



ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

4

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro
(Organizadores)



ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

4

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro
(Organizadores)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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 Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

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

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

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

Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª 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^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^ª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Flávia Roberta Barão
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: João Dallamuta
 Henrique Ajuz Holzmann
 Rennan Otavio Kanashiro

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia: metodologias e práticas de caráter multidisciplinar 4 / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann, Rennan Otavio Kanashiro. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-889-2

DOI 10.22533/at.ed.892211003

1. Engenharia. I. I. Dallamuta, João (Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III. Kanashiro, Rennan Otavio (Organizador). IV. 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.

APRESENTAÇÃO

Caro(a) leitor(a)

Como definir a engenharia? Por uma ótica puramente etimológica, ela é derivada do latim *ingenium*, cujo significado é “inteligência” e *ingeniare*, que significa “inventar, conceber”.

A inteligência de conceber define o engenheiro. Fácil perceber que aqueles cujo ofício está associado a inteligência de conceber, dependem umbilicalmente da tecnologia e a multidisciplinaridade.

Nela reunimos várias contribuições de trabalhos em áreas variadas da engenharia e tecnologia. Ligados sobretudo a indústria petroquímica com potencial de impacto nas engenharias. Aos autores dos diversos trabalhos que compõe esta obra, expressamos o nosso agradecimento pela submissão de suas pesquisas junto a Atena Editora. Aos leitores, desejamos que esta obra possa colaborar no constante aprendizado que a profissão nos impõe.

Boa leitura!

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE FLEXÃO DE VIGAS DE CONCRETO SIMPLES

Vinícius Borges de Moura Aquino

Marco Donisete de Campos

DOI 10.22533/at.ed.8922110031

CAPÍTULO 2..... 18

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE FLEXÃO DE VIGAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO ARMADO

Afonso Henrique de Campos Rodrigues

Marco Donisete de Campos

DOI 10.22533/at.ed.8922110032

CAPÍTULO 3..... 34

THE USE OF BABASSU COCONUT FIBERS IN THE PRODUCTION OF CONCRETE

Wilson Alves Oliveira Junior

Maria Elayne Rodrigues Alves

Bruna Leal Melo de Oliveira

João Batista de Oliveira Libório Dourado

Aluska do Nascimento Simões Braga

Valdeci Bosco dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.8922110033

CAPÍTULO 4..... 40

RECICLAGEM DO POLIPROPILENO PARA OBTENÇÃO DO COMPÓSITO POLIMÉRICO REFORÇADO COM PÓ DE OSTRAS

Terezinha Jocelen Masson

Rafael dos Santos Lima

DOI 10.22533/at.ed.8922110034

CAPÍTULO 5..... 58

DESMITIFICANDO A RADIOATIVIDADE

Leandro Soares da Silva

Déborah Vitória de Souza Silva

Eduardo Mendonça Pereira Cavalcanti

Kauã Felipe Santiago

José Allan da Silva

DOI 10.22533/at.ed.8922110035

CAPÍTULO 6..... 66

PROPOSTA DE SILO GRANELEIRO TEMPORÁRIO PARA FAZENDAS DA FRONTEIRA AGRÍCOLA DO BRASIL

José Roberto Rasi

Jorge Augusto Serafim

Jonathan Figueiredo Broetto

DOI 10.22533/at.ed.8922110036

CAPÍTULO 7.....84

USO DE METANOL E ETANOL NO DIAGNÓSTICO DE FALHAS TÉRMICAS ENVOLVENDO PAPEL KRAFT ISOLANTE

Helena Maria Wilhelm
Paulo Oliveira Fernandes
Geovana Carolina dos Santos
Maria Letícia Gomes dos Santos
Thatiane Tamyris Kuczera Pereira
Laís Pastre Dill
Daniel da Conceição Aroucha Filho
Marcelo Luiz de Carvalho Ribeiro
Arley de Paula Mar
Pedro José dos Santos Junior

DOI 10.22533/at.ed.8922110037

CAPÍTULO 8.....97

SÍNTESE E AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE UM COMPÓSITO CERÂMICO ZIRCÔNIA E ALUMINA PARA APLICAÇÃO EM PRÓTESE CRANIOMAXILOFACIAL

José Victor Passos Santiago
Viviane Silva Gomide

DOI 10.22533/at.ed.8922110038

CAPÍTULO 9.....108

SUITABILITY OF INTERNAL TANK COATINGS FOR AROMATIC HYDROCARBONS STORAGE

Ulysses Ramos
Aldo Ramos Santos
Joaquim Pereira Quintela
Carlos Rene Klotz Rabello
Cleber Gonçalves Ferreira
Emmanuelle Sá Freitas

DOI 10.22533/at.ed.8922110039

CAPÍTULO 10.....120

DISEÑO DE UN FALDÓN ESTRUCTURAL CIRCULAR DE APOYO PARA UN SILO METÁLICO CON CAPACIDAD DE ALMACENAR 300 M³ DE CLINKER

Luis Orlando Cotaquispe Zevallos

DOI 10.22533/at.ed.89221100310

CAPÍTULO 11.....136

DETERMINAÇÃO DE DESCARGAS DE LODO DE REATORES UASB COM PÓS-TRATAMENTO AERADO ATRAVÉS DA ANÁLISE DE SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS DO EFLUENTE

