

# Método para la elaboración de la currícula, basado en competencias en la enseñanza de la física general en la Facultad de Ingeniería Química y Textil de la Universidad Nacional de Ingeniería

## *Method for the elaboration of the curriculum, based on competences in the teaching of general physics in the Faculty of Chemical and Textile Engineering of the National University of Engineering*

Juan Sánchez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería Química y Textil de la Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú

Recibido (Received): 18/10/2018

Aceptado (Accepted): 17/12/2018

---

### RESUMEN

Se plantea una competencia de metodología educativa partiendo del tema “Leyes de la Termodinámica” del sílabo del curso Física II que se imparte a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Química y Textil de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Esta competencia aborda el desarrollo del proyecto formativo “Implementación de la cultura en termodinámica” que permite, a los estudiantes de la Facultad, interpretar y buscar soluciones a un problema de actualidad, como es la contaminación ambiental generada por el parque automotor de Lima. El desarrollo de la competencia propuesta implica: 1/ La elaboración de una matriz del proyecto, 2/ la constitución de un grupo de trabajo (4 estudiantes), 3/ la planificación de los trabajos colaborativos, 4/ el seguimiento de la reunión del grupo de trabajo, 5/ la entrega de informes, y 6/ la calificación de los trabajos colaborativos.

*Palabras Clave:* Leyes de la Termodinámica, competencias, contaminación ambiental, parque automotor de Lima.

### ABSTRACT

It is proposed a competence of educational methodology starting from the subject "Thermodynamic Laws" of the syllabus of the Physics II course which is taught to the students of the Faculty of Chemical and Textile Engineering of the Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). This competence approaches the development of the training project "Implementation of culture in thermodynamics", which allows the students of the Faculty to interpret and search solutions to a current problem, such as the environmental pollution generated by the car park in Lima. The development of the proposed competence involves the: 1 / elaboration of a matrix of the project, 2 / constitution of a working group (4 students), 3 / planning of the collaborative works, 4 / follow-up of the group meeting work, 5 / reporting, and 6 / qualification of the collaborative work.

*Keywords:* Thermodynamic laws, competence, environmental pollution, Lima car park.

---

## 1. INTRODUCCION

En la malla curricular de la formación profesional del Ingeniero Químico Industrial y Textil, la enseñanza de la Física General está basada en contenidos con metas concretas y se esperan que los estudiantes, al final de un proceso formativo, pongan en acción sus capacidades en torno a actividades o tareas puntuales que pueden ser del tipo cognitivo, afectivo y psicomotor. La malla curricular, basado en competencias, se apoya en contenidos para afrontar las necesidades de los contextos sociales con creatividad y comprensión. Para lograr los objetivos propuestos es importante desarrollar y aplicar, de manera articulada,

los siguientes saberes: saber ser, saber convivir, saber hacer y saber conocer. En este contexto se plantea el Proyecto Formativo titulado “IMPLEMENTACIÓN DE LA CULTURA EN TERMODINÁMICA” para interpretar los efectos de contaminación medioambiental generados por el Parque Automotor en Lima.

### OBJETIVO

El objetivo principal de este estudio es hacer ver, cómo se aplica el criterio de las competencias para poder elaborar una currícula de enseñanza del curso de Física General II. Teniendo en cuenta las referencias [1 al 5], proponemos desarrollar la competencia de la siguiente

---

\* Corresponding author.:  
E-mail: jcdabi@hotmail.com

manera: 1/ Elaboración de la competencia; 2/ Localizar el problema del contexto; 3/ Transversalidad; 4/ Criterios y evidencias; 5/ Tareas.

## MATERIALES

- Sílabo del curso de Física General II.
- Materiales bibliográficos sobre temas de calor y trabajo, primera y segunda ley de la termodinámica, procesos y ciclos termodinámicos, ciclo de Carnot, ciclo de Otto y de Diesel.
- Manuales y Catálogos sobre motores de combustión interna.
- Estudios sobre la contaminación del aire atmosférico en Lima realizados por: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y el Ministerio de Salud (MINSA).

## EVIDENCIAS

En la Figura 1 se muestra la UVE Heurística del problema a estudiar aplicando la Termodinámica y la Teoría de las máquinas térmicas de combustión interna.

