

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO 2



CARLOS EDUARDO SANCHES DE ANDRADE
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO 2



CARLOS EDUARDO SANCHES DE ANDRADE
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

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.

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 Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

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
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª 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
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª 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

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Carlos Eduardo Sanches de Andrade

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia de produção 2 / Organizador Carlos Eduardo Sanches de Andrade. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-570-6

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.706211910>

1. Engenharia de produção. I. Andrade, Carlos Eduardo Sanches de (Organizador). II. Título.

CDD 670

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.

APRESENTAÇÃO

A obra “Desafios da Engenharia: Engenharia de Produção 2” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 18 capítulos, estudos sobre diversos aspectos que mostram como a Engenharia de Produção pode atender as novas demandas de um mundo globalizado e competitivo.

A evolução da sociedade e da tecnologia no mundo atual impõe novos desafios, tornando urgente a busca de soluções adequadas a esse novo ambiente. O desenvolvimento econômico das cidades e a qualidade de vida das pessoas dependem da eficiência e eficácia dos processos produtivos, objeto dos estudos realizados na Engenharia de Produção.

No contexto brasileiro, num período pós pandemia, a crise econômica se agrava e é necessário procurar novos caminhos para alavancar o crescimento econômico. Assim a Engenharia de Produção pode ser um elemento importante para enfrentar esses novos desafios.

Os trabalhos compilados nessa obra abrangem diferentes perspectivas da Engenharia de Produção.

A gestão de processos e a gestão financeira são abordadas. Diversos outros temas, em português, espanhol e inglês são também abordados, como os impactos ambientais e epidemiológicos do processo produtivo.

Agradecemos aos autores dos diversos capítulos apresentados e esperamos que essa compilação seja proveitosa para os leitores.


Carlos Eduardo Sanches de Andrade

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

APLICAÇÃO DE UM MODELO DE GESTÃO FINANCEIRA EM UMA ORGANIZAÇÃO DO TERCEIRO SETOR


Antonielli Silva Alencar
Stella Jacyszyn Bachega
Dalton Matsuo Tavares

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119101>

CAPÍTULO 2..... 13

GESTÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO: UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA AMBEV-CERVEJARIA ÁGUAS CLARAS


Everton Oliveira Santos
Antônio Vieira Matos Neto
Laís Gomes Barbosa da Silva
Marcos Antonio Passos Chagas
Bento Francisco dos Santos Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119102>

CAPÍTULO 3..... 27

ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E EPIDEMIOLÓGICOS A PARTIR DO DESCARTE INADEQUADO DE PNEUS EM ÁREAS NÃO CONTROLADAS


Denise Dantas Muniz
Renata Dantas Muniz de Queiroz
Emerson Nóbrega de Medeiros
Letícia Dantas Muniz Alves
Paulo Roberto Ribeiro Marques
Eduardo Braga Costa Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119103>

CAPÍTULO 4..... 39

ANÁLISE DAS ABORDAGENS DAS EMISSÕES DE CO₂ NO SERVIÇO DE TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS POR METRÔS


Carlos Eduardo Sanches de Andrade







 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119104>




CAPÍTULO 5..... 53

ANÁLISIS DE LAS PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES EN UN CONCENTRADOR SOLAR PTC USANDO ACEITE TÉRMICO SYL THERM 800 COMO FLUIDO DE TRABAJO

Ernesto Enciso Contreras
Jesús de la Cruz Alejo
Juan Gabriel Barbosa Saldaña
María Belem Arce Vázquez
Irving Cardel Alcocer Guillermo
Sergio Maldonado Mercado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119105>

CAPÍTULO 6	63
ASSIGNMENT MODEL FOR THE PERUVIAN FILM INDUSTRY	
Mario Edison Ninaquispe Soto	
Gianni Michael Zelada García	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119106	
CAPÍTULO 7	71
DEVELOPMENT OF THE TOOL “APERMET” FOR COMPLEMENTING THE ANALYSIS OF STEEL STRUCTURES IN TEACHING	
Jesús Montero Martínez	
Santiago Laserna Arcas	
Jorge Cervera Gascó	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119107	
CAPÍTULO 8	86
DISPENSO DE RAÇÃO EM PÓ DE PEIXES POR PROTÓTIPO DE ALIMENTADOR AUTOMÁTICO	
Rafael Itamar da Silva	
Harthur Guzzi Madalosso	
Carlos Eduardo Zacarkim	
Luciano Caetano de Oliveira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119108	
CAPÍTULO 9	96
ESCOAMENTO DE RAÇÃO POR UM DOSADOR AUTOMÁTICO UTILIZANDO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS (CEP)	
Rafael Itamar da Silva	
Dircelei Sponchiado	
Maurício Guy de Andrade	
Luciano Caetano de Oliveira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119109	
CAPÍTULO 10	107
MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO EN UNA PyME CON HERRAMIENTAS DE TEORÍA DE RESTRICCIONES	
Jorge Tomás Gutiérrez Villegas	
María Leticia Silva Ríos	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191010	
CAPÍTULO 11	117
METODOLOGÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA MATRIZ DE INSUMO-PRODUCTO DE MÉXICO 2014. (MIPM_2014)	
Santiago Marquina Benítez	
Octaviano Juárez Romero	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191011	