Jane Mary Targino Moreira
Ruam Magalhães da Silva
Renata Carlos Freire

DOI 10.22533/at.ed.89221100311

CAPÍTULO 12.....	147
AVALIAÇÃO DE ÓLEO VEGETAL ISOLANTE OBTIDO DE UMA NOVA FONTE DE MATÉRIA-PRIMA: AS MICROALGAS	
Helena Maria Wilhelm	
Giorgi Dal Pont	
Claudio Aparecido Galdeano	
Eduardo João de Palma	
Luiz A. Ravaglia	
DOI 10.22533/at.ed.89221100312	
CAPÍTULO 13.....	158
ANÁLISE ESTRUTURAL DO COMPORTAMENTO SÍSMICO DE BARRAGENS DE REJEITO	
Antonio Nilson Zamunér Filho	
Gabriel Gomes Silva	
Wellington Andrade da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.89221100313	
CAPÍTULO 14.....	171
ANÁLISE DE TENSÃO E COMPARAÇÃO DE PROCESSO DE FABRICAÇÃO EM ROD END	
Jói da Silva Theis	
Luiz Carlos Gertz	
André Cervieri	
Antonio Flavio Aires Rodrigues	
Gustavo Pizarro Meneghello	
DOI 10.22533/at.ed.89221100314	
CAPÍTULO 15.....	179
INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE TRATAMENTO TÉRMICO NO DESEMPENHO FOTOCATALÍTICO DE FIBRAS DE TiO ₂	
Luana Góes Soares da Silva	
Annelise Kopp Alves	
DOI 10.22533/at.ed.89221100315	
CAPÍTULO 16.....	189
EFEITOS DA PIRÓLISE SUAVE EM PELLETS DE <i>Pinus</i>	
Nathalia Heloisa Dullius	
Anderson Rodrigo Heydt	
Adriana Ferla de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.89221100316	
CAPÍTULO 17.....	197
ESTUDO DE SISTEMAS ISOLANTES DE REFERÊNCIA USADOS NA DETERMINAÇÃO DA CLASSE TÉRMICA DE NOVOS SISTEMAS ISOLANTES SEGUNDO A NORMA IEEE C57.100	
Helena Maria Wilhelm	
Paulo Oliveira Fernandes	

Leandro Gonçalves Feitosa
Geovana Carolina dos Santos
Laís Pastre Dill
Leonardo Galhardo
Richard Marek

DOI 10.22533/at.ed.89221100317

CAPÍTULO 18.....209

**DESENVOLVIMENTO DE MADEIRA PLÁSTICA: COMPÓSITOS HÍBRIDOS
POLIPROPILENO/PÓ DE MADEIRA/FIBRA NATURAL**

Terezinha Jocelen Masson
Leila Figueiredo de Miranda
Antonio Hotêncio Munhoz Junior

DOI 10.22533/at.ed.89221100318

CAPÍTULO 19.....220

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE EXTRATO DE LIGNINA OBTIDO A
PARTIR DA HIDRÓLISE ALCALINA DA CASCA DE CAFÉ**

Beatriz Leite
Daniel Vieira Mendes
Matheus de Souza Santos
Thiago Wilker Souza do Carmo
Renata Carolina Zanetti Lofrano
Boutros Sarrouh

DOI 10.22533/at.ed.89221100319

CAPÍTULO 20.....233

**ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL COM PROFESSORES E
ALUNOS, NA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO BREU BRANCO-PA**

Beatriz Souza da Silveira
Enayle Maria de Freitas Silva
Marcelo Melo dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.89221100320

CAPÍTULO 21.....245

**O BISCOITO ARTESANAL DE VITÓRIA DA CONQUISTA E O SEU POTENCIAL PARA
REGISTRO COMO UMA INDICAÇÃO GEOGRÁFICA**

Valdir Silva da Conceição
Dayana Ferraz Silva
Angela Machado Rocha
Marcelo Santana Silva

DOI 10.22533/at.ed.89221100321

CAPÍTULO 22.....259

**EXTENSÃO INTERDISCIPLINAR NAS PRÁTICAS DE CUIDADOS – CENOPOESIA E
AQUARELA NA SAÚDE MENTAL**

Midiã Kaddja Nunes de Souza

Maria Aridenise Macena Fontenelle

DOI 10.22533/at.ed.89221100322

SOBRE OS ORGANIZADORES	273
ÍNDICE REMISSIVO.....	274

DISEÑO DE UN FALDÓN ESTRUCTURAL CIRCULAR DE APOYO PARA UN SILO METÁLICO CON CAPACIDAD DE ALMACENAR 300 M³ DE CLINKER

Data de aceite: 01/03/2021

Luis Orlando Cotaquispe Zevallos
Pontificia Universidad Católica del Perú

RESUMEN: La industria de la construcción es un rubro económico importante en nuestra región y dentro de ella la producción del cemento resulta fundamental. El presente trabajo desarrolló el tema del almacenamiento del Clinker dentro del proceso productivo del cemento, esto dio como resultado el diseño de un Silo de 300 m³ de capacidad (ver tabla adjunta la data del proyecto). El silo metálico deberá cumplir con la función operativa de almacenamiento y su fabricación es según la norma DIN 1055. Compuesto por su cuerpo cilíndrico + cono, el Faldón estructural circular y las columnas de apoyo. Por lo extenso del proyecto solo se ha considerado para esta presentación el diseño del Faldón estructural circular, el cual conecta de manera segura el Silo con las columnas estructurales de apoyo (ver figura adjunta). Finalmente es importante señalar que se ha utilizado para el diseño del proyecto global la modelación por FEM como herramienta de verificación.

PALABRAS CLAVES: Diseño, estructuras, flexión, rigidez y pandeo

DESIGN OF A CIRCULAR STRUCTURAL
SUPPORT SKIRT FOR A METAL SILO
WITH THE CAPACITY TO STORE 300 M³
OF CLINKER

ABSTRACT: The construction industry is an

important economic item in our region and within it the production of cement is fundamental. The present work developed the issue of Clinker storage within the cement production process, this resulted in the design of a Silo of 300 m³ capacity (see the attached table the data of the project). The metal silo must comply with the operational function of storage and its manufacture is according to DIN 1055. Composed of its cylindrical body + cone, the circular structural skirt and the support columns. Due to the extensiveness of the project, only the design of the circular structural skirt has been considered for this presentation, which safely connects the Silo with the supporting structural columns (see attached figure). Finally, it is important to note that modeling by FEM has been used for the design of the global project as a verification tool.

