The background of the cover is a deep blue color, overlaid with a complex pattern of glowing light blue and white geometric shapes. These shapes include various sizes of hexagons, some of which are interconnected by thin lines, and several interlocking gears of different sizes. The overall effect is a sense of technical precision and interconnectedness.

Entre  
CIENCIA  
e  
INGENIERIA  
3

**Armando Dias Duarte**  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022



Entre

# CIENCIA e INGENIERIA

## 3

**Armando Dias Duarte**  
(Organizador)

**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

Daphynny Pamplona

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  
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 Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
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  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
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:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Armando Dias Duarte

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

E61 Entre ciencia e ingenieria 3 / Organizador Armando Dias Duarte. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0447-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.477220308>

1. Ciencia. 2. Ingenieria. I. Duarte, Armando Dias (Organizador). II. Título.

CDD 501

**Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://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 coleção de trabalhos intitulada “*Entre Ciencia e Ingenieria 3*” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica por intermédio de diversos trabalhos que compõem seus capítulos. O volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar, pesquisas cujos resultados possam auxiliar na tomada de decisão, tanto no campo acadêmico, quanto no profissional.

Nos capítulos apresentados, são encontrados estudos de grande valia nas áreas da simulação computacional, materias, gestão energética, aspectos industriais, estudos ambientais, na área da educação e otimização.

A composição dos temas buscou a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos (as), mestres (as) e todos (as) aqueles (as) que de alguma forma se interessam pela área da Engenharia, através de temáticas atuais com resoluções inovadoras, descritas nos capítulos da coleção. Sendo assim, a divulgação científica é apresentada com grande importância para o desenvolvimento de toda uma nação, portanto, fica evidenciada a responsabilidade de transmissão dos saberes através de plataformas consolidadas e confiáveis, como a Atena Editora, capaz de oferecer uma maior segurança para os novos pesquisadores e os que já atuam nas diferentes áreas de pesquisa, exporem e divulgarem seus resultados.

Armando Dias Duarte



## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **EFFECTOS DEL REFUERZO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL HORMIGÓN**

Dany Tasán  
Josselyn García  
Lucía Patrón

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203081>

### **CAPÍTULO 2..... 8**

#### **DESIGN, MANUFACTURE AND VALIDATION OF CUSTOMIZED SURGICAL GUIDES FOR TOTAL KNEE REPLACEMENT**


L. San Martín  
H. Losada  
A. Tejo-Otero  
C.M. Atienza Vicente

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203082>

### **CAPÍTULO 3..... 17**

#### **DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO, PARA UTILIZAR EN LA MACRO PLAZA DEL MALECÓN EN EL PUERTO DE VERACRUZ: UNA CONTRIBUCIÓN A MICROEMPRESA MÓVIL O FIJA DE ARTESANÍAS**


Miguel Ángel Quiroz García  
Leodegario Vázquez González  
Carlos Roberto González Escarpeta  
Mónica Rodríguez Landa  
Raymundo Escalante Wong  
Othoniel Salomón Acosta  
José de Jesús Romero Castro  
Samuel Sarmiento Gutiérrez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203083>

### **CAPÍTULO 4..... 26**

#### **ESTUDO DO MOTOR SÍNCRONO**

Pérez Millán Brenda Carolina  
Vergara Hernández Erasto  
Cea Montufar César Eduardo  
Fernández Anaya Alfredo


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203084>

### **CAPÍTULO 5..... 33**

#### **APLICACIÓN Y ANÁLISIS DE CORE TOOLS PARA LA INTEGRACIÓN Y VALIDACIÓN DE MODELO G05 DE LA FASE DE PROTOTIPO A PRODUCCIÓN**

Catalina Arriaga Vázquez  
Elsa Castillo Carrillo  
Ma. Guadalupe Jáuregui Ojeda


José Angel Sandoval Marín  
Angel Manuel Medina Mendoza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203085>

**CAPÍTULO 6..... 46**

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LOSA PRETENSADA PPCC COMO SOLUCIÓN DE ENTREPISO Y CUBIERTA EN VIVIENDA SOCIAL**


Bolívar Hernán. Maza  
Daniela Stefanía. Maza Vivanco

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203086>

**CAPÍTULO 7..... 65**

**METABOLISMO INDUSTRIAL DEL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO PAULO EMILIO MACÍAS, ECUADOR**


Ricardo Fabricio Muñoz Farfán  
Telly Yarita Macías Zambrano  
Eder Israel Chinga Muentes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203087>

**CAPÍTULO 8..... 77**

**PROPUESTA DE SISTEMA DE AHORRO INTELIGENTE MEDIANTE LA REUTILIZACIÓN DE AGUA LLUVIA PARA LOS BAÑOS EN EL CORREGIMIENTO DE LA RAYA DE SANTA MARÍA**

Edwin A. Rivera S.  
Eulices G. Castillo A.  
Luis A. Quintero  
Cristian Pinzón

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203088>

**CAPÍTULO 9..... 89**

**BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON PETRÓLEO CRUDO CON BACTERIAS Y LEVADURAS**

Ismael Acosta Rodríguez  
Daniela Paz Azuara  
Adriana Rodríguez Pérez  
Juan Fernando Cárdenas González  
Víctor Manuel Martínez Juárez  
Dalila del Socoro Contreras Briones  
Juana Tovar Oviedo