CAPÍTULO 12.....	138
OS IMPACTOS DA IMPRESSÃO 3D NA FABRICAÇÃO DE MOLDES PARA INJEÇÃO DE TERMOPLÁSTICOS	
Marco Aurélio Feriotti	
Davi de Medeiros Marcelino	
José Martino Neto	
Jorge Luiz Rosa	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191012	
CAPÍTULO 13.....	152
PROPOSAL FOR A REPLACEABLE HIGH PRECISION SERUM PERFUSION SYSTEM	
Eliel Eduardo Montijo-Valenzuela	
Elvis Osiel Covarrubias-Burgos	
Darío Soto-Patrón	
Esthela Fernanda Torres-Amavizca	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191013	
CAPÍTULO 14.....	162
UMA PROPOSTA DE MAPEAMENTO DE ESTOQUES: OS DESAFIOS DA GESTÃO DE ESTOQUES EM UMA LOJA DE MATERIAL DE CONSTRUÇÃO	
Tainnah Penha Lopes	
Luciano Saad Peixoto	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191014	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	178
ÍNDICE REMISSIVO.....	179

ANÁLISIS DE LAS PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES EN UN CONCENTRADOR SOLAR PTC USANDO ACEITE TÉRMICO SYLTHERM 800 COMO FLUIDO DE TRABAJO

Data de aceite: 01/10/2021

Ecatepec, División de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica e Industrial, Ecatepec de Morelos, Estado de México, México.

Ernesto Enciso Contreras

Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, División de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica e Industrial, Ecatepec de Morelos, Estado de México, México.
ORCID: 0000-0003-4388-331X

Jesús de la Cruz Alejo

Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, División de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica e Industrial, Ecatepec de Morelos, Estado de México, México.
ORCID: 0000-0001-5072-3985

Juan Gabriel Barbosa Saldaña

Instituto Politécnico Nacional, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, ESIME Zacatenco, Alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México, México.
ORCID: 0000-0001-8590-8082

María Belem Arce Vázquez

Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, División de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica e Industrial, Ecatepec de Morelos, Estado de México, México.

Irving Cardel Alcocer Guillermo

Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, División de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica e Industrial, Ecatepec de Morelos, Estado de México, México.
ORCID: 0000-0002-3008-8072

Sergio Maldonado Mercado

Tecnológico de Estudios Superiores de

RESUMEN: En el presente trabajo se realiza el análisis térmico de las pérdidas de energía hacia el medio ambiente en el tubo absorbedor de un concentrador solar de canal parabólico, utilizando aceite térmico Syltherm 800 como fluido de trabajo el cual pretende alcanzar una temperatura de 200 °C. Los datos ambientales y los datos de irradiancia solar, corresponden a la zona del Valle de México, en el Estado de México. Los datos de irradiancia solar son promedios mensuales para los doce meses a lo largo de un año. El dato más importante para realizar el análisis térmico es el flujo másico del fluido de trabajo, el cual se considera constante a lo largo del tubo absorbedor. El flujo másico es de gran importancia ya que con este parámetro se determinan las temperaturas superficiales del tubo absorbedor y tubo transparente, de igual manera se determina el coeficiente de transferencia de calor del fluido de trabajo, para obtener el valor de pérdidas de flujo de calor de la zona focal, por último, se analiza el efecto que provocan las pérdidas de energía en la eficiencia térmica del concentrador solar.

PALABRAS CLAVE: Flujo de calor perdido, concentrador de canal parabólico, energía solar.