KEYWORDS: Design, structures, bending, rigidity and buckling

1 | INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tuvo una lista de exigencias con algunos principios fijos como el transporte del equipo a la obra, se debería adecuar la forma constructiva a los equipos colaterales que tenía que soportar como faja transportadora, ventilador industrial, grupo de filtros, piso de inspección y un techo en la zona de alimentación. El análisis debería ser en base a la Norma DIN 1055 para Silos [1] en general y se exigió que finalmente se modelara con algún software calificado (ANSYS R19.1) [2] para comparar los resultados contra la norma

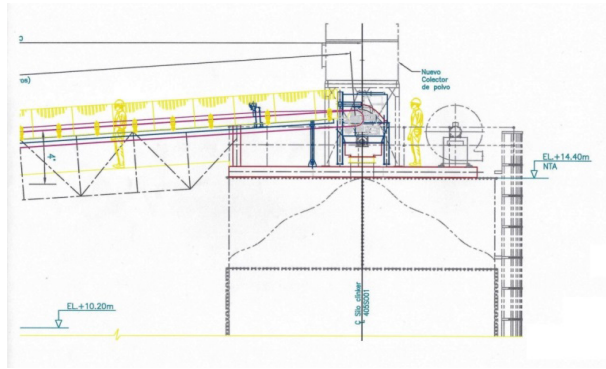


Figura 2. Elevación del silo metálico, equipos y apoyos en el techo.

Fuente: Elaboración propia

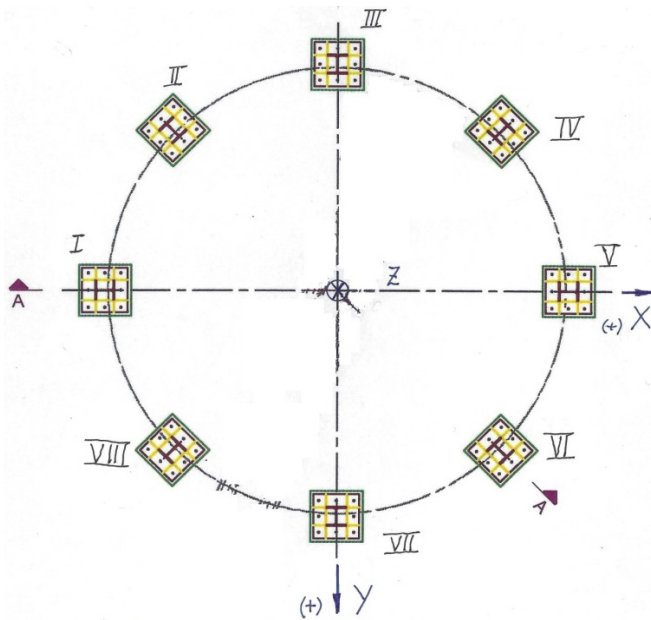


Figura 3. Vista de planta - bases para los apoyos del silo.

Fuente: Elaboración propia

Las dimensiones generales, la forma constructiva y la información del producto almacenado se presentan en la figura 4 y sus valores están señalados en la tabla 1

Silo ϕ 7 m	Volumen (m ³)	Diámetro (m)	L cilindro (m)	Angulo "θ" de cono (°)
Clinker	300	7.0	7.6	55

Tabla 1. Data utilizada para el diseño de los silos.

Fuente: Elaboración propia

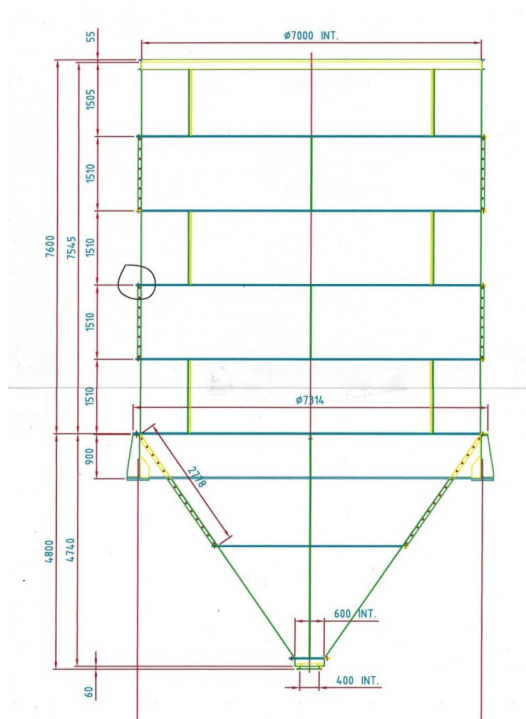


Figura 4. Dimensiones y formas constructivas del silo para Clinker.

Fuente: Elaboración propia

3 I DISEÑO DEL SILO SEGÚN NORMA DIN 1055

Para el diseño de los silos es importante conocer la tendencia de variables como la presión (p) en la zona de interés, la resistencia mecánica a la cizalla del material (f) y la tensión máxima de cizalla (s), para que no aparezcan la formación de bóvedas que impidan el flujo libre en la boca de descarga se debe cumplir que $s > f$; la tendencia de estas variables se presenta en la figura 5 en donde se observa la zona crítica en el cambio de geometría del silo. Finalmente las cargas generales del proyecto para calcular el silo, estructuras soportes y columnas de apoyo se presentan en la tabla 2

Silo metálico ϕ 7 m	Peso carga (Ton)	Peso silo (Ton)	Peso equipos + accesorios (Ton)	P_{TOTAL} (Ton)	P_{TOTAL} SISMICO (Ton)
Figura 6	480.0	35.0	35.0	550.0	630.0

Tabla 2. Data de cargas actuantes para el diseño final del silo y sus apoyos.