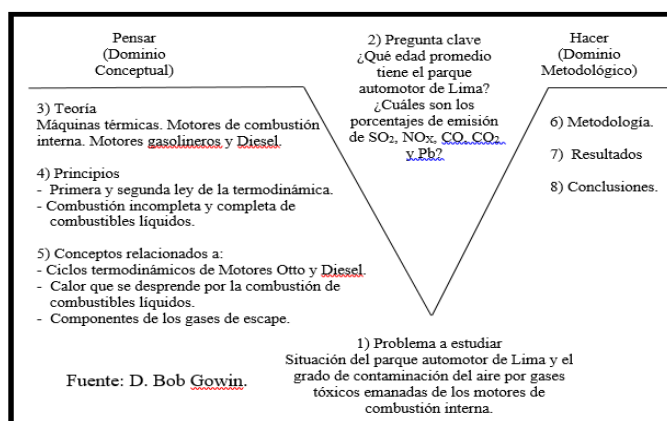


Figura 1. Heurística del problema

## DOMINIO CONCEPTUAL

### 1. TEORÍA

Los equipos energéticos que más aceptación han tenido en los medios de transporte han sido los motores alternativos de combustión interna. La peculiaridad de estos motores consiste en que el proceso de combustión de la mezcla combustible con el aire y la transformación de su correspondiente energía en mecánica tiene lugar dentro del cilindro del motor.

El uso del petróleo como combustible líquido, a finales del siglo XIX, estimuló la creación y producción de motores de combustión interna: motores con carburador de encendido por chispa (gasolineros),

motores de encendido por incandescencia o semi-diesel y motores de encendido por compresión (Diesel).

## 2. PRINCIPIOS

- Primera ley de la Termodinámica: La energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma. Es decir la energía puede adoptar diferentes formas, como puede ser calor, trabajo, energía cinética, potencial, etc. La expresión matemática es [6]:

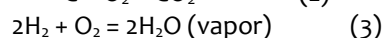
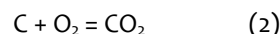
$$\oint \delta Q = \oint \delta W \quad (1)$$

- Segunda Ley de la Termodinámica: existen muchas formas de enunciar esta ley. Citaremos los enunciados de Kelvin – Planck y Clausius.

Enunciado de Kelvin – Planck: “Es imposible construir una máquina térmica que, operando continuamente (cíclico) transforme íntegramente el calor que recibe de una fuente térmica, a temperatura uniforme, en trabajo”.

Enunciado de Clausius: “El calor no se transmite nunca espontáneamente hacia otra cuya temperatura sea mayor” [6].

- La combustión completa de combustibles líquidos [7] incluyen reacciones como las descritas en las reacciones (2) y (3)



La cantidad mínima de oxígeno necesario para que 1 Kg de combustible se quemé totalmente es:

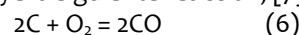
$$O_{min} = \frac{8}{3}C + 8H - O_C \quad (\text{Kg})$$

(4)

donde  $O_C$  es el contenido de Oxígeno en el combustible. La cantidad de aire (que contiene 23% en masa de oxígeno) necesario para la combustión de 1 Kg de combustible viene dada por la siguiente relación:

$$L_0 = \frac{1}{0,23} \left[ \frac{8}{3}C + 8H - O_C \right] \quad (\text{Kg}) \quad (5)$$

- La combustión incompleta de los combustibles líquidos, incluye la siguiente reacción, [7]



Si  $\phi$  es la fracción de combustible que al quemarse forma CO, la masa de este compuesto quemado es  $\phi C$  (Kg), mientras la masa de CO<sub>2</sub> es  $(1 - \phi)C$  (Kg). La cantidad de aire necesario para la combustión incompleta de 1 Kg de combustible es:

$$L_o = \frac{1}{0,23} \left[ \frac{4}{3}(2 - \phi)C + 8H - O_C \right] \quad (7)$$

## 3. CONCEPTOS

Ciclos termodinámicos

CICLO OTTO (Gasolinero): Es el ciclo idealizado de los motores a gasolina o de encendido por chispa y está compuesto de cuatro procesos. Comprensión isoentrópica, combustión a volumen constante,

expansión isoentrópica y expulsión de gases a volumen constante. Además de estos procesos es necesario considerar dos carreras adicionales de pistón del motor que corresponden a la admisión de la mezcla aire – combustible y la de barrido de los gases.

Eficiencia del Ciclo OTTO:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon^{K-1}} \quad (8)$$

$\epsilon$ : Relación de compresión (6 – 9.5);  $K(\text{aire}) = 1,3$

CICLO DIESEL (Petrolero): La diferencia fundamental de este ciclo con el ciclo Otto radica en el hecho que durante la admisión el motor absorbe únicamente aire, que es comprimido hasta alcanzar una temperatura por encima de la correspondiente a la autoignición del combustible, de tal forma que si al final de la compresión se inyecta combustible a la mezcla éste se encenderá automáticamente. La combustión se realiza a presión constante.