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4772203089>

**CAPÍTULO 10..... 97**

**MITIGACIÓN DE CO<sub>2</sub> POR EL APROVECHAMIENTO DE LA GEOTERMIA SOMERA EN LA CLIMATIZACIÓN DE EDIFICIOS EN COLOMBIA**

Brian Sneyder Aros Amaya  
Jhojan Stiven Zea Fernández  
Cristian Alan Maldonado Romero

David Morillón Gálvez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030810>

**CAPÍTULO 11..... 107**

LA INGENIERÍA INDUSTRIAL EN LOS PROCESOS DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE LA ZONA 4, ECUADOR

Telly Yarita Macías Zambrano

Teresa Viviana Moreira Vera


María Rodríguez Gámez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030811>

**CAPÍTULO 12..... 122**

LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS COMO HERRAMIENTA PARA FACILITAR EL TRANSITO DEL LENGUAJE ARITMÉTICO AL LENGUAJE ALGEBRAICO

Lenin Alfonso Montes Cabarcas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030812>

**CAPÍTULO 13..... 137**

OBSERVATION IN THE HIGHER-LEVEL CLASSROOMS OF THE IPN

Patricia Acevedo Nava

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030813>


**CAPÍTULO 14..... 150**

INFLUENCIA DE ACTIVIDADES EXTRACURRICULARES EN COMPETENCIAS DESARROLLADAS POR ESTUDIANTES DE INGENIERÍA MECÁNICA DEL ITCH

Laura Isela Padilla Iracheta

Jaime Eduardo Trejo Aguirre

Esteban Rubio Ochoa


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030814>

**CAPÍTULO 15..... 165**

OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN UN PROCESO DE SECADO DE MADERA UTILIZANDO DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Ramón Ángel Pons Murguía

Eulalia María Villa González del Pino

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030815>

**CAPÍTULO 16..... 178**

REDES NEURONALES ARTIFICIALES EN LA VIDA MODERNA: CONOCIENDO LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA

Franyelit María Suárez-Carreño


Alexander Castillo Perdomo

Eva Elizabeth Tejada Manrique

Nilo Walker Andrade Acosta

Luis Rosales-Romero

Flor Omar


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030816>

**CAPÍTULO 17..... 190**

USO DE LA SIMULACIÓN COMPUTACIONAL EN CIENCIA DE MATERIALES PARA LA PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO CINÉTICO Y MICROESTRUCTURAL DE ALEACIONES BINARIAS Y TERNARIAS

Susana Lezama Alvarez

Víctor Manuel López Hirata

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030817>

**CAPÍTULO 18..... 198**


LAS PATINETAS ELÉCTRICAS, ¿SIMPLE DIVERSIÓN O APOORTE A LA MOVILIDAD?

Carlos Augusto Kaffure Ruiz

Juan Guillermo Zuluaga Villermo

Claudia Uribe Kaffure

Andrés Ernesto Francel Delgado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.47722030818>

**SOBRE O ORGANIZADOR ..... 211**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 212**

## METABOLISMO INDUSTRIAL DEL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO PAULO EMILIO MACÍAS, ECUADOR

*Data de aceite: 04/07/2022*

### **Ricardo Fabricio Muñoz Farfán**

Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías  
<https://orcid.org/0000-0001-6960-6869>

### **Telly Yarita Macías Zambrano**

Universidad de Palermo  
<https://orcid.org/0000-0002-5005-7967>

### **Eder Israel Chinga Muentes**

Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías  
<https://orcid.org/0000-0002-8708-7297>

**RESUMEN:** La presente investigación se fundamenta en el análisis de flujo de materiales y la cuantificación de flujos y stock que se utilizan en una institución de educación superior, teniendo como objetivo, evaluar el consumo de los recursos mediante los flujos de consumo, estableciendo y monitoreando los requerimientos de energía y materiales, soluciones a corto y mediano plazo en la reducción del consumo de tales recursos. Como metodología se empleó el diagrama de SANKEY para visualizar la transferencia de energía y materiales derivados de procesos que representan la dispersión o la pérdida mediante flechas, permitiendo hacer énfasis visual en los flujos de los procesos productivos. Se obtuvo como resultados de la evaluación anual un consumo de energía eléctrica de 35.496 Kw/año, equivalente a la emisión de una tasa de CO<sub>2</sub> de 5,24 toneladas a la atmósfera; 18,43 toneladas/año de residuos de papel y cartón, reutilizando el

7%; un consumo de agua de 608.075 galones/año y residuos de metales sólidos como el aluminio con 10,51 toneladas/año, del cual, el 30 % es reciclado, entre el 65-70% se reutiliza y el 5% va a sumideros externos no controlados; hierro con 25,3 toneladas/año, destinando 16% para reciclaje, 82% en stock y 2% al ambiente. Concluyendo, el metabolismo industrial permitió identificar y evaluar las pérdidas y potencial de conservación y reciclaje de los recursos utilizados en los procesos; las implicaciones ambientales, cuantificar el stock de materiales, respecto al uso, reúso y disposición final; respuesta a la demanda y agotamiento de materiales.