Fuente: Elaboración propia

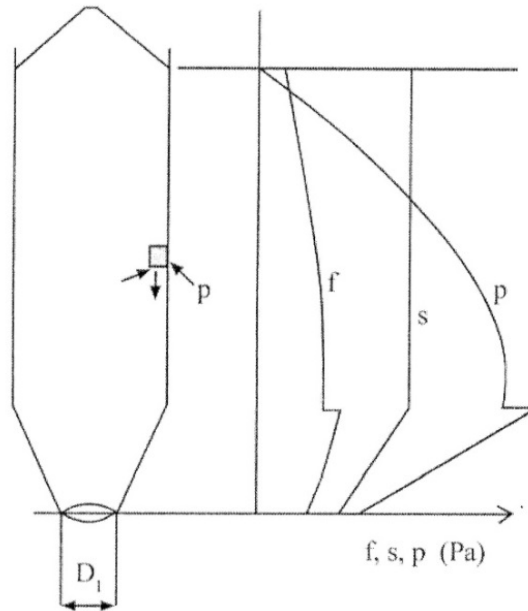


Figura 5. Distribución de la presión (p) [1]

4 | DISEÑO Y CÁLCULO DEL FALDÓN CIRCULAR DE APOYO DEL SILO METÁLICO

En las figuras 6 y 7 se muestran las formas constructivas generales del Silo y del Faldón o fuste circular, además en la sección B se muestra la geometría del alma del Faldón circular (ver figura 8). El sistema de cargas actuantes es combinado debido a que en su brida superior recibe a la brida del cono y a la brida inferior del anillo 5, es decir el peso completo del silo y equipos. Además, por su brida inferior se apoya a las columnas de manera principal, las columnas están unidas de forma secundaria al polígono rigidizador (ver figura 7)

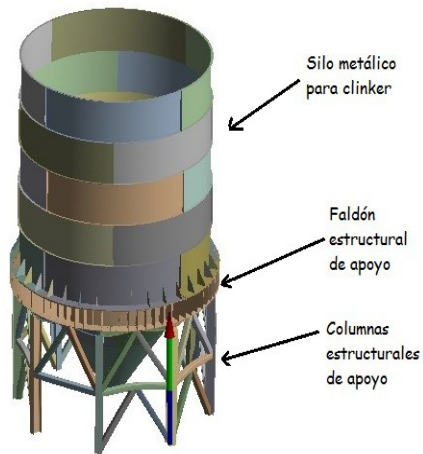


Figura 6. Diseño del Silo metálico desarmable.

Fuente: Elaboración propia

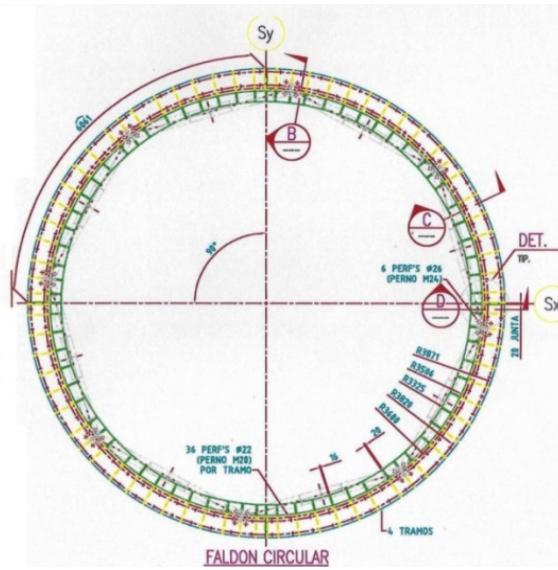


Figura 7. Vista de planta del Faldón (Fuste) circular.

Fuente: Elaboración propia

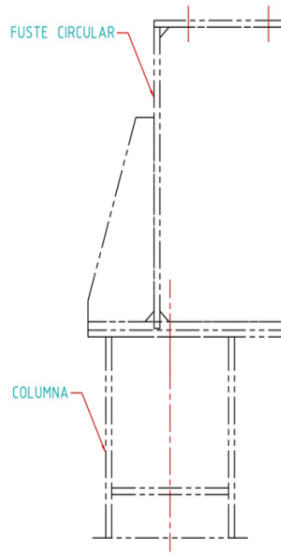


Figura 8. Alma o sección del Faldón (Fuste) circular.

Fuente: Elaboración propia

Las dimensiones del alma del faldón circular se muestran en la figura 9; es importante señalar que la carga total distribuida sobre el faldón circular de 7 metros de diámetro interior es de 550.3 ton. Para este análisis no se considera apoyado el silo al polígono rigidizador, para la modelación tampoco se consideró al silo apoyado al polígono. Además si se consideran las cartelas interiores y exteriores de refuerzo para la modelación.

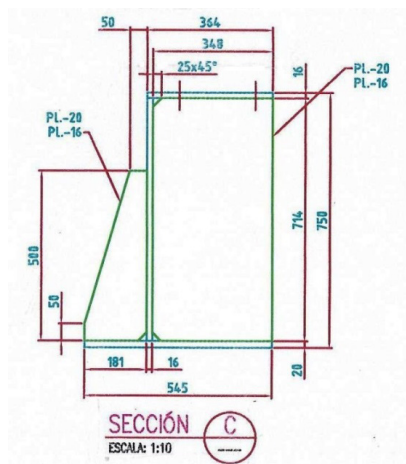


Figura 9. Sección dimensionada del Faldón circular.