Eficiencia del Ciclo DIESEL:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon^{K-1}} \cdot \frac{\rho^{K-1}}{K(\rho-1)} \quad (9)$$

$\rho$ : Grado de expansión previa (Relación de combustión a presión constante)

Eficiencia térmica de una máquina térmica ( $\eta$ ):

$$\eta = \frac{\text{Trabajo realizado por la máquina}}{\text{Calor recibido por la máquina}} \quad (10)$$

$0 < \eta < 1$

Calor que se desprende por la combustión de combustibles líquidos [7]

Combustión completa. Se puede calcular utilizando la fórmula:

$$H_u = H_o - (2512 + 9H + W) \left( \frac{KJ}{Kg} \right) \quad (11)$$

Siendo  $H_o$ , el calor total desprendido durante la combustión (kJ). La cantidad de calor necesario para generar 1 Kg de vapor de agua es 2512 kJ.  $9H$  es la cantidad de vapor de agua que se forma al arder 1 Kg de combustible, siendo  $H$ , la fracción de masa de hidrógeno que contiene 1 kg de combustible.  $W$  es la cantidad de humedad que hay en 1 Kg de combustible.

Componentes de los gases de escape. Definamos el coeficiente de exceso de aire ( $\alpha$ )

$$\alpha = \frac{l}{l_o} \quad (12)$$

Siendo  $l$  la cantidad teórica de aire necesario para la combustión de 1 Kg de combustible;  $l_o$  la cantidad real de aire necesario para la combustión de 1 Kg de combustible. Motores Otto:  $\alpha: 0,85 - 1,15$  y Motores Diesel:  $\alpha: 1,3 - 5$

Los componentes tóxicos de los gases de escape son:

i/ Monóxido de carbono (CO) cuando  $\alpha < 1$  (combustión incompleta la cantidad de CO puede alcanzar: 10 – 12% (en volumen) del total de los productos de la combustión.

ii/ El óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) se encuentran en pequeña cantidad (0,8 mg/l).

iii/ El anhídrido sulfuroso (SO<sub>2</sub>) y el ácido sulfhídrico H<sub>2</sub>S, se forman cuando el motor funciona con combustibles que contienen azufre. La cantidad de SO<sub>2</sub> puede llegar hasta 250 mg/l. La H<sub>2</sub>S es insignificante.

Recomendaciones técnicas para mejorar la eficiencia térmica en las máquinas térmicas [8]: Motores Otto (automóviles), RPM en el eje: 3500;

Carga, 75% de la plena carga (máxima potencia). Motores Diesel (Camiones Petroleros), RPM en el eje: 1500; Carga, 75% de la plena carga.

## DOMINIO METODOLÓGICO

### **METODOLOGÍA**

Elaboración de una matriz, al que llamamos Proyecto formativo I y que se describe a continuación,

<b>PROYECTO FORMATIVO I</b>	
<p><b>ÁREA DE FORMACIÓN:</b> FÍSICA GENERAL II</p> <p><b>PROYECTO FORMATIVO I:</b> IMPLEMENTACIÓN DE LA CULTURA EN TERMODINÁMICA PARA INTERPRETAR LA SITUACIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR DE LIMA.</p> <p><b>CONTENIDOS ABORDADOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calor y trabajo</li> <li>• Primera y segunda ley de la termodinámica</li> <li>• Procesos y ciclos termodinámicos</li> <li>• Ciclo de Carnot</li> <li>• Ciclo Otto y Diesel.</li> </ul>	<p><b>CURSO:</b> Física II – FI204  <b>DURACIÓN:</b> 04 semanas.  <b>DOCENTE:</b> Ing. Juan Ignacio Sánchez Dávalos  <b>ESTRATEGIA DIDÁCTICA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lección magistral</li> <li>• Gestión de Proyectos</li> <li>• Trabajo de campo y laboratorio</li> <li>• Trabajo colaborativo.</li> </ul> <p><b>FECHA DE ENTREGA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión del diseño:</li> <li>• Primera revisión:</li> <li>• Entrega del informe:</li> </ul>
<p><b>COMPETENCIA QUE SE VA A CONTRIBUIR A FORMAR:</b> Gestiona proyectos creativos e innovadores que permitan a tener una cultura termodinámica, para poder interpretar la situación del Parque Automotor de Lima, para luego proponer soluciones alternativas que se adecuen a la realidad aplicando la termodinámica y la teoría de máquinas de combustión interna.</p>	
<p><b>PROBLEMA DE CONTEXTO:</b> ¿Cómo implementar una cultura en la termodinámica, para poder interpretar la situación del Parque Automotor de Lima y proponer soluciones a los problemas como la contaminación del aire atmosférico, el tránsito vehicular entre otros?</p>	
<p><b>TRANSVERSALIDAD:</b> Parque Automotor de Lima, Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)</p>	
<p><b>CRITERIOS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>8. Trabaja de manera colaboradora para la gestión de información de la situación del Parque Automotor de Lima.</li> <li>9. Diagnostica la contaminación del aire atmosférico debido a los gases de escape, producto de la combustión.</li> <li>10. Elabora Informes Técnicos de la contaminación del aire atmosférico, según las normas de la Organización Mundial de la Salud (OMS).</li> <li>11. Gestiona recursos, seminarios, convenciones con el propósito de implementar un proyecto de cultura en la termodinámica para el diagnóstico del Parque Automotor de Lima.</li> </ol>	<p><b>EVIDENCIAS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. UVE <u>Heurística</u> del problema a estudiar aplicando los conocimientos de la termodinámica y las máquinas de combustión interna.</li> <li>2. Informe de ejecución del proyecto.</li> <li>3. Registro del trabajo colaborativo en el proyecto.</li> </ol>
<p><b>TAREA</b></p> <p><b>INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA SOBRE LA SITUACIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR DE LIMA</b></p> <p>Se sabe que no de los contaminantes del aire que mayor incidencia tiene, es el mal estado de los motores y su antigüedad. Siendo así que la combustión del combustible es incompleta y eliminando monóxido de carbono al medio ambiente. Presente un Informe técnico sobre la contaminación del aire atmosférico, ocasionado por el Parque Automotor de Lima.</p>	