**PALABRAS CLAVE:** Consumo de recursos, evaluación de procesos, flujo de materiales, reciclaje, reutilización.

## 1 | INTRODUCCIÓN

La contaminación del medio ambiente actualmente responde a las diferentes actividades que desarrolla el hombre en los diferentes sectores productivos en donde se desenvuelve, así, en el sector industrial, comercial y doméstico, ha venido explotando los recursos naturales sin un control significativo, lo cual, hoy en día coloca a la humanidad en una situación de alta responsabilidad, precisando necesariamente analizar y re-pensar en el aprovechamiento al máximo de los recursos naturales que se utilizan en los procesos productivos (Cervantes et al., (2009).

Al hacer alusión a la contaminación

ambiental, se infiere en una de las actividades que más la genera, como es la industria, en este contexto, muchos investigadores han trabajado en mecanismos que promuevan a controlarla y reducirla de alguna manera, propiciando una relación amigable entre la industria y la naturaleza, dando lugar a una nueva teoría denominada ecología industrial también conocida como metabolismo industrial, primero es necesario hablar de la economía ecológica, pues la primera se desprende de esta, así:

La economía ecológica insiste en la relación entre sistema natural y sistema económico como un sistema conexo donde ambos son interdependientes, contabiliza los ciclos de la materia y los flujos de la energía analizando las discrepancias entre tiempo económico y tiempo biogeoquímico, infiere que el ciclo económico se inicia con la definición y uso de materias primas y se prolonga hasta la generación y manejo de los residuos y desechos-retornos que podrían reincorporarse en parte al ciclo económico (Martínez, 1995).

La economía ecológica traspasa los muros del sistema monetario y los unifica, dando lugar a la ecología industrial como una propuesta surgida a finales de los ochenta, que propende una importante producción bibliográfica, cuyos fundamentos teóricos comprenden diversas áreas del conocimiento como la economía, ingeniería, biología, las cuales aportan información para el funcionamiento empresarial amigable con el medio ambiente (Carrillo, 2009).

Existen varios enfoques teóricos en torno a la ecología industrial, así es definida como un proceso de desmaterialización de la economía por Bunker, Tibbs, Lowe y Schmidt-Bleck (1996); la ecología industrial vista desde el balance de materiales y de energía hasta su reintegración a los ciclos biogeoquímicos y de materiales según Ayres y L. Ayres (Ayres & y Ayres, 2002); la ecología industrial como una estrategia que genera interacciones dentro del sistema industrial en analogía con los sistemas naturales, de acuerdo a Frosch, Gallopoulos, Graedel, Allenby y Ausbel (1997).

Una definición que resume los elementos de ecológico y analogía biológica es la de White, que refiere a la ecología industrial como “el estudio de los flujos de materiales y energía en las actividades industriales y de consumo, de los efectos de estos flujos en sobre el medio ambiente, y de las influencias de los factores económicos, políticos, normativos y sociales sobre el flujo, el uso y la transformación de los recursos” (White, 1994). La cual puede concretarse en base a los elementos centrales de atención en este campo, tales son: la analogía biológica, el uso de perspectivas sistémicas, el papel del cambio tecnológico, el papel de las empresas, la desmaterialización y la ecoeficiencia, la investigación y la práctica con visión de futuro (Ayres & y Ayres, 2002).

En base a lo expuesto, el presente estudio tuvo por objetivo relacionar los procesos productivos con el medio social y natural, mediante el análisis del metabolismo industrial de una institución de educación superior denominada Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías (IST), desde la óptica de los centros de formación tecnológica del Ecuador. (Consejo de Educación Superior, 2011). Esta institución forma profesionales Tecnólogos

de tercer nivel, en campos del conocimiento de electromecánica industrial, producción agropecuaria, construcción, tributación, gastronomía, desarrollo infantil, según lo norma el consejo de educación superior (CES, 2019).

Dentro de la formación tecnológica se desarrollan varios procesos productivos que incluyen prácticas técnicas experimentales, que a su vez generan desechos sólidos como parte de los mecanizados que se realizan en talleres de máquinas herramientas, líquidos como aceites, acetonas y pinturas que se originan en actividades de metalmecánica y gases por efecto de procesos de combustión y soldaduras en los sistemas de generación. Se suma también el consumo de energía eléctrica de maquinarias y equipos necesarios para los diversos procesos productivos, tales como computadores, proyectores, compresores, aires acondicionados, entre otros; así también el consumo de agua potable en baterías sanitarias y riego, tanto de plantas ornamentales como frutales, leguminosas, y otras producidas por la carrera de agropecuaria, ocasionando aguas residuales; además, el factor humano que labora y se educa en la institución es consumidor de recursos e insumos que por consiguiente derivan en desechos de alimentos, papeles, cartones, vidrio; por lo cual se precisa determinar el metabolismo industrial del IST y contribuir con esta acción a la gestión ambiental.

## 2 | METODOLOGÍA

El análisis del metabolismo industrial se realizó en el Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías, localizado en la ciudad de Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador, en las coordenadas geográficas son  $1^{\circ} 3'16.49''$  de latitud sur y  $80^{\circ} 27'16.02''$  de longitud oeste (Latitud, 2022).

El periodo de análisis comprendió desde abril de 2019- marzo de 2020, considerando la identificación de los flujos principales de entrada, stocks y de salida por medio de muestreos de campo para el análisis del metabolismo; obteniendo la cuantificación de los flujos derivados de los procesos, a través de equipos de instrumentación como caudalímetro, pinza amperimétrica y balanzas digitales.

En la figura 1 se visualiza la descripción metabólica del IST.