Fuente: Elaboración propia

4.1 Cálculo de la sección resistente crítica para carga combinada

Para la valoración previa al análisis de esfuerzo - deformación; se tiene un sistema de cargas combinadas el cual será resuelto por la teoría de Von Mises (VM) [3] y cuyos resultados se presentan en tabla 3;

Faldón Circular	Zona crítica	τ_{cr} (kg/mm ²)	σ_f (kg/mm ²)	σ_e (kg/mm ²)	FS
Sección	central	6.52	3.99	11.98	2.09

Tabla 3.

Fuente: Elaboración propia

4.2 Cálculo de la sección crítica del Faldón o Fuste por rigidez

Para evaluar la deformación estructural del Faldón circular se analizará como un sistema de carga distribuida sin considerar las cartelas de refuerzo interior y exterior, para lo cual se aplicarán las expresiones presentada en la figura 10

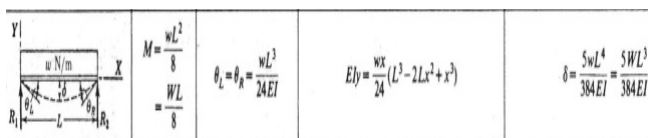


Figura 10. Análisis de la deformación crítica [4]

Finalmente, en la tabla 4 se presentan los resultados del análisis por rigidez para un modelo con todos sus elementos rigidizadores. Luego se compara con la recomendación de la ASTM [4] acerca del tema de la rigidez crítica para construcciones estructurales y cuyo valor de comparación es $R_{ASTM} = 0.001$

Faldón Circular	L (mm)	W (kg/mm)	δ (mm)	$R_T = \frac{\delta_T}{L}$	$R_T \leq R_{ASTM}$
Sección	2750	25.024	0.341	0.00012	< 0.001

Tabla 4.

Fuente: Elaboración propia

Es importante indicar que en la modelación trabajada como herramienta de comparación y que se muestra en el acápite 5, los resultados señalan que el faldón circular

tiene una alta rigidez, lo cual garantiza un adecuado funcionamiento.

4.3 Cálculo de las uniones con tornillos no pretensados

Es importante señalar que los detalles variados de las uniones atornilladas dependen definitivamente de la disposición constructiva que se adopte al momento de diseñar la unión, este diseño está basado en la norma internacional de cálculo VDI 2230 [5] recomendada para tornillos en estructuras metálicas. También es necesario señalar que, dependiendo de la sollicitación de la unión, se tendrá una unión articulada (transmite el 30% del cortante) o una unión rígida (transmite el 50% del momento resistente), en este caso se asumirá una carga de tracción y cortante en simultaneo debido a que los tornillos a compresión no se calculan. Apoyados además en las normas del AISC 6ta. Edición [6] aplicaremos la siguiente condición adicional (ver ecuación 1)

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1,0 \quad (1)$$

Siendo:

- $F_{v,Ed}$ y $F_{t,Ed}$, las cargas que solicitan al tornillo
- $F_{v,Rd}$ y $F_{t,Rd}$, las resistencias a cortante y tracción

Para el análisis realizado se considera un estudio y cálculo para una unión rígida a tracción y cortante (ver figura 11); donde $t_p = 16$ mm solo para las placas de amarre.

Aquí se observa que el esfuerzo cortante se reparte en todos los tornillos, ahora bien, el momento flector aplicado solicita una zona a compresión y otra a tracción, de aquí solo se evalúa los tornillos solicitados a tracción.

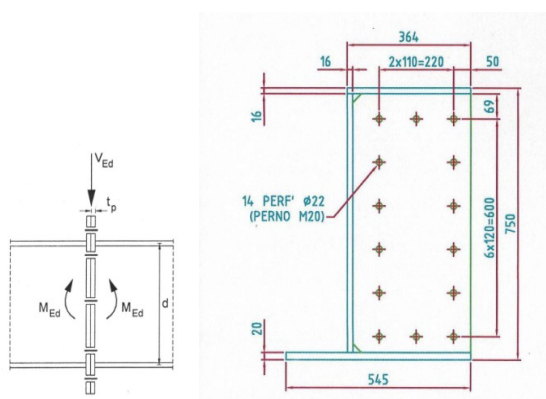


Figura 11. Prolongación rígida con chapa frontal atornillada del detalle D.

Fuente: Elaboración propia

Luego los tornillos críticos serán los que están trabajando en simultáneo al corte y la tracción (ver figuras 11 y 12). Lo mostrado en el detalle de estas figuras nos señala que se tiene que plantear para los elementos estructurales una unión atornillada soportando solo corte y para los elementos principales como la unión columna + viga, soportando tracción y corte como se indicara en el siguiente acápite 5.

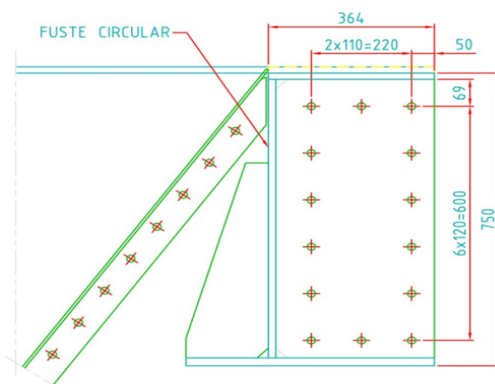


Figura 12. Detalle para las uniones a tope del Fuste o Faldón circular.