Instalación de un grupo de trabajo de 4 estudiantes: Ver formato 01

**FORMATO 01**

**FORMATO DE INSTALACIÓN DE GRUPO DE TRABAJO** (Este formato debe ser llenado solo una vez por ciclo y en él se deben detallar las consideraciones de cómo se van a trabajar: hora, fecha y lugar de la reunión, disponibilidad de la logística computadora internet, laptops, correos teléfonos, reglas de juego lo más detallado posible, planes de contingencia, análisis FODA de los integrantes, etc.)

<b>PROYECTO:</b>			
FIQT-UNI	CURSO:	CÓDIGO CURSO:	FECHA:
<b>INFORME RESUMEN SOBRE LA INSTALACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO</b>			
<b>FUNCIONES DESARROLLADAS POR CADA COMPONENTE DEL GRUPO (Estos roles no son permanentes y se instalan para cada trabajo en equipo)</b>			
NOMBRE 1:	CARGO: Jefe de proyecto	TELÉFONO:	EMAIL:
NOMBRE 2:	CARGO: Secretario	TELÉFONO:	EMAIL:
...			
REGLAMENTACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO (horarios, tareas, roles, responsabilidades)			
INCIDENCIAS (Caracterización del grupo en relación a la operatividad del equipo de trabajo)			
PLANIFICACIÓN GENERAL DE LA FORMA DE TRABAJO DEL GRUPO			

VºBº:.....

Fecha:

Planificación de los trabajos colaborativos por cada proyecto. Ver formato 02.

**FORMATO 02**

**PLANIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS COLABORATIVOS** (Este formato se llena una vez por cada trabajo. Donde se planifica antes de iniciar el trabajo todo lo que se tiene que resolver: la logística la distribución de tareas, el liderazgo y las responsabilidades las estrategias para resolver cada una de los problemas, fechas y plazos junto con los responsables para abordar cada problema a resolver, hasta la entrega final considerando todas las contingencias posibles.

<b>CONTROL Y SEGUIMIENTO DE PROYECTOS</b>			
<b>TRABAJO N°:</b>	<b>GRUPO:</b>		
<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b>	<b>RESPONSABLES:</b>	<b>VºBº</b>	
	<b>INTEGRANTES:</b>	<b>FECHA DE ENTREGA PLANIFICADA:</b>	
	1.		
	2.		
	...		
<b>PROBLEMAS Y CONTRATIEMPOS CRÍTICOS</b>			
<b>Producto entregable</b>	<b>Identificación problemas que enfrentar para abordar el trabajo</b>	<b>Estrategias para abordar la solución de los problemas</b>	<b>Propuestas y sugerencias orientadas al logro de los objetivos</b>
<b>Trabajo N°:</b>			
<b>Título del trabajo:</b>			

Control y seguimiento del proyecto: Ver formato 03.

FORMATO 03

**FORMATO DE INCIDENCIAS DE LAS REUNIONES DE LOS GRUPOS DE TRABAJO** (cada sesión de trabajo se entrega este formato donde se debe considerar todas las incidencias de la reunión, faltas, tardanzas, incumplimientos, contingencias Análisis FODA de los integrantes, logros en la solución de problemas, cumplimiento en la socialización del aprendizaje, (¿todos aprendieron?) y la planificación de las tareas para la siguiente reunión)

CONTROL Y SEGUIMIENTO DE PROYECTOS (Llenado por el Jefe del Proyecto)			
TRABAJO N°: NOMBRE DEL PROYECTO:		GRUPO: RESPONSABLE:	V°B°
Evaluación del responsable en relación a la reunión (tiempos, participación, faltas, logro de objetivos, evaluación sobre el cumplimiento)			
PROBLEMAS Y CONTRATIEMPOS CRÍTICOS			
Producto entregable	Logros en la solución de los problemas	Socialización del aprendizaje	Planificación del trabajo hasta la siguiente reunión
Trabajo N°:			
Título del trabajo:			

Entrega del informe: Ver formato 04.

