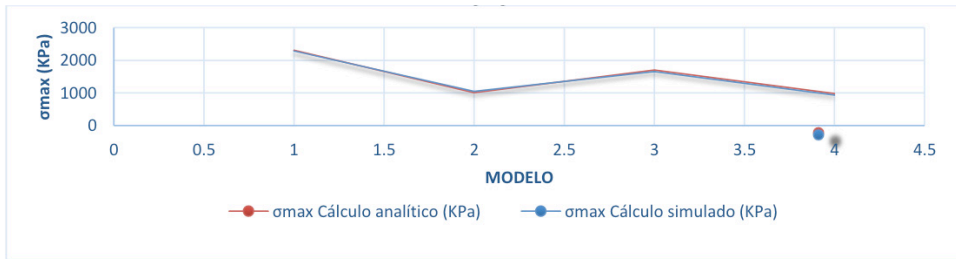


Figura 13. Gráfico comparativo entre los resultados de los esfuerzos máximos de los modelos propuestos, mediante método analítico y por elemento finito.

4 | CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos, utilizando el método gráfico de factor Kt , en la concentración de los esfuerzos en placas rectangulares y ejes con redondeos, sometidos a esfuerzos de tensión, en comparación con los resultados encontrados en los análisis de elemento finito, por medio de simulación en el software *Solidworks Simulation*, presentan un margen de error aceptable dentro de las aplicaciones de análisis de diseños (Autodesk, 2018), los que están por debajo del 5%. Por medio de esta investigación, podemos deducir que *Solidworks Simulation*, empleado para el análisis de formulación de desplazamientos de elemento finito, simula con suficiente exactitud los esfuerzos máximos producidos por la carga axial. Estos resultados de simulación, permiten obtener soluciones de análisis en un menor tiempo, con la ventaja de que no es necesaria la elaboración de prototipos para análisis estructural, proporcionando a los estudiantes de ingeniería, ingenieros y diseñadores, una herramienta poderosa para la solución de problemáticas referentes a la ingeniería mecánica.

REFERENCIAS

Autodesk, (2018). "Introducción a las aplicaciones de análisis de tensión con SolidWorks Simulation", http://www.solidworks.com/sw/docs/simulation_instructor_wb_2011_esp.pdf, (visitado el 08 de enero de 2018).

Buydinas R. y Nisbett J. (2011). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 8th ed. México: McGraw-Hill, pp. 1006-1009.

Hibbeler R. y Cera A (2006). Mecánica de materiales. México: Pearson Educación.

Muñoz J. (2014). Introducción al método de los elementos finitos. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

Reconocimientos de casco y estructuras (2004) London: International Maritime organization.

Siemens Software, "FEA / Análisis de elementos Finitos: Siemens PLM Software", https://www.plm.automation.siemens.com/es_es/plm/fea.shtml, (visitado el 02 de enero de 2018).

Solidworks (2018). "Análisis por elementos finitos". Disponible en: <https://www.solidworks.es/sw/products/simulation/finite-element-analysis.htm>, (visitado el 04 de enero de 2018).

Torres R. y Grau J. (2007). Introducción a la mecánica de fluidos y transferencia de calor con COMSOL Multiphysics. Barcelona: Addlink Media.

A

Anaerobic digestión 135
Análise de dados 25, 64, 71, 90, 161, 210
Análise e previsão e análise de lucros 22
Aplicaciones móviles 115, 119

B

Bagaço de cana de açúcar 9, 10
Biodegradability indexes 135, 138
Biodigestor 2, 4, 5, 7
Biomassa 1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 19, 20, 187, 188
Business Intelligence 64, 65, 66, 70, 75, 84, 85, 87

C

Câmara de ebulição nucleada 167, 168, 169, 172, 179, 180
Carro elétrico 185, 190, 199
Carro híbrido 185, 187, 193
Cellulose 10, 44, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 56, 57, 59, 60
Composite 10, 43, 44, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 61, 108, 109, 110, 111, 112, 113
Contact angle 108, 109, 110, 112
Controle digital 122, 123
Crimes ambientais 200, 201, 202, 209
Curva de ebulição 167, 168, 170

D

Dados abertos 64, 66, 69, 72, 75, 84, 85, 86, 87
Desenvolvimento 1, 2, 3, 7, 8, 11, 23, 25, 26, 62, 66, 67, 69, 76, 85, 91, 92, 105, 106, 149, 153, 154, 155, 156, 158, 161, 162, 164, 186, 187, 198, 199, 200, 201, 209
Diretrizes curriculares nacionais 153, 154, 155, 156, 157

E

Ebulição nucleada 167, 168, 169, 170, 171, 172, 179, 180, 181, 182, 183
Edge computing 88, 89, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 105, 106, 107
Educación básica 115, 116, 117, 120

Eletrificação 185, 186, 187, 189, 190, 191, 193, 196, 197
Energia 1, 2, 3, 4, 7, 8, 10, 24, 100, 103, 126, 173, 186, 187, 188, 189, 191, 197,
198
Epoxy/granite 108
Escuelas de tiempo completo (ETC) 115, 119
Escuelas de tiempo regular 115, 117, 119
Esfuerzo máximo permisible 32, 33, 37, 38
Espaço de estados 122, 123

F

Factor teórico de concentración de esfuerzos 32
FEA (análisis de elemento finito) 32
Formação de bibliotecário 154
FTIR 108, 109, 110, 111

G

Gypsum 43, 44, 45, 46, 47, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62

H

Histórico de dados reais 22

I

Inovações em bibliotecas 154

L

Landfill 44, 135, 136, 137, 138, 139, 141, 142, 143, 148, 149, 150, 151, 152
Legislação 149, 201, 202, 205, 206, 208, 209
Lucros na pandemia covid-19 22

M

Material compósito 9, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19

N

Neural network 135, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 151
Non-linear model 135

O

Observador 122, 123, 131, 132

P

PI Ziegler-Nichols 122

Pnad Continua 64, 65

Poliestireno expandido 9, 10, 11, 12, 16, 19

Portland cement 43, 44, 45, 46, 47, 50, 52, 53, 54, 56, 57, 58

Pressão 25, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 179, 180, 181, 182, 183

R

Renovável 2, 7, 8

Rural 1, 2, 3, 4, 5, 7, 88, 108, 214, 226

S

Séries temporais 22, 23, 24, 25, 28, 30

Solidworks simulation 32, 38, 40, 41

T

Tecnologias 9, 11, 90, 91, 105, 153, 154, 155, 156, 158, 160, 161, 162, 164, 165, 166, 185, 186, 187, 188, 189, 196, 197

V

Vasos de pressão 167, 168, 169, 173, 176, 177, 179, 180, 182, 183

W

Waste wood 43, 44


Wettability 108, 109, 111, 112, 113

ENGENHARIAS:

Pesquisa, desenvolvimento e inovação 2



 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br


Ano 2022

ENGENHARIAS:

Pesquisa, desenvolvimento e inovação 2



🌐 www.atenaeditora.com.br

✉ contato@atenaeditora.com.br

📷 @atenaeditora

📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora
Ano 2022