Fuente: Elaboración propia

La carga actuante por tracción debido al momento es $F_{t,Ed} = \frac{P_{UF}}{7}$; del dato del análisis de la carga del proyecto se tiene que para cada brida $P_{UF} = 1375.8$ KN, entonces $F_{t,Ed} = 196.54$ kN. Luego se estima un tornillo de M24; para material acero 8.8 para que absorba esta carga.

Para la carga por corte actuante es $F_{v,Ed} = \frac{P_{CF}}{14}$; luego $F_{v,Ed} = 98.3$ kN. Aquí bastaría con un M20 de material 8.8, pero no se considera así de directo por el tipo de carga actuante, entonces se recomienda un tornillo M20, con material de acero 8.8. Se debe hacer la comprobación adicional de la ecuación (1), con los datos obtenidos

$$\frac{98.3}{289.28} + \frac{196.54}{1.4 \cdot 203.328} \leq 1.0$$

$$0.32 + 0.64 \leq 1.0$$

$$0.96 \leq 1.0$$

Habiendo terminado todas las comprobaciones se pueden dibujar los detalles de todas las uniones con el criterio de uniformizar las uniones, acotando las distancias a bordes y distancia entre agujeros, diámetro del agujero y tipo de acero de los tornillos M20 ($\frac{3}{4}'' \phi - UNC$) - material acero 8.8 (A325), cuya longitud dependerá del espesor de las placas a unir y el espesor de la tuerca con calidad 8.

4.4 Cálculo de las uniones soldadas

Por la ubicación de la carga P distribuida respecto de los soportes se tendrá un estado de esfuerzos combinados sobre la unión para el presente caso y siguiendo la recomendación de AWS [6] se considerará la unión soldada como una línea. En la figura 13 se presentan las distancias del Faldón circular con la carga P distribuida a la zona de los cordones de soldadura. Luego el considerar la unión soldada como línea hace que su inercia se evalúe según la tabla 5 (ver caso 2). El tipo de cordón, la clase de esfuerzos actuantes y el caso de cargas se encuentran en la tabla 6; la data para esta zona según DIN 4100 [7] es:

- cartelas y planchas soldadas son de acero St. 37
- tipo de cargas actuantes es HZ considerando anillo independiente
- $M_f = 13.21 \text{ kN} \cdot \text{m}$
- $V = 68.79 \text{ kN}$

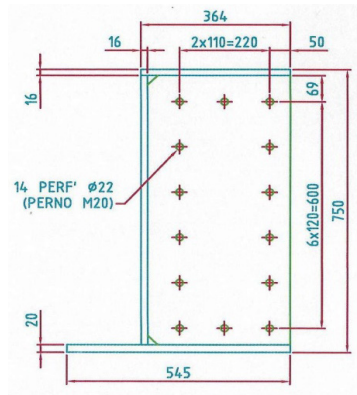


Figura 13. Detalle de la forma constructiva del faldón circular.

Fuente: Elaboración propia

Soldadura	Area de garganta	Localización de G	Momento de Inercia unitario
	$A = ad$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d / 2$	$I_u = \frac{d^3}{12}$
	$A = 2 ad$	$\bar{x} = b / 2$ $\bar{y} = d / 2$	$I_u = \frac{d^3}{6}$

Tabla 5. Propiedades a la flexión de costuras de filetes consideradas como línea [6]

Línea	Tipo de Cordón	Clase de esfuerzo	Clase de acero			
			St 37		St 52	
			Caso de carga H	Caso de carga HZ	Caso de carga H	Caso de carga HZ
1	Cordón a tope comprobado por rayos al 100%	Tracción axial y tracción con flexión.	160	160	240	240
2		Comprensión axial y comprensión con flexión	140	160	210	240
3		Cortadura	90	105	135	155
4	Cordón a tope no comprobado por rayos x	tracción, comprensión axial y con flexión	140	160	210	240
5		Cortadura	90	105	135	155
6		Tracción axial y tracción con flexión	110	130	170	190
7	Cordón a tope no comprobado por rayos	Comprensión axial y comprensión con flexión	140	160	210	240
8		Cortadura	90	105	135	155
9		Tracción, comprensión, deslizamiento	90	105	135	155
10	Cordón en ángulo en empalme de viga resistente a flexión	Esfuerzo principal	110	130	170	190
11		Cortadura	90	105	135	155

Tabla 6. Esfuerzos admisibles σ_{Adm} y τ_{Adm} (N/mm²) para uniones soldadas estructurales DIN 4100 [7]

Ahora se determinan los valores de cada esfuerzo actuante en función de los datos presentados, luego el cálculo según el estado de esfuerzos combinados por lo que será necesario evaluar dicho estado a través de su expresión de esfuerzo equivalente (2);

$$\sigma_{eq} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{fs} + \sqrt{\sigma_{fs}^2 + 4\tau_{cs}^2} \right\} \quad (2)$$

En el caso de la flexión [$M_f = 13.78 \text{ kN} \cdot \text{m}$]; se tendrá lo siguiente: $\sigma_{fs} = \frac{M_f \cdot e}{I}$

Donde $I = I_u \cdot a$

$$I_u = \frac{d^3}{6};$$

Para la geometría de la unión (fila 2, de tabla 5)

Reemplazando se tiene $\sigma_{fs} = \frac{92.53}{a}$

Valorando el cordón de soldadura se tiene lo siguiente:

- $a = 6 \text{ mm} \rightarrow \sigma_{fs} = 15.5 \text{ N/mm}^2$
- $a = 10 \text{ mm} \rightarrow \sigma_{fs} = 9.27 \text{ N/mm}^2$

En el caso del corte [$V = 68.79 \text{ kN}$]; se tendrá lo siguiente: $\tau_{cs} = \frac{V}{2 \cdot a \cdot L}$