FORMATO 04

**FORMATO DE ENTREGA DEL INFORME** (solo se llena un formato por cada trabajo entregado. Si el trabajo implica varias tareas en este formato se resume todas las incidencias para todas las tareas del trabajo)

PROYECTO:			
FIQT-UNI	CURSO:	CÓDIGO CURSO:	FECHA:
INFORME FINAL EJECUTIVO PARA LA ENTREGA DEL PRODUCTO TERMINADO			
FUNCIONES DESARROLLADAS POR CADA COMPONENTE DEL GRUPO (Estos roles no son permanentes y se instalan para cada trabajo en equipo)			
NOMBRE 1:	CARGO: Jefe de proyecto	TELÉFONO:	EMAIL:
NOMBRE 2:	CARGO: Secretario	TELÉFONO:	EMAIL:
***			
Informe sobre los obstáculos que se tuvieron que superar para el logro de los objetivos propuestos			
Debilidades del grupo o sus miembros (metas propuestas para ser superadas en el siguiente proyecto)			
Valoración del Jefe del Proyecto (marque con un aspa, X)			
Valore el trabajo de todo el grupo:	Valore su proyecto final:	Valore la eficacia/eficiencia del trabajo colaborativo:	

V°B°:.....  
Fecha:

Valoración global del informe. Ver anexo 05.

ANEXO 05

RÚBRICA PARA LA CALIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS COLABORATIVOS

CRITERIO	Sin competencia 35%	Deficiente 50%	Insuficiente 60%	En proceso de adquirir la competencia 80%	Competente 100%
Tiempos de entrega	No entrego el informe	Informe incompleto con entrega a destiempo	Informe completo con entrega a destiempo (más de 1 día de retraso)	Informe completo con un retraso de 1 día	Informe completo con entrega a tiempo
Estructura de informe	No entrego el informe	Estructura propia e inadecuada de los autores sin seguir los lineamientos establecidos	Estructura propia y adecuada de los autores sin seguir los lineamientos establecidos	Estructura adecuada siguiendo más del 80% de los lineamientos establecidos	Estructura adecuada siguiendo el 100% de los lineamientos establecidos
Normas APA de redacción	No entrego el informe	Informe con estilo propio sin reflejar las normas APA	Informe siguiendo otras normas de redacción	Informe que sigue más del 80% de la estructura propuesta por normas APA	Informe que sigue el 100% de la estructura propuesta por normas APA
Trabajo colaborativo	No entrego el informe	El trabajo ha sido desarrollado por algunos miembros del grupo	El trabajo ha sido desarrollado en forma grupal	El trabajo se ha desarrollado en forma colaborativa con la participación de la mayoría de los miembros del grupo	El trabajo se ha desarrollado en forma colaborativa con la participación de todos los miembros de grupo
Valoración global del informe (Promedio)	$\text{nota final} = \frac{\text{tiempo entrega} + \text{estructura informe} + \text{normas APA} + 3\text{trabajo colaborativo}}{6}$				

RESULTADOS

Parque automotor de Lima

De las emisiones atmosféricas relevantes que afectan a millones de personas que viven en la capital, las del parque automotor que circula diariamente por sus vías – el mayor del país – es la fuente más importante. Las estaciones de medición pública y privada monitorean las cantidades de contaminantes presentes en diversos puntos de la ciudad y nos permiten formular indicadores de calidad del aire.

El parque automotor del país, en términos globales es antiguo, pues aproximadamente el 80% de los vehículos ingresados al país vía CETICOS y ZOFRATACNA, son usados y reacondicionados, influenciando en la edad promedio del parque automotor del servicio público que es 22.5 años, mientras del privado es 15.5 años, lo que ha generado el agravamiento de la contaminación ambiental, superando los estándares internacionales que miden la calidad del aire.

A fin de contribuir a revertir esta situación, se ha creado el Programa para la Renovación del Parque Automotor (chatarreo), inicialmente con vehículos de la categoría M1 con más de 15 años de antigüedad. Asimismo se ha establecido (D.S. N° 017-2009-MTC) que la antigüedad máxima de los vehículos de transporte público es de 15 años. Cabe resaltar que en los últimos cinco años la importación de vehículos nuevos viene

superando la importación de los vehículos usados (MTC). Según la Oficina General de Planificación y Presupuestos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el parque automotor de Lima se estima en 1 752 919 vehículos el año 2016 como se indica en la Tabla 1. En la Tabla 2 se indica la evolución del parque automotor de Lima desde el año 2007-2016. La Figura 1 muestra la evolución del parque vehicular estimado a nivel nacional.