OVERALL THERMAL LOSSES ANALYSIS FOR A PTC SOLAR COLLECTOR USING SYLTHETIC OIL SYLATHERM 800 AS HEAT TRANSFER FLUID

ABSTRACT: The present work is focused on the analysis of the overall thermal losses in the absorber tube for a parabolic trough solar collector, using Syltherm 800 thermal oil as heat transfer fluid for pretending to reach a temperature of 200 °C. The environmental data and the solar irradiance values corresponds to the Mexico Valley zone in Mexico State. The solar irradiance are monthly average values for every month along the year. The most important parameter to carry on the thermal analysis is the mass flow, which is considered as constant along the entire absorber tube. The mass flow is important because is directly involved in the computation of the absorber tube surface temperatures, the coating tube surface temperatures and the heat transfer fluid coefficient to get the thermal losses for the PTC collector focal zone, finally, the thermal losses effect on the thermal efficiency is analyzed.

KEYWORDS: Thermal losses, parabolic trough collector, solar energy.

1 | INTRODUCCIÓN

La sobreexplotación de las fuentes convencionales de energía es un problema que sigue acrecentándose con el paso del tiempo, el cual afecta al mundo entero en distintos aspectos, como resultado de esta actividad, los precios de los combustibles fósiles se incrementan día con día lo que ocasiona su escasez en algunos lugares donde deben comprarlo a otros países. También, el uso de combustibles fósiles es la fuente principal de contaminación atmosférica causando disminución en la calidad del aire, afectando la salud humana y en general a toda la fauna terrestre. Otro problema a la cual se enfrenta la humanidad gracias a la quema de combustibles fósiles es el calentamiento global, su efecto está causando el aumento en la temperatura global del planeta y como consecuencia, el aumento de desastres naturales y el desequilibrio de ecosistemas a lo largo del mundo.

El uso de energías alternativas provocaría la disminución del uso de combustibles fósiles, ya que muchas necesidades energéticas de la humanidad pueden cubrirse en su totalidad con el uso de energías limpias, dentro de las energías renovables, la energía solar se presenta como una de las más útiles y eficientes para ser utilizada como fuente de energía, con distintos fines como son: calor de proceso en industrias, calentamiento de agua para uso doméstico y generación eléctrica a pequeña y gran escala. Cuenta con la ventaja de ser virtualmente inagotable, ya que la cantidad que llega al planeta es suficiente para satisfacer la demanda mundial, también cuenta con la desventaja de ser intermitente, sin embargo, se han desarrollado sistemas de almacenamiento para hacer uso de la energía captada por más tiempo del que dura su incidencia sobre la superficie del planeta.

Dentro de las tecnologías de dispositivos para aprovechamiento de la energía solar, los concentradores solares de canal parabólico son la tecnología termosolar más desarrollada y madura para llegar a temperaturas entre 60 y 400 °C, cuya energía puede ser aprovechada para calor de proceso en industrias, hospitales y hoteles o para generación de

energía eléctrica. Este tipo de concentradores pueden clasificarse de acuerdo al fluido de trabajo que se maneje en el tubo absorbedor, ya que pueden operar sin cambio de fase, es decir, el fluido de trabajo se mantiene en estado líquido o llevar a cabo la generación directa de vapor (Eck et al, 2003).

Se han desarrollado diversos proyectos relacionados a el uso de concentradores solares de canal parabólico, se enfocan en diversos aspectos como son el análisis del cambio de fase en el tubo absorbedor (Odeh, et al, 1998), el uso de distintos fluidos de trabajo, así como la inclusión de partículas en el fluido con el fin de incrementar el coeficiente global de transferencia de calor (Bellos et al, 2017) e incluso modificando el área transversal, la geometría y el espesor del tubo absorbedor, con el fin de obtener un rendimiento mayor y mejor aprovechamiento de la energía solar (Xiangtao, 2017).

En éste trabajo se desarrolla el análisis de pérdidas térmicas que se presentan en la línea focal de un concentrador solar de canal parabólico, considerando los datos ambientales y el recurso solar existente en el Valle de México, en el Estado de México.

2 | ANÁLISIS TÉRMICO

Para poder realizar el análisis térmico de un concentrador solar de canal parabólico, se parte de la geometría del mismo, ya que los parámetros geométricos están involucrados en todos los mecanismos de transferencia de calor presentes durante la transferencia de energía radiativa del Sol, hacia el fluido de trabajo.

El uso de aceites térmicos como fluido de trabajo posee algunas ventajas y actualmente son los más utilizados para transferir energía térmica, entre sus características térmicas más importantes está su baja capacidad calorífica, esto produce que el fluido necesite menor cantidad de energía para aumentar la temperatura del mismo, también presenta ventajas como: temperatura de ebullición alta, puesto que la temperatura utilizada por plantas solares para producir energía eléctrica, es de alrededor de 400 °C, tiene baja temperatura de congelación, estabilidad térmica, baja viscosidad, lo que ayuda en las pérdidas por fricción entre el fluido y el tubo, bajo costo y disponibilidad (Kalogirou, 2009).