Figura 1. Descripción metabólica de la institución

Fuente: Autores

En función al metabolismo del IST se procedió a identificar los flujos de entrada de los recursos agua, energía eléctrica, y de diferentes insumos como papel, refrigerantes, aceites, pinturas, abonos, diluyentes, polímeros y fertilizantes (Ulloa, 2022). En la figura 2 se aprecia la identificación de flujos por proceso.

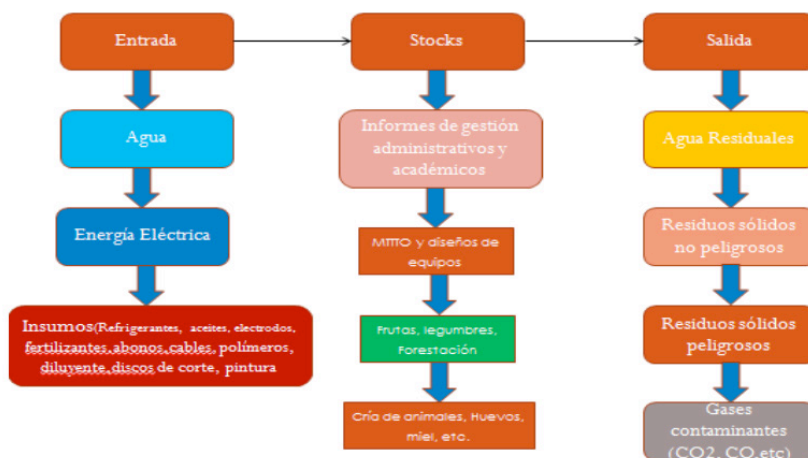


Figura 2. Identificación de flujos principales de entrada, stocks y de salida.

Fuente: Autores

A partir de la identificación de los flujos que se requiere o son consumidos en los diferentes procesos del IST, se procedió a cuantificar y obtener la parametrización enfocada en tres puntos de análisis: el agua, energía eléctrica y papel/cartón, materiales sólidos como el aluminio y el hierro a través de la toma de datos con instrumentos electrónicos de alta confiabilidad, cuyas características se describen en la tabla 1.



Instrumento de medición	Marca / modelo	Características técnicas
Pinza amperimétrica	FLUKE 376 FC	-Medición de corriente de CA y CC de 1000 A flexible -Verdadero valor eficaz de voltaje y corriente para obtener mediciones exactas en señales no lineales -Medición de frecuencia hasta 500 Hz con mordaza y tecnología iFlex -Rango de medida de 500 mV CC para la conexión con otros accesorios.
Sensores de Caudal de agua	YF S401	-Presión Máx.: 1,75MPa. -Caudal de trabajo: 0,3 l/m a 6l/m. -Rango de humedad de funcionamiento: 35% - 90% RH -Diámetro de los conectores: 7mm aprox. -Temperatura de funcionamiento: -25°C a +80°C.
Balanza	Camry CAM-TCS300ZE21	-Pantalla LED - Capacidad: 300Kg – 660Lb - División: 100G

Tabla 1. Características de los instrumentos de medición

Fuente: Autores

Como parte de la representación gráfica de flujos y sus cantidades en proporción entre varios recursos y energía utilizados dentro de los procesos del IST, se aplicó el método de diagrama de Sankey que permitió mostrar las magnitudes de materiales utilizados y la transferencia de energía, entre mayor fuera el ancho es mayor la cuantificación.

### 3 I RESULTADOS

Por medio de varias tomas de muestreo a razón variable durante el periodo de 1 año en los diferentes flujos se presenta la cuantificación de los residuos de papel y cartón, materiales sólidos en la categoría de metales y el consumo energético, en las tablas 2, 3 y 4.

Residuos de papel (limpieza) (Kg)	Semanas	Meses	Residuos de papel (Administración y académico) (Kg)	Residuos de papel totales (limpieza) (Kg) x año	Residuos de papel anual (Administración y académico) (Kg)
5,2	4	12	9,1	62,4	
4,6	4	12	7	55,2	
5	4	12	8	60	
4,5	4	12	8,1	54	
3,5	4	12	6,2	42	
22,8			38,4	1094,4	1843,2

Tabla 2. Cuantificación de flujos principales de entrada, stocks y de salida de los residuos de papel y cartón.

Fuente: Autores

Puede observarse en la tabla 2, que la mayor cuantificación de residuos anuales correspondió al área administrativa y académica del IST.

Residuos de papel (limpieza) (Kg)	Semanas	Meses	Residuos de papel (Administración y académico) (Kg)	Consumo de agua (Gal.)	Consumo Total de agua (Gal.) por año
5,2	4	12	9,1	2645,5	
4,6	4	12	7	2350	
5	4	12	8	3013	
4,5	4	12	8,1	2650	
3,5	4	12	6,2	2450	
22,8			38,4	13108,5	608.075

Tabla 3. Cuantificación de flujos principales de entrada, stocks y de salida de agua.

Fuente: Autores

En cuanto a los flujos de entrada, stocks y de salida de agua, el mayor consumo se generó también en las áreas académica y administrativa.