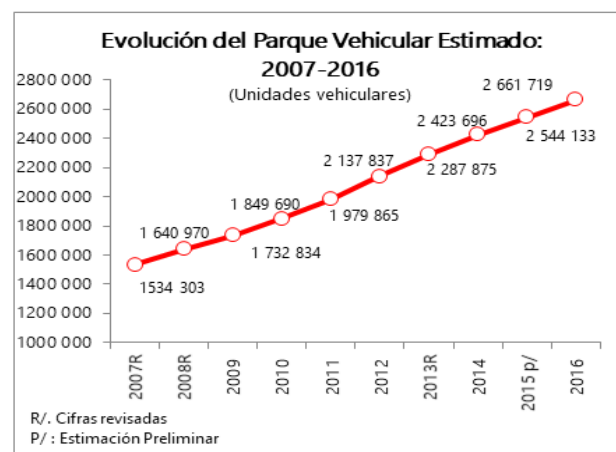


Figura 2. Evolución del parque automotor peruano

Tabla 1. Parque Automotor Nacional en 2016 estimado por clase de vehículo, en Lima (y Callao) y el total nacional. Fuente: MTC - OGPP - OFICINA DE ESTADISTICA

CLASE DE VEHICULO										
Departamento	TOTAL	Automovil	Station Wagon	Camionetas			Omnibus	Camión	Remolcador	Remolque Semi-Rem.
				Pick Up	Rural	Panel				
Lima <sup>1/</sup>	1 752 919	807 529	284 251	163 793	236 502	31 006	50 441	116 601	29 520	33 276
<b>Total Nacional</b>	<b>1752 919</b>	<b>807 529</b>	<b>284 251</b>	<b>163 793</b>	<b>236 502</b>	<b>31,006</b>	<b>50,441</b>	<b>116,601</b>	<b>29,520</b>	<b>33 276</b>

Tabla 2. Parque Vehicular Estimado, en Lima (y Callao) y el total nacional (2007-2016). Fuente: Superintendencia Nacional de los Registros Públicos (SUNARP)

R/. Cifras revisadas, reajustadas por haberse detectado mayor incremento de inscripciones vehiculares.

P/: Estimacion Preliminar.

(Unidades Vehiculares)

DEPARTAMENTO	2007 <sup>R</sup>	2008 <sup>R</sup>	2009	2010	2011	2012	2013 <sup>R</sup>	2014	2015 <sup>P/</sup>	2016
Lima y Callao	957 368	1 036 850	1 106 444	1 195 353	1 287 454	1 395 576	1 498 037	1 590 755	1 674 145	1 752 919
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>1534 303</b>	<b>1 640 970</b>	<b>1 732 834</b>	<b>1 849 690</b>	<b>1 979 865</b>	<b>2 137 837</b>	<b>2 287 875</b>	<b>2 423 696</b>	<b>2 544 133</b>	<b>2 661 719</b>

### Contaminantes permitidos en el aire para Lima Metropolitana

En el Perú, diferentes organismos y entidades se encargan de realizar estudios para verificar los niveles de contaminación existentes y su evolución con el tiempo. Dentro de estas entidades encontramos al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), el Ministerio del Medio Ambiente (MINAM), el Ministerio de Salud (MINSAL), el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Ministerio de Transportes (MTC) y diferentes organizaciones que aúnan sus investigaciones para llegar a conclusiones y datos muchos más específicos. El SENAMHI es uno de los 188 servicios meteorológicos reconocidas por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), por lo

cual efectúa las acciones correspondientes en mérito a los convenios sobre composición atmosférica como el convenio de Viena para la protección de la capa de ozono (1985) y la Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (1994).

Entre los principales resultados, se destaca que el mayor problema de contaminación nacional se da en Lima Metropolitana donde son muy elevadas las concentraciones de material particulado menor a 10 micrómetros (PM10), dióxido de azufre SO<sub>2</sub>, dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) monóxido de nitrógeno (NO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y ozono superficial (O<sub>3</sub>). Cabe destacar que en el distrito de Ate y en 2011 la concentración de PM10 sobrepasaba en 48 veces el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) (Ver Fig. 2).



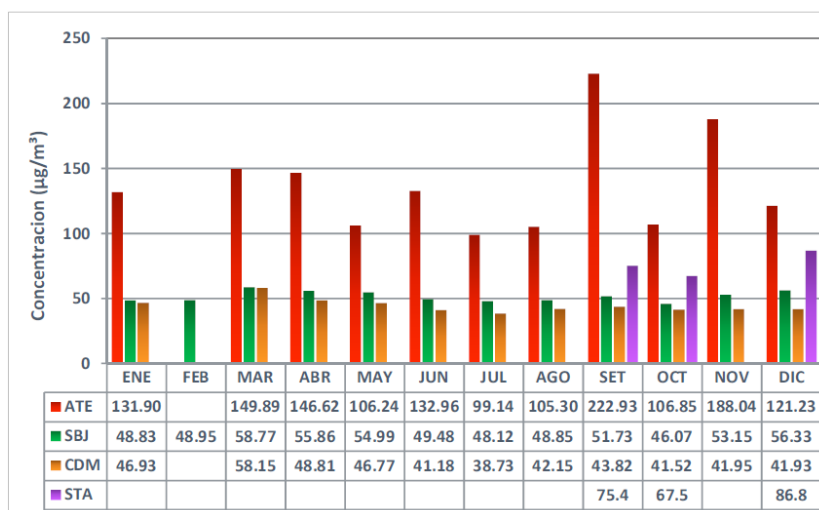


Figura 3. Concentración Media mensual de PM10, en el año 2011, en las estaciones de SENAMHI