La figura 1, muestra los mecanismos de transferencia de calor presentes en el tubo absorbedor de un concentrador de canal parabólico, considerando que se parte de la temperatura externa del tubo absorbedor, donde regularmente se coloca una superficie selectiva, es decir, un recubrimiento que tiene alto valor de absorción y bajo valor de emitancia. La temperatura del tubo absorbedor provoca la pérdida de energía más grande, a través del mecanismo de radiación térmica, posteriormente pasa a través del espacio entre los tubos, atraviesa el tubo transparente y finalmente hacia el aire del medio ambiente por convección y radiación.

Las características geométricas del concentrador solar parten del diámetro externo del tubo absorbedor y las temperaturas del fluido de trabajo, es decir, la temperatura a

la que ingresa al concentrador y la temperatura a la que se desea que se llegue, para el trabajo actual será de T_{re} y tomando la temperatura ambiente como la temperatura inicial del fluido de trabajo, cuyo valor promedio para el Valle de México es de $16.29\text{ }^{\circ}\text{C}$.

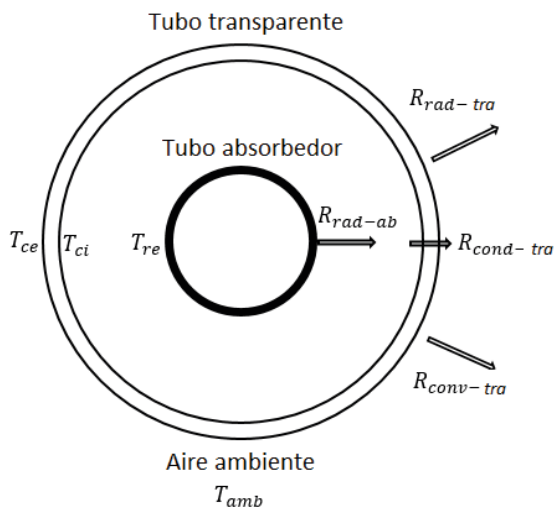


Figura 1. Mecanismos de transferencia de calor de las pérdidas en el tubo absorbedor de un concentrador solar de canal parabólico.

De igual manera, los materiales de construcción determinarán la cantidad de energía que puede ser aprovechada por el concentrador, así como minimizar las pérdidas hacia el ambiente del mismo, la tabla 1 muestra los materiales de construcción y los datos ambientales considerados para el análisis térmico.

Material del tubo absorbedor	Cobre
Material del tubo transparente	Borosilicato
Superficie reflectiva	Aluminio anodizado
Superficie selectiva	Cromo negro
Ángulo de incidencia de la irradiación solar ($^{\circ}$)	17.47
Velocidad del aire del medio ambiente (m/s)	1.5

Tabla 1. Materiales de construcción del concentrador solar de canal parabólico.

Para realizar los cálculos principales, es necesario contar con los valores promedio de irradiancia solar (W/m^2) mensual, con esto se logra el cálculo de los parámetros del concentrador solar a lo largo del año, es decir, se obtendrán doce valores para cada variable calculada. Lo anterior se debe a que la irradiancia tiene valores que varían a lo largo del año, éste análisis permite conocer los valores máximos y mínimos, de acuerdo

a la aplicación a la que esté destinado el concentrador solar. La tabla 2 muestra los datos promedio mensuales de irradiación solar para la zona del Valle de México, en el Estado de México.

Mes	Irradiancia solar promedio (W/m^2)
Enero	474.01
Febrero	530.24
Marzo	543.79
Abril	548.45
Mayo	502.65
Junio	507.17
Julio	436.16
Agosto	460.04
Septiembre	406.76
Octubre	467.58
Noviembre	497.40
Diciembre	442.47

Tabla 2. Datos de irradiancia solar promedio mensual para el Valle de México en el Estado de México (<http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/est.aspx?est=860128>).