Peso por metal Aluminio (Kg)	Número de estudiantes	Consumo de metales Aluminio (Kg)	Consumo total de metales Aluminio (Kg)	Peso de Hierro (kg)	Número de estudiantes	Consumo de metales hierro (Kg)	Consumo total de hierro (Kg)
0,5	80	40		1,2	80	96	
0,5	100	50	90% del total se recicla	1,2	100	120	90% del total se recicla
0,5	80	40	10 % al ambiente	1,2	80	96	10 % al ambiente
0,5	100	50		1,2	100	120	
0,5	80	40		1,2	80	96	
	440	220	10560		440	528	25344

Tabla 4. Cuantificación de flujos principales de entrada, stocks y de salida de metales sólidos

Fuente: Autores

Los flujos principales de entrada, stocks y salida de metales sólidos recayeron en los residuos de hierro, empleado en los talleres de metalmecánica del IST.

Energía eléctrica entrada	Consumo anual de energía (Kw)	Departamento de Administración y académico-oficinas, laboratorio (30%)	Taller de refrigeración y sistemas de enfriamiento (15%)	Taller de Metalmecánica/fundición (15%)	Taller de electricidad (15%)	Finca Agrícola (5%)	Finca Pecuaria (5%)
	35496	12528	6264	6264	6264	2088	2088

Tabla 5. Cuantificación de flujos principales de entrada, stocks y de salida de energía eléctrica

Fuente: Autores

Con relación a los flujos principales de entrada, stocks y de salida de energía eléctrica se cuantificó el mayor consumo en el taller de metalmecánica, debido a las diversas actividades prácticas que se desarrollan con los estudiantes del IST.

En cuanto al análisis de los flujos de los recursos respecto al metabolismo industrial del IST, se aplicó el diagrama de Sankey, que facilita la visualización de los flujos y sus cantidades en proporción entre sí. El ancho de las líneas que se aprecia se utiliza para referenciar las magnitudes de los recursos utilizados en sus procesos, es decir cuanto mayor sea la flecha, mayor es la cantidad de flujo, tanto la transferencia de energía, consumo de agua y materiales inmerso en el sistema (Cabello, 2014).

En las figuras 3, 4 y 5 se presenta el flujograma por proceso del consumo de agua, energía eléctrica y materiales sólidos en la categoría de metales.

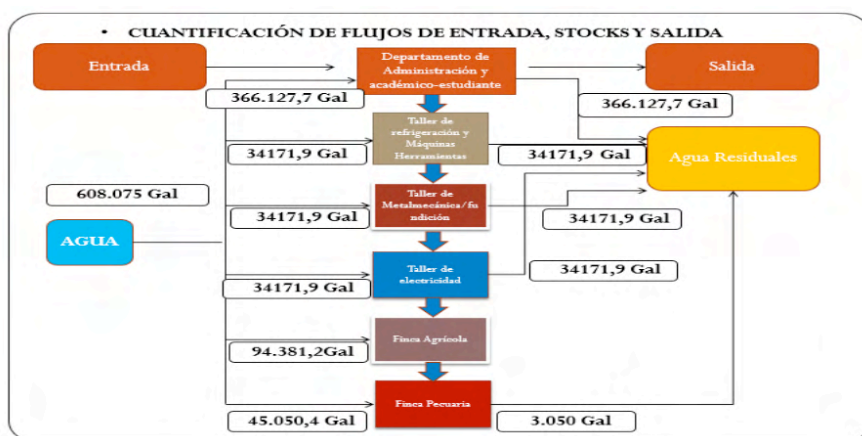


Figura 3. Cuantificación de entrada, stock y salida del agua

Fuente: Autores

Puede apreciarse en la figura 3, el mayor consumo de agua en el área administrativa y académica del IST.

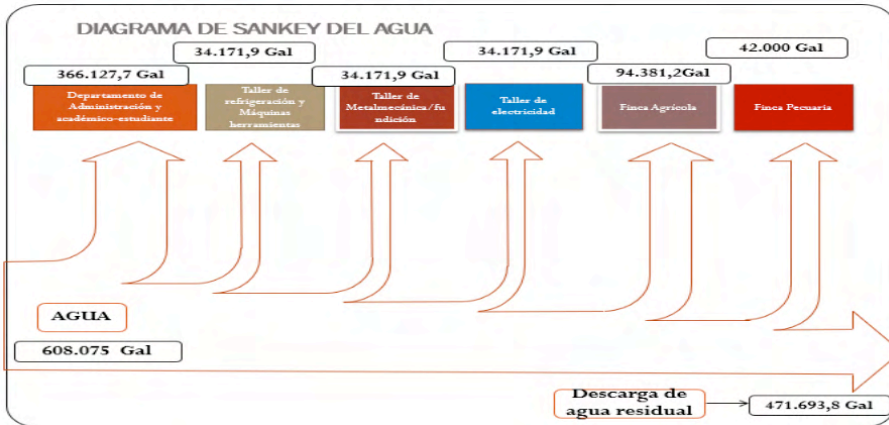


Figura 4. Diagrama de Sankey representando el consumo del agua

Fuente: Autores

La figura 4 permite observar que el consumo de agua es mayor de 600 mil galones y de la cual la descarga residual es inferior a los 500 mil galones de agua.