También SENAMHI verifica que se cumplan los Estándares Nacionales de Calidad del Aire (ECA) establecidos por el Decreto Supremo 003-2017-MINAM (Ver Tabla 3).

Parámetros	Período	Valor [µg/m³]	Criterios de evaluación	Método de análisis [1]
Benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM <sub>2.5</sub> )	Anual	50	Media aritmética anual	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	Anual	25	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	100	Media aritmética anual	

Tabla 3. Estándares de Calidad Ambiental para Aire, ECA-MINAM.

Los motores de combustión interna de los vehículos emiten varios tipos de gases y partículas que contaminan el medio ambiente. Los productos que en mayor cantidad se emiten, son: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), sulfuro de hidrógeno

(H<sub>2</sub>S) y también macropartículas (PM<sub>10</sub>) – SENAMHI basado en el Decreto Supremo N° 009-2003-SA y el Decreto Supremo N° 012-2005-SA, elaboró Tabla de Estados de Alerta Nacionales para contaminantes del aire. Ver Tabla 4.

Tabla 4. Estado de Alerta Nacionales para Contaminantes del Aire. Fuente= SENAMHI

Tipos de alerta	Material particulado (PM <sub>10</sub> )		Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )		Monóxido de carbono (CO)		Sulfuro de hidrogeno (H <sub>2</sub> S)	
	µg/m <sup>3</sup>	Periodo	µg/m <sup>3</sup>	Periodo	µg/m <sup>3</sup>	Periodo	µg/m <sup>3</sup>	Periodo
Cuidado	> 250	promedio aritmético 24 horas	> 500	promedio móvil 3 horas	> 1500	promedio móvil 8 horas	> 1500	promedio móvil 24 horas
Peligro	> 350	promedio aritmético 24 horas	> 1500	promedio móvil 2 horas	> 2000	promedio móvil 8 horas	> 3000	promedio móvil 24 horas
Emergencia	> 420	promedio aritmético 24 horas	> 2500	promedio móvil 90 minutos	> 35000	promedio móvil 8 horas	> 5000	promedio móvil 24 horas



### Emisión de Monóxido de Carbono (CO) en Lima Metropolitana

El CO se genera por combustión incompleta en el motor de un vehículo. La emisión de CO generada por el

parque automotor de Lima (ver Tabla 5) está en un rango de (2845.5 – 33.8)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  convertimos a ppm = (2.489 – 0.0296) ppm. El índice de CO permitido es de 0.1 ppm, valores superiores producen síntomas como dolor de cabeza, náusea y fatiga.

Tabla 5. Emisión de CO en Lima Metropolitana. Fuente: SENAMHI

ESTACIONES DE CALIDAD DE AIRE										
2016 mes	Lima Este 1 (Ate)	Lima Sur 1 (San Borja)	Lima Centro (Jesús María-Campo de Marte)	Lima Este 2 (Santa Anita)	Lima Sur 2 (Villa María del Triunfo)	Lima Este 3 (Huachipa)	Lima Este 4 (San Juan de Lurigancho)	Lima Norte 1 (San Martín de Porres)	Lima Norte 2 (Carabayllo)	Lima Norte 3 (Puente Piedra)
Enero	...	642,2	264,4	856,8	600,9	181,3	294,9	1 189,5	665,4	1 268,7
Febrero	...	641,1	325,4	...	586,1	393,5	574,7	1039,9	598,4	1378,0
Marzo	1088,8	...	358,5	952,2	670,7	655,3	420,4	1038,2	632,3	488,1
Abril	904,2	...	328,9	1069,5	...	633,1	711,8	948,9	349,7	701,5
Mayo	2360,2	...	333,8	1179,8	880,2	755,6	903,2	959,6	392,8	712,7
Junio	2845,5	...	349,3	1056,5	903,1	...	918,5	...	876,4	...
Variación porcentual										
Respecto al mes anterior	20,6	...	4,6	-10,5	2,6	...	1,7	...	123,1	...
<b>E CA Nacional: 10 000 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>										