Una vez conociendo todos los datos necesarios del concentrador solar de canal parabólico, se procede a realizar los cálculos de flujo y térmicos, para conocer el comportamiento de los flujos de calor que se tienen a través de cada uno de los materiales y medios donde se transfieren. Las pérdidas de energía hacia el medio ambiente, dependen de la temperatura externa del tubo absorbedor, conservándose el flujo de calor a través de los medios por los que pasa, esto se puede observar en las siguientes ecuaciones que muestran el flujo de calor desde el tubo absorbedor hacia el medio ambiente (Duffie, 2013).

$$Q_1 = \frac{\pi D_{re} L \sigma (T_{re}^4 - T_{ci}^4)}{\frac{1}{\epsilon_r} + \frac{1 - \epsilon_c}{\epsilon_c} \left(\frac{D_{re}}{D_{ci}} \right)}$$

$$Q_1 = \frac{2\pi k_c L (T_{ci} - T_{co})}{\ln \left(\frac{D_{co}}{D_{ci}} \right)}$$

$$Q_1 = \pi D_{co} L h_a (T_{co} - T_a) + \epsilon_c \pi D_{co} L \sigma (T_{co}^4 - T_a^4)$$

Dónde cada una de las variables mostradas en las ecuaciones anteriores se describen a continuación. Q_1 representa el flujo de calor total perdido por el concentrador (W), D_{re} , D_{co} y D_{ci} representan los diámetros, externo del tubo absorbedor, externo del tubo transparente e interno del tubo transparente, respectivamente (m), L es la longitud total del

concentrador (m), T_{re} , T_{co} , T_{ci} y T_a representan las temperaturas, externa del tubo absorbedor, externa del tubo transparente, interna del tubo transparente y ambiente, respectivamente ($^{\circ}C$), ϵ_r es la emisividad del tubo absorbedor, ϵ_c es la emisividad del tubo transparente, σ es la constante de Stephan-Boltzmann (W/m^2K^2), k_c representa la conductividad térmica del tubo transparente (W/mK) y por último h_a es el coeficiente convectivo de transferencia de calor del aire del medio ambiente con respecto al tubo transparente (W/m^2K).

La ecuación 1, representa el flujo de calor que se tiene desde la superficie del tubo absorbedor y hasta la superficie interna del tubo transparente, para este trabajo se considera que el espacio entre ambos tubos se encuentra evacuado, ya que, de no ser así, se debe considerar la transferencia de calor por convección del fluido presente entre ambos tubos, de esta manera, el mecanismo de transferencia de calor que se tiene es por radiación, el cual se rige por la ley de Stephan-Boltzmann. La ecuación dos representa el flujo de calor que atraviesa el tubo transparente, utilizando la ley de Fourier se obtiene el flujo de calor por conducción a través de un cuerpo cilíndrico. Por último, la ecuación 3 representa el flujo de calor desde la superficie del tubo transparente hacia los alrededores, es decir, se tienen dos mecanismos de transferencia de calor, el flujo de calor por radiación debido a la emisividad y la temperatura del tubo transparente y el flujo de calor por convección, desde la superficie del tubo transparente hacia el aire del medio ambiente, utilizando la ley de enfriamiento de Newton. El valor del flujo de calor se conserva a través de todos los medios por los que circula hasta el medio ambiente, por tal motivo el valor del flujo de calor perdido será igual para las tres ecuaciones.

3 | RESULTADOS

Utilizando los modelos matemáticos antes mencionados y empleando procesos iterativos para determinar cada una de las variables involucradas en el análisis térmico de las pérdidas de calor hacia el ambiente del concentrador solar, se obtienen los resultados que se muestran en las tablas 3 a 7.

Diámetro nominal del tubo absorbedor (pulgadas)	1	2	3	4
Apertura de la parábola (pulgadas) (m)	3.1175	5.8885	8.6596	11.4307
Longitud focal (m)	0.7794	1.4721	2.1649	2.8577
Longitud total del concentrador solar (m)	7.9989	14.9886	21.9919	28.9953
Diámetro interno del tubo transparente (m)	0.0700	0.0950	0.1250	0.1510
Espesor del tubo transparente (m)	0.0050	0.0050	0.0050	0.0070

Tabla 3. Parámetros geométricos del concentrador solar.

La tabla 3 muestra los parámetros geométricos considerados para cada una de las configuraciones que se pretenden analizar. Para la obtención de los datos geométricos se considera un ángulo de borde de la parábola de , esta consideración se debe a que con ese valor se obtiene la máxima relación de concentración para esta clase de dispositivos (Kalogirou, 2009). El parámetro más importante en el diseño del concentrador es el diámetro externo del tubo absorbedor, ya que de él depende la apertura mínima recomendada y por ende la longitud total del concentrador, también se consideran los errores por la reflectancia especular de la parábola, la variación en el ángulo de intercepción solar y por los defectos del colector solar (Harris y Duff, 1981). Utilizando los datos mínimos recomendados para el diseño de cada configuración, se garantiza que el fluido de trabajo llegará a la temperatura que se desea, con una variación principal del flujo de calor útil para cada uno de los tamaños considerados. Las siguientes tablas muestran los datos térmicos para las pérdidas de calor de cada diseño considerado.