Reemplazando se tiene $\tau_{cs} = \frac{48.18}{a}$

Valorando el cordón de soldadura se tiene lo siguiente:

$$a = 6 \text{ mm} \rightarrow \tau_{fs} = 8.03 \text{ N/mm}^2$$

Finalmente al reemplazar el esfuerzo equivalente para $a = 6 \text{ mm}$ será:

$$\sigma_{fs} = 37.82 \text{ N/mm}^2$$

Verificando si resiste, se compara con los valores de la tabla 6 para σ_{sAdm} ; (Ver línea 10)

Entonces se tiene; $\sigma_{eq} \leq \sigma_{s\text{Adm}}$

$$37.82 \frac{N}{mm^2} \leq 130 \frac{N}{mm^2}$$

4.5 Modelación por Elementos Finitos. FEM

Para el análisis del Silo mediante el FEM (ver figura 14) se ha considerado a todos los contactos entre los componentes del tipo **Bonded**, es decir, se considera como si la unión fuese continua entre los cuerpos. Esto ha servido para evaluar a las uniones atornilladas y soldadas del silo de forma “tipo campo completo”. Para ello, se simuló una carga de 630 Ton (dato de tabla 2) repartida en el cuerpo del silo según plano de funcionamiento. El software utilizado fue el ANSYS R19.1 [2].

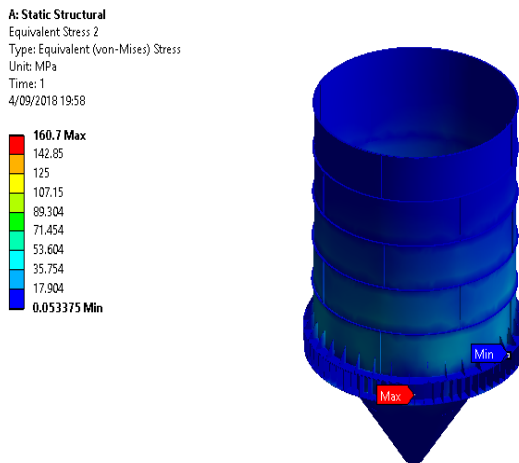


Figura 14. Estado de esfuerzos en la zona crítica del Silo metálico.

Fuente: Elaboración propia

La evaluación de esfuerzos señala la zona crítica en la plancha del primer nivel (anillo 5) como lo indicaba la norma DIN 1055 [1] en la figura 5. Debido a que se desea conocer las cargas en las bridas de las planchas que conforman los niveles del silo, se presentan los esfuerzos en este componente ver la figura 15.

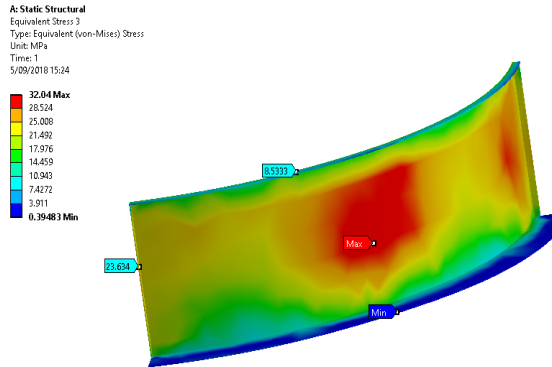


Figura 15. Estado de esfuerzos en la zona de unión del anillo 5 con el Faldón o Fuste.

Fuente: Elaboración propia

Además se analizó las reacciones interiores en la plancha del primer nivel (anillo 5); como se observa en la figura 16

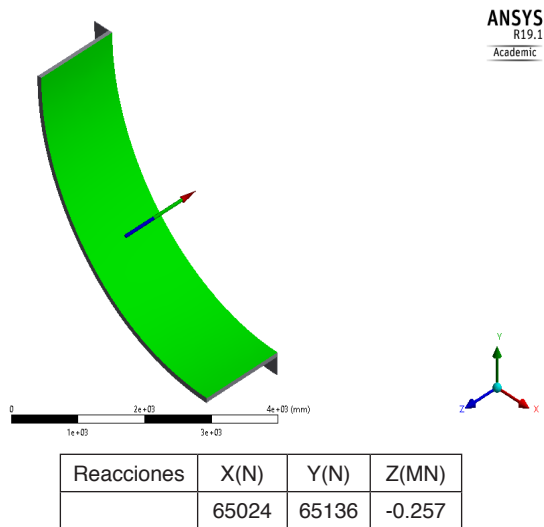


Figura 16. Determinar las reacciones interiores en el anillo 5 del Silo metálico.

Fuente: Elaboración propia

Los esfuerzos en la brida superior (que une el quinto con el cuarto anillo) son de **8.53 MPa** aproximadamente de igual forma, los esfuerzos en las bridas laterales son de **21.63 MPa** aproximadamente, luego en el borde inferior se registra un esfuerzo de **0.4 MPa**, que servirá para confirmar la resistencia del fuste. Finalmente se presentan las reacciones en la

columna crítica (ver figura 17), En este caso, se analiza la estructura completa (silo y base) y se encuentra que la normal es de **0.74 MN**, equivalente a **75.68 Ton** aproximadamente en la columna VIII.