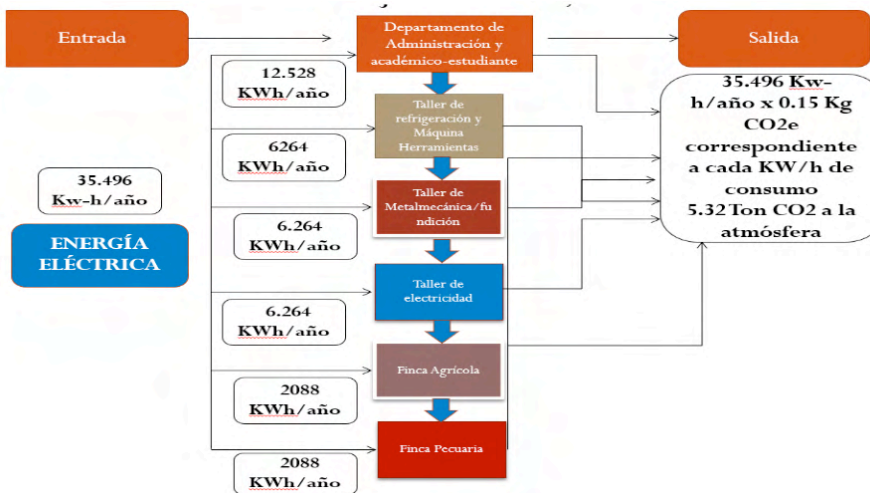


Figura 5. Cuantificación de entrada, stock y salida de la energía eléctrica

Fuente: Autores

En la figura 5 se observa un consumo de 35.496 Kwh/año multiplicados por 0.15Kg de CO<sub>2</sub> que genera el consumo de 1Kwh, ocasiona una emisión de 5.32 Ton de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Por otra parte, a partir de la cuantificación de los recursos utilizados en los procesos productivos comprendidos en el componente práctico como parte de la formación

tecnológica, se representa en diagramas de SANKEY tanto en las figuras 6, 7 y 8.

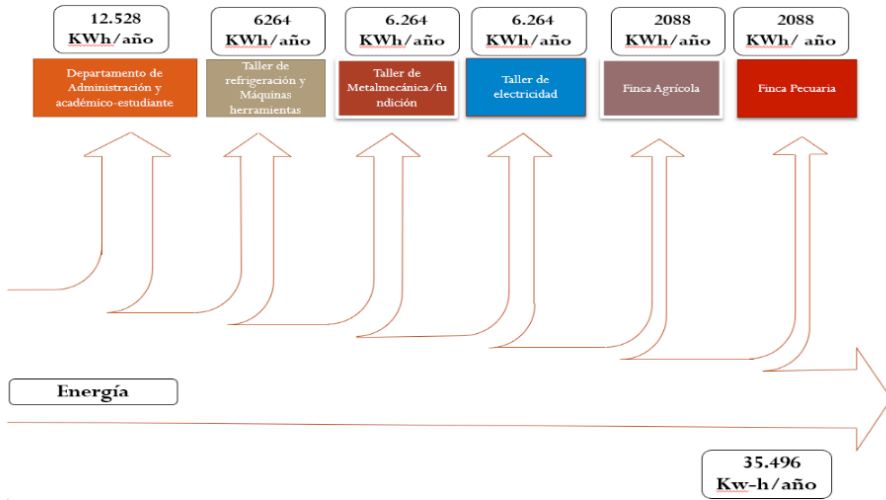


Figura 6. Diagrama de Sankey representando el consumo de energía eléctrica

Fuente: Autores

Del total de energía eléctrica consumida en el IST, se puede observar que el mayor consumo corresponde al área administrativa académica con 12.528 KW/h anuales.

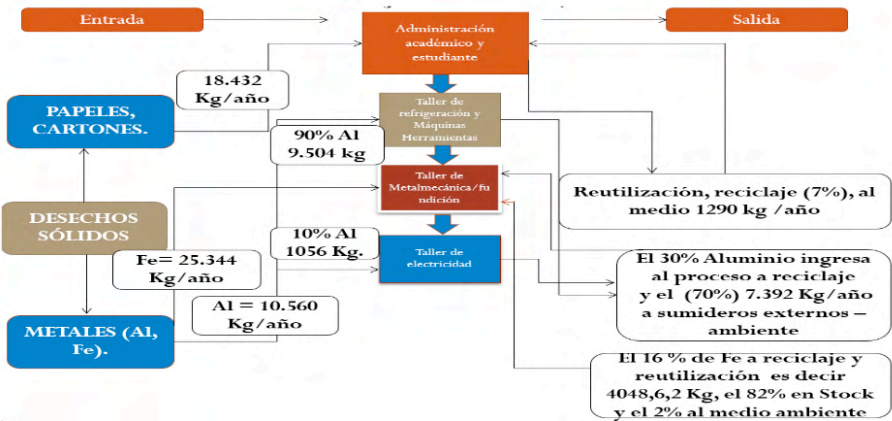


Figura 7. Cuantificación de entrada, stock y salida de metales sólidos, cartón y papel

Fuente: Autores

Se tiene en la figura 7, como salida de metales sólidos, el 7% para reutilización y reciclaje, el 30% del aluminio va para reciclaje y el 70% a sumideros externos y al medio ambiente. El 16% del hierro se recicla, mientras que el 82% se mantiene en stock y el 2%

se arroja al ambiente.