Mes	Flujo másico (kg/s)	Temperatura externa del tubo absorbedor ($^{\circ}C$)	Temperatura interna del tubo transparente ($^{\circ}C$)	Flujo de calor perdido (W)	Eficiencia (%)
Enero	0.0230	333.9447	27.6035	568.3663	62.5933
Febrero	0.0259	339.0412	27.6035	588.9362	63.0416
Marzo	0.0266	340.1937	28.7009	593.1253	63.1386
Abril	0.0268	340.5180	28.7009	594.4590	63.0746
Mayo	0.0245	336.6492	27.6035	579.2178	62.8933
Junio	0.0247	336.9984	27.6035	580.6293	62.8437
Julio	0.0210	330.0762	27.6035	553.0951	62.0841
Agosto	0.0223	332.6271	27.6035	563.1320	62.5227
Septiembre	0.0195	326.9453	26.5065	541.4769	61.7936
Octubre	0.0226	333.1963	27.6035	565.3892	62.3457
Noviembre	0.0242	336.1206	27.6035	577.0853	62.7757
Diciembre	0.0214	330.8762	27.6035	556.2292	62.3700

Tabla 4. Parámetros térmicos del análisis de pérdidas hacia el ambiente para el tubo de 1 pulgada.

Mes	Flujo másico (kg/s)	Temperatura externa del tubo absorbedor ($^{\circ}C$)	Temperatura interna del tubo transparente ($^{\circ}C$)	Flujo de calor perdido (W)	Eficiencia (%)
Enero	0.0773	370.0654	40.5440	2540.0	59.6175
Febrero	0.0874	375.9220	41.6338	2637.3	60.2678
Marzo	0.0899	377.2789	42.7238	2658.5	60.4490
Abril	0.0907	377.7061	42.7238	2665.9	60.4693
Mayo	0.0824	373.1021	41.6338	2589.1	59.9346
Junio	0.0833	373.6206	41.6338	2597.9	60.0501

Julio	0.0705	365.7281	40.5440	2468.1	59.0841
Agosto	0.0748	368.5116	40.5440	2514.1	59.4386
Septiembre	0.0653	362.1535	39.4545	2412.0	58.6750
Octubre	0.0761	369.3252	40.5440	2527.6	59.4979
Noviembre	0.0815	372.5785	41.6338	2580.2	59.9049
Diciembre	0.0717	366.5197	40.5440	2481.1	59.2342

Tabla 5. Parámetros térmicos del análisis de pérdidas hacia el ambiente para el tubo de 2 pulgadas.

Mes	Flujo másico (kg/s)	Temperatura externa del tubo absorbedor (°C)	Temperatura interna del tubo transparente (°C)	Flujo de calor perdido (W)	Eficiencia (%)
Enero	0.1600	392.3064	55.2421	6255.7	57.2285
Febrero	0.1814	398.6694	56.3194	6508.6	58.0065
Marzo	0.1866	400.1148	57.3970	6563.0	58.1834
Abril	0.1884	400.6068	57.3970	6583.4	58.2458
Mayo	0.1709	395.6356	56.3194	6384.6	57.6466
Junio	0.1727	396.1672	56.3194	6406.2	57.7349
Julio	0.1457	387.6206	54.1650	6075.5	56.6327
Agosto	0.1547	390.6145	54.1650	6193.5	57.0119
Septiembre	0.1346	383.6944	53.0882	5928.3	56.0965
Octubre	0.1576	391.5465	55.2421	6225.4	57.1447
Noviembre	0.1689	395.0390	56.3194	6360.4	57.5729
Diciembre	0.1481	388.4346	54.1650	6107.4	56.7452

Tabla 6. Parámetros térmicos del análisis de pérdidas hacia el ambiente para el tubo de 3 pulgadas.

Mes	Flujo másico (kg/s)	Temperatura externa del tubo absorbedor (°C)	Temperatura interna del tubo transparente (°C)	Flujo de calor perdido (W)	Eficiencia (%)
Enero	0.2702	406.3395	65.1161	11800	55.5456
Febrero	0.3070	413.0291	67.3312	12282	56.4205
Marzo	0.3158	414.5226	67.3312	12397	56.5922
Abril	0.3189	415.0398	68.4394	12426	56.6623
Mayo	0.2889	409.8336	66.2234	12051	56.0073
Junio	0.2918	410.3574	66.2234	12090	56.0655
Julio	0.2457	401.4216	64.0091	11450	54.8903
Agosto	0.2612	404.5807	65.1161	11670	55.3253
Septiembre	0.2267	397.2988	62.9026	11164	54.3043
Octubre	0.2660	405.5253	65.1161	11740	55.4339
Noviembre	0.2855	409.2136	66.2234	12004	55.9321
Diciembre	0.2497	402.2534	64.0091	11510	54.9887

Tabla 7. Parámetros térmicos del análisis de pérdidas hacia el ambiente para el tubo de 4 pulgadas.