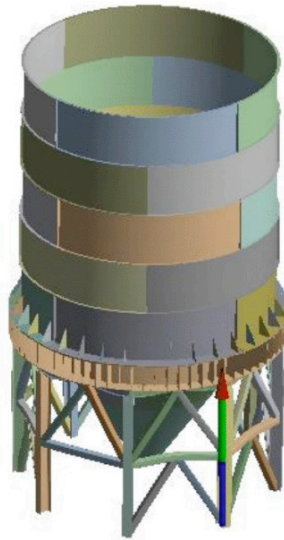
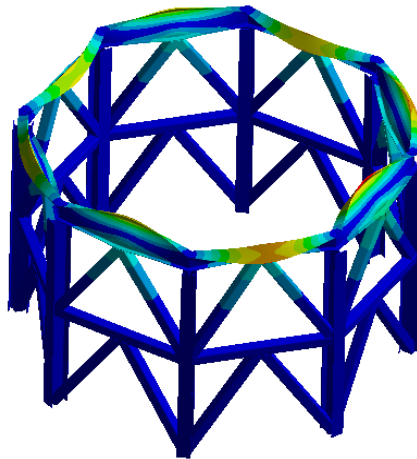


Figura 17. Determinar las reacciones y la reacción crítica en la columna de apoyo



Ubicación	Perfil
Columnas	W 14"x 61
Arriostres	□ 8"x8"
Octógono	W 14"x 38

Figura 18. Determinar el pandeo estructural de las columnas.

Fuente; Elaboración propia

5 I CONCLUSIONES

- Se ha analizado y evaluado de manera analítica el presente proyecto apoyado en la norma DIN 1055 para Silos; además se analizó el efecto de las formas constructivas, con la finalidad de contrastar los cálculos y detalles con la modelación por elementos finitos realizada en el acápite 4.5.
- Las diferencias de resultados en cargas van del 3% al 7%, lo cual confirma la confiabilidad entre el análisis y el trabajo experimental realizado de los especialistas en los diversos temas.
- Los resultados del programa identifica un máximo valor de esfuerzo en la zona del rigidizador interior del fuste o faldón (ver figura 14). El valor es de 160.7 MPa (Esfuerzo equivalente de von-Mises).
- La forma constructiva emperrada permite que sea desarmable, esto ha obligado realizar un análisis modal del ensamble Silo + Faldón + Estructura de apoyo, el cual se presenta en el acápite 4.5 con resultados confiables para la futura construcción.
- En la estructura inferior soporte si se han considerado como carga los elementos rigidizadores con perfil de tubo cuadrado (ver figura18); donde su ubicación es importante porque disminuye la longitud de pandeo de la columna (según DIN 4114) [8].

REFERENCIAS

- [1] J. Ravenet (2009). *SILOS. Teoría. Investigación. Construcción*. ISBN 10; 8471460882. España
- [2] Software *ANSYS R19.1* (2019) USA. Disponible en: <http://www.ansys.com>
- [3] Hibbeler, R. (1997). *Structural Analysis*, Editorial Prentice Hall, Inc. USA
- [4] McCormac, J. (1980). *Structural Steel Design*. Clemson University. USA
- [5] VDI2230 (1990). *Berechnung von Struktur schrauben*. Berlin
- [6] ANSI-AWS-D1.1. (2000). *Requeriments of Design welding*. USA
- [7] DIN 4100. (1990). *Übersetzungen von DIN-Normen*. Beuth Verlag. Berlin
- [8] DIN 4114. (1990). *Übersetzungen von DIN-Normen*. Beuth Verlag. Berlin

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alumina 97, 99, 100, 101, 102, 105, 106, 107

Ansys 3, 17, 18, 120, 132, 135, 176

Armazenagem de grãos 66, 67, 68, 69, 81, 82, 83

B

Barragens de rejeito 158, 159, 164, 169, 170

Biomateriais 97, 98, 99, 106, 107

C

Concreto 1, 2, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 26, 27, 31, 32, 33, 35, 39, 66, 69, 71, 75, 76, 80, 81, 82, 121, 170

Concreto armado 1, 2, 17, 18, 19, 33, 71, 76, 82

D

Descarte de lodo 136, 137, 139

Diseño 120, 121, 123, 124, 125, 128

E

Energia nuclear 58, 61

Ensaio de flexão de três pontos 1, 9, 16

Estabilidade 2, 99, 100, 136, 137, 147, 148, 149, 151, 153, 154, 156, 158, 159, 163, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 192

Estructuras 82, 120, 123, 128

Etanol 84, 85, 87, 89, 94, 95, 212, 222, 226, 231

Extensômetro 171

F

Falhas térmicas 84, 85, 86, 87, 93

Fibra de coco babaçu 35

Flexión 120, 130, 131

Forjamento 172, 174, 178

Frequência de descarga 136, 142

G

Gases de falha 85

M

Metanol 84, 85, 87, 89, 94, 95, 224

Método numérico 2, 18

Microalgas 147, 148, 149, 156

Microfundido 172, 175, 178

O

Óleo isolante 84, 85, 86, 87, 92, 147

P

Pandeo 120, 134, 135

Papel kraft isolante 84, 85, 87, 198

Pó de ostra 40, 42, 44, 45, 46, 47, 49

Polipropileno 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 52, 54, 55, 56, 57, 209, 211, 217, 218, 219

Popularização da ciência 58

Preservação ambiental 40, 42

Propriedades mecânicas 26, 35, 39, 97, 101, 102, 202, 203, 204, 211

Prótese craniomaxilofacial 97

R

Reforço 35, 40, 45, 48, 56, 209, 210, 212, 219

Resistencia à compressão 35

Rigidez 45, 120, 127, 128, 153, 209, 223

Rod end 171, 172, 173, 174, 175, 178

S

Silo horizontal 66, 71, 72, 75, 76

Simulação numérica 1, 18, 19, 23, 31, 32, 33, 171, 176

Sismicidade 158, 159, 162, 167, 170

Sólidos sedimentáveis 136, 138, 139, 141, 145

T

Teatro científico 58, 59

Trabalhabilidade 35

V

Viga cilíndrica 18, 19, 20, 22, 27

Z

Zircônia 97, 100, 101, 102, 105, 107

ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

4

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

4

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 