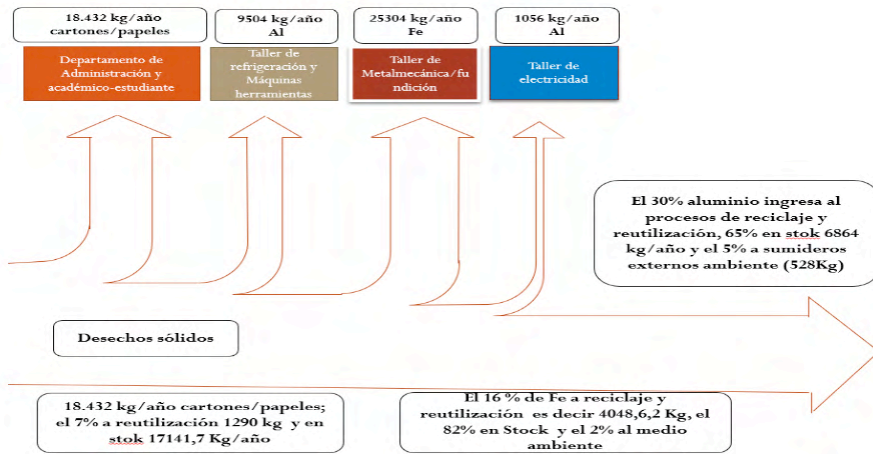


Figura 8. Diagrama de Sankey representando el consumo de materiales sólidos

Fuente: Autores

En cuanto a los desechos sólidos representados en la figura 8, el 30% del aluminio se recicla y reutiliza, el 68% se mantiene en stock y el 2% se destina a sumideros de basura. De los 18432 kg/año consumidos de papel y cartón, el 7% se reutiliza y se mantiene en stock el 93%. El 16% de hierro se recicla, el 2% va al medio ambiente en sumideros y el 82% se mantiene en stock.

#### 4 | DISCUSIÓN

De acuerdo a Naredo (2003), las economías industrializadas se están haciendo más eficientes en el uso de materiales, pero la generación de desechos continúa en crecimiento debido a que al crecimiento económico global. Esta misma apreciación se tiene, luego de haber tomado como caso una institución de educación superior, cuyo consumo mayor se centra en recursos básicos como la energía eléctrica y el agua potable; en el caso del agua no siendo reutilizada para otros procesos como el regadío de los huertos agrícolas del IST, así se pudo observar que el porcentaje de reutilización de otros desechos como papel y cartón es relativamente bajo y no supera el 30%.

Como resultado del estudio de Valero (2011), se tuvo que de la mitad a tres cuartos de la entrada de recursos anual a las economías industrializadas se retornan al ambiente como desechos dentro de un año. Así también, de acuerdo a Pereira (2011), la extracción y uso de recursos de energéticos fósiles domina los flujos de salida de países industrializados.

Aunque Ecuador no es un país industrializado, y Portoviejo no es un distrito

metropolitano, el botadero municipal que es el lugar destinado a albergar todos los desechos del cantón Portoviejo, es una fuente generadora de altos niveles de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero; la cual no tiene un manejo conforme a los principios de la economía ecológica y ecología industrial por parte del gobierno seccional. Empero, tampoco existe una planificación a corto plazo que promueva el uso de energías alternativas como la solar fotovoltaica en instituciones educativas como la estudiada, para propender a la eficiencia energética y reducción de recursos que son desechados al medio ambiente, una vez utilizados.

En promedio, 10 ton de materiales per cápita se agregan cada año a los stocks domésticos en países industrializados, primordialmente en edificios e infraestructura (Carrillo, La ecología industrial en México, 2013). En este estudio puntual se obtuvo un promedio del 2% de residuos de metales como hierro y aluminio que se desechan al medio ambiente sin ningún control o disposición para ser reutilizado o reciclado y no se afecte al entorno natural del IST. Teniendo en consideración que esta carga residual de metales anualmente, se suma a los desechos de toda la ciudad de Portoviejo, generando altos niveles de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera, calculados en 5.32 Ton de  $\text{CO}_2$  por consumo de energía fósil.

## 5 | CONCLUSIONES

El diagnóstico del metabolismo industrial en el Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías determinó niveles altos en los diferentes recursos inherentes a la energía eléctrica, agua potable, y materiales que se consumen a lo largo de la fase productiva y administrativa en base a la instrumentación aplicada in situ.

La selección del método de Sankey facilitó la organización y cuantificación gráfica acorde a la intensidad del uso de los mencionados recursos, facilitando la formulación e implementación de estrategias de mejora y de reducción de la contaminación ambiental.

Referente al análisis de la cuantificación de entrada, stock y salida se puede apreciar que el consumo del papel, y la energía es de alta intensidad en la etapa del uso, requiriendo acciones inmediatas como el uso de recursos digitales para la información y el uso de la energía únicamente necesaria para el funcionamiento de las máquinas y equipos en el IST, en este sentido la incorporación de sistemas de control y variadores de frecuencia para un arranque suave y progresivo en función a lo requerido; de esta manera bajar el consumo y la tasa de  $\text{CO}_2$  emanada hacia la atmósfera.

Aunque los desechos generados en el IST no son alarmantes dado su tamaño (capacidad de producción), es preciso considerar acciones inmediatas para su manejo, particularmente para reducir el consumo de energía eléctrica y agua potable, empleando tecnologías alternativas, con lo cual, se requiere realizar una gestión eficiente para la consecución de los recursos necesarios para su implementación.