Las tablas 4, 5, 6 y 7 representan las variables principales involucradas en el cálculo de las pérdidas totales de calor de la línea focal de la parábola del concentrador, teniendo los parámetros geométricos para cada diseño, en función del tubo absorbedor. La variable principal y más importante para alcanzar la temperatura deseada (200 °C) es el flujo másico (kg/s) del aceite térmico, el cual tendrá variaciones para cada uno de los diámetros de tubo absorbedor considerados y de igual manera, tendrá variaciones en función de cada valor promedio de irradiancia solar para cada mes del año, el flujo másico representa el tiempo de residencia del fluido de trabajo necesario para llegar a la condición de temperatura deseada.

El tubo transparente considerado, concéntrico al tubo absorbedor cumple con la función de minimizar las pérdidas de energía hacia el ambiente por convección, ya que, de no considerarse, las pérdidas de calor aumentarían si se considera el tubo absorbedor por sí solo, de igual manera el efecto de vacío que se considera en el espacio entre ambos tubos, disminuye las pérdidas de energía al anular el efecto convectivo y conductivo del fluido contenido entre ambos tubos.

El parámetro que provoca la mayor cantidad de pérdidas de energía hacia el medio ambiente es el efecto radiativo debido a la temperatura superficial del tubo absorbedor, por lo tanto, entre mayor sea la temperatura que alcanza el tubo absorbedor, mayor será la pérdida hacia el medio ambiente, lo cual repercute de manera directa en la eficiencia térmica del concentrador solar, como puede observarse en las tablas anteriores. La eficiencia térmica disminuye conforme aumenta el tamaño del tubo absorbedor y del concentrador, esto se debe al aumento de temperatura en la superficie externa del tubo absorbedor, teniendo temperaturas promedio para cada configuración de 334.7656 (°C), 371.0426 (°C), 393.3708 (°C) y 407.4513 (°C), afectando la eficiencia térmica, teniendo valores promedio de 62.6231%, 59.7186%, 57.3541% y 55.6807%, para los diámetros nominales de 1, 2, 3 y 4 pulgadas respectivamente.

4 | CONCLUSIONES

En el presente trabajo se mostró el análisis térmico de las pérdidas de calor hacia el medio ambiente de un concentrador solar de canal parabólico, utilizando los datos ambientales y el recurso solar (irradiancia solar promedio) de la zona del Valle de México, considerando que se pretende llegar a una temperatura máxima de 200 °C, el análisis se realiza para 4 diámetros nominales de tubo absorbedor, 1, 2, 3 y 4 pulgadas. Utilizando el diámetro del tubo absorbedor se obtienen los parámetros geométricos del concentrador para cada configuración, estos son: apertura de la parábola, longitud focal, longitud total del concentrador, la elección del diámetro interno del tubo transparente, así como su espesor.

Utilizando las medidas del diseño del concentrador solar, así como la elección de los materiales de construcción de la parábola y los tubos de la línea focal, se determinan

los parámetros térmicos considerando aceite térmico Syltherm 800 como fluido de trabajo y cada diseño considera un valor de irradiancia solar promedio para cada mes a lo largo del año, del lugar elegido para realizar la instalación termosolar.

El flujo másico es el parámetro más importante para poder llegar a la temperatura deseada del fluido de trabajo, cuyo valor aumenta conforme el tamaño del concentrador aumente, éste valor está directamente relacionado con los cálculos de flujo de calor útil del concentrador y como consecuencia, la obtención de la temperatura externa del tubo absorbedor.

El efecto radiativo debido a la temperatura externa del tubo absorbedor, es el mecanismo de transferencia de calor que tiene mayor influencia en el análisis de las pérdidas hacia el ambiente del concentrador solar, cuyo valor es relativamente alto teniendo promedios de 334.7656 ($^{\circ}\text{C}$), 371.0426 ($^{\circ}\text{C}$), 393.3708 ($^{\circ}\text{C}$) y 407.4513 ($^{\circ}\text{C}$) para cada diámetro de tubo absorbedor analizado, el valor de temperatura aumenta conforme aumenta el tamaño del concentrador, provocando la disminución de la eficiencia térmica total del concentrador solar.

REFERÊNCIAS

BELLOS, E.; TZIVANIDIS, C.; ANTONOPOULOS K. A. A detailed working fluid investigation for solar parabolic trough collectors. **Applied Thermal Energy**, v. 114, p. 374-386, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.11.201>

DUFFIE, J. A.; BECKMAN, W. A. **Solar Engineering of Thermal Processes**. 4. ed., John Wiley and Sons Inc., New Jersey, 2013. 887 p.

ECK, M.; ZARZA, E.; EICKHOFF, M.; RHEINLÄNDER, J.; VALENZUELA, L. Applied research concerning the direct steam generation in parabolic troughs. **Solar Energy**, v. 74, n. 4, p. 341-351, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(03\)00111-7](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(03)00111-7)

HARRIS, J.A.; DUFF, W.S. Focal plane flux distribution produced by solar concentrating reflectors. **Solar Energy**, v. 27, n. 5, p. 403-411, 1981. DOI: [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(81\)90005-0](https://doi.org/10.1016/0038-092X(81)90005-0)

KALOGIROU, S. **Solar Energy Engineering Processes and Systems**. 1. ed, Elsevier Inc., New York, 2009. 760 p.

ODEH, S.D.; MORRISON, G.L.; BEHNIA, M. Modelling of parabolic trough direct steam generation solar collectors. **Solar Energy**, v. 62, n. 6, p. 395-406, 1998. DOI: [10.1016/S0038-092X\(98\)00031-0](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(98)00031-0)

XIANGTAO, G.; FUQIANG, W.; HAIYAN, W.; JIANYU, T.; QINGZHI, L.; HUAIZHI, H. Heat transfer enhancements analysis of tube receiver for parabolic trough solar collector with pin fin arrays inserting. **Solar Energy**, v. 144, n. 1, p. 185-202, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.01.020>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Atualização de matriz de insumo-producto 117

Aquicultura 86, 87, 88, 96, 97, 98, 105

Armazenagem de Materiais 162

Assignment 5, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70

Automação 86, 88, 96, 97, 98, 106, 150

Automóveis 39, 40, 44, 45, 46, 48

C

Cartas de controle 96, 99, 101, 102, 103, 104, 106

CO₂ 4, 20, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 48, 49, 50, 51

Concentrador de canal parabólico 53, 55

CTE 71, 72, 74, 80, 83, 84, 85

Cuello de botella 107, 109, 112

D

Doenças epidemiológicas 27, 33, 36, 37

Dosador 5, 86, 96, 98, 99, 104, 105

E

Emissões 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 178

Endereçamento Logístico 162, 166, 167, 172, 173, 175, 176

Energía Solar 53, 54, 55

F

Ferramentas da Qualidade 13, 14, 15, 17, 25, 26

Flujo de calor perdido 53, 58, 59, 60

G

Gestão de Estoques 6, 162, 165, 176

Gestão Financeira 3, 4, 1, 2, 3, 4, 10, 11

Grupo de Melhoria de Resultados 13, 20

I

Impressão 3D 6, 138, 139, 140, 141, 142, 145

Innovation Cells 152

L

Limitaciones 107, 108, 112, 116, 125, 126

Logística 31, 36, 162, 165, 176

M

Manufatura aditiva 138, 139, 140, 141, 143, 144, 145, 147, 148, 150

Mapeamento de Estoques 6, 162, 163, 170, 175

Meio ambiente 2, 15, 27, 29, 30, 32, 34, 36

Método RAS básico 127

Metrôs 4, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49

Mezcla de productos 107, 110, 112, 113, 115

Modelo de insumo-producto 117

Movie 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69

O

Ônibus 39, 40, 44, 45, 46, 47, 48, 178

Optimization 63, 64, 69, 72

Organizações Sem Fins Lucrativos 1, 2, 4, 11

P

PDCA 13, 14, 17, 20, 24, 25, 26

Pneus 4, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38

Precision 6, 75, 97, 152, 153, 157, 158

Produção de molde para injeção de termoplásticos 138

R

Reciclabilidade 27

Recursos con capacidad restringida 107, 112, 115

Replaceable System 152

S

Saúde pública 27, 30

Self-Study 71, 72

Serum perfusion 6, 152

Software 71, 72, 73, 74, 75, 91, 96, 97, 99, 162, 163

Steal Structures 72

T

Teaching 5, 71, 72, 73, 84, 85

Teoría de restricciones 5, 107, 108, 109, 112

Terceiro Setor 4, 1, 2, 3, 4, 10, 11, 12

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO 2



-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO 2



- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br