## REFERENCIAS

Ayres, R., y Ayres, L. (2002). *A Handbook of Industrial Ecology*. Reino Unido: Edward Elgar Publishing Limited. [http://pustaka.unp.ac.id/file/abstrak\\_kki/EBOOKS/A%20Handbook%20of%20Industrial%20Ecology.pdf](http://pustaka.unp.ac.id/file/abstrak_kki/EBOOKS/A%20Handbook%20of%20Industrial%20Ecology.pdf)

Bunker, S. (1996). Materias primas y economía global: olvidos y distorsiones de la ecología industrial. *Revista Ecología Política*, 12(1), 12-25. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=1080392&pid=S0187-5795200900010000900016&Ing=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=1080392&pid=S0187-5795200900010000900016&Ing=es)

Cabello, D. (2014). *Ecología industrial; y la sinergia entre empresas*. Universidad Nacional Autónoma de México: Mexico DF.

Carrillo, G. (2009). Una revisión de los principios de la ecología industrial. *Argumentos (Méx.)*, 22(59), 247-265. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57952009000100009#c2](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57952009000100009#c2)

Carrillo, G. (2013). *La ecología industrial en México*. México D.F: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, División de Ciencias Sociales y Humanidades, 2013, 1a. edición.

Cervantes, G., Sosa, R., Rodríguez, G., y Robles, F. (2009). Ecología Industrial y desarrollo Sostenible. *Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY*, 13-1, pp. 63-70, ISSN: 1665529X, 8. <https://www.redalyc.org/pdf/467/46713055007.pdf>

CES. (2019). *Reglamento de Régimen Académico*. 2019: Consejo de Educación Superior.

Consejo de Educación Superior. (2011). *Ecología Industrial: innovación y desarrollo sostenible en sistemas industriales*. Cataluña, España: Universidad Politécnica de Cataluña.

Naredo, J. (2003). *La Ecología Industrial*. Economía Industrial N° 351.

Latitud. (12 de abril de 2022). *Latitud y longitud*. Coordenadas de Portoviejo: <https://www.longitudylatitud.com/ecuador/coordenadas-geograficas-portoviejo-ec/>

Martínez, A. (1995). *Los principios de la Economía Ecológica*. Madrid: Fundación Argentaria y Visor Distribuidor.

Pereira, A. (2011). *La sociedad industrial y sus impactos ambientales*. Senac.

Ulloa, M. (24 de 04 de 2022). *Ecología industrial, importancia y desafíos*. <http://www.usat.edu.pe/articulos/ecologia-industrial-importancia-y-desafios/>

Valero, A. (2011). *Ecología Industrial Cerrando el Ciclo de Materiales*. Zaragoza - España: Prensas Universitarias de Zaragoza.

White, R. (1994). *The Greening of Industrial Ecosystems*. Washington, DC: National Academy Press.



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Actividades extracurriculares 150, 151, 156, 158, 159, 160, 161, 162

Agentes inteligentes 77

Aprovechamiento 65, 77, 78, 79, 97, 99, 100, 103, 198

### B

Biorremediación 89, 90, 91

### C

Calentamiento global 17

Cambio climático 97, 98, 99, 105

Classroom 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 147, 148, 149

Competencias profesionales 107, 111, 112, 117, 118, 121, 150, 151, 152, 163, 164

Concrete 1, 6, 47, 64

Consumo de recursos 65

Corriente Directa CD 17

### D

Diseño de experimentos 165, 168, 177

### E

Educación superior 65, 66, 67, 74, 76, 107, 110, 111, 112, 114, 116, 118, 119, 120, 121, 162

Electroválvulas 77, 81, 83, 84, 85, 87

Emisiones de Co2 102, 103

Estado del arte 198, 199

### F

Fiber 1, 6

Flujo de materiales 65

Formación tecnológica 66, 67, 72, 107, 115

### G

GEI 97, 99, 101, 105

Geotermia somera 97, 98, 100, 101, 103, 104, 105

### H

Hongos 89, 90, 91, 96

Humedad relativa 3, 165, 166, 168, 170, 171, 173, 176

## I

Índice de consumo 165, 167, 169, 170, 171, 174, 175, 176, 177

Ingeniería industrial 8, 33, 44, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 157, 178

## L

Lógica difusa 80, 84

## M

Motor jaula de ardilla 26

Motor síncrono 26, 27, 28, 29, 30, 31

Motor trifásico 26

Movilidad 92, 191, 194, 198, 199, 200, 204, 206

Movilidad eléctrica 198, 199

## O

Observation 137, 138, 139, 140, 148

## P

Patinetas eléctricas 198, 199, 200, 202, 210

Pensamiento numérico 122, 135

Pensamiento variacional 122, 123, 135, 136

Petróleo 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95

Plan por competencias 150, 151, 156, 159

Polypropylene 1, 6

Prelosa- preesforzada 46

Proceso de secado 165, 166, 167, 170

## Q

Qualitative research 137, 149

## R

Radiación 17, 20, 23, 24

Reciclaje 65, 73

Reinforced 1, 6, 7, 47

Resolución de problemas 122, 123, 124, 132, 133, 134, 135

Reutilización 65, 73, 74, 77, 79, 83, 84, 85, 86, 204

## S


Sensores de nivel 77, 81, 82, 85


Solar 17, 18, 19, 20, 22, 23, 25, 75

Students 122, 123, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 150





Entre  
CIENCIA  
e  
INGENIERIA  
3

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 



Entre  
CIENCIA  
e  
INGENIERIA  
3

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 