### Emisión de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) en Lima Metropolitana.

El dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) es un gas pesado, incoloro e inodoro en concentraciones bajas y de color ocre en concentraciones altas. La emisión de SO<sub>2</sub> generada por

el parque automotor de Lima como se indica en la Tabla 6 está en un rango de (56,9 – 1,9)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . El índice más bajo registrado en Lima el 2016 fue en abril (estación Campo de Marte – Jesús María), mientras el más alto fue en Mayo (Estación – Ate). El índice de SO<sub>2</sub> permitido es de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (OMS)

Tabla 6. Emisión de SO<sub>2</sub> en Lima Metropolitana. Fuente: SENAMHI

ESTACIONES DE CALIDAD DE AIRE										
2016 Mes	Lima Este 1 (Ate)	Lima Sur 1 (San Borja)	Lima Centro (Jesús María-Campo de Marte)	Lima Este 2 (Santa Anita)	Lima Sur 2 (Villa María del Triunfo)	Lima Este 3 (Huachipa)	Lima Este 4 (San Juan de Lurigancho)	Lima Norte 1 (San Martín de Porres)	Lima Norte 2 (Carabayllo)	Lima Norte 3 (Puente Piedra)
Enero	...	...	...	5,4	4,7	17,0	45,2	38,8	7,2	31,7
Febrero	...	6,3	...	...	6,4	22,8	8,9	36,4	6,9	11,0
Marzo	9,2	7,4	...	...	...	21,5	6,4	...	4,9	17,0
Abril	27,60	8,8	1,9	10,9	...	16,8	8,3	4,6	6,2	15,1
Mayo	56,9	13,5	...	17,0	3,8	26,8	11,4	9,0	7,2	15,9
Junio	30,5	16,4	...	15,3	3,4	...	12,8	...	...	...
Variación porcentual										
Respecto al mes anterior	-46,4	21,5	...	-10	-10,5	...	12,3	...	...	...
<b>E CA Nacional: 10 000 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>										

### Emisión de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) en Lima Metropolitana.

El dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) es un gas de color marrón claro o amarillo, producido por la quema de combustibles a altas temperaturas, como es el caso de las termoeléctricas, plantas industriales y la combustión

del parque automotor. La emisión de NO<sub>2</sub> generado por el parque automotor de Lima como se indica en la Tabla 7 está en un rango de (91.7 – 4.0)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . El índice más bajo registrado en Lima el 2016 fue en Junio (Estación Santa Anita) mientras el más alto fue en Junio (Estación Ate). El índice de NO<sub>2</sub> permitido es de 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , OMS.

Tabla 7. Emisión de NO<sub>2</sub> en Lima Metropolitana.

ESTACIONES DE CALIDAD DE AIRE										
2016 Mes	Lima Este 1 (Ate)	Lima Sur 1 (San Borja)	Lima Centro (Jesús María-Campo de Marte)	Lima Este 2 (Santa Anita)	Lima Sur 2 (Villa María del Triunfo)	Lima Este 3 (Huachipa)	Lima Este 4 (San Juan de Lurigancho)	Lima Norte 1 (San Martín de Porres)	Lima Norte 2 (Carabayllo)	Lima Norte 3 (Puente Piedra)
Enero	...	...	58,8	...	6,7	20,7	...	14,8	11,4	40,3
Febrero	...	14,0	42,9	...	13,7	23,1	20,9	13,4	11,4	36,1
Marzo	37,4	16,1	11,9	4,6	22,9	24,9	24,7	15,8	20,5	37,1
Abril	51,8	20,6	23,9	7,6	...	29,2	38,9	19,2	24,5	32,3
Mayo	65,7	39,2	30,3	5,3	24,7	34,1	54,2	24,7	32,7	34,7
Junio	91,7	48	35,6	4,0	24,8	...	63,1	...	34,1	...
Variación porcentual										
Respecto al mes anterior	39,6	22,4	17,5	-24,5	0,4	...	16,4	...	4,3	...

ECA Nacional: 10 000 ug/m<sup>3</sup>

ug/m<sup>3</sup>: Microgramo por metro cúbico.

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)-Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) elaboró en el 2016 un nuevo modelo de calidad del aire que confirma que el 92% de la Población Mundial vive en lugares donde los niveles de calidad del aire exceden los

límites fijados por este organismo. Las guías de calidad del aire de la OMS tienen por objeto ofrecer orientación sobre la manera de reducir los efectos de la contaminación del aire en la salud. Ver Tabla 8.

Tabla 8. Normas de Calidad del Aire de la OMS en diferentes países

Contaminante	PM 10		PM 2.5		SO <sub>2</sub>		O <sub>3</sub>		NO <sub>2</sub>	
	Máx. Prom. 24 hr	Media Arit. Anual	Máx. Prom. 24 hr	Media Arit. Anual	Máx. Prom. 24 hr	Media Arit. Anual	Máx. Prom. 24 hr	Media Arit. Anual	Máx. Prom. 24 hr	Media Arit. Anual
Concentración	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>
OMS (a)	50	20	25	10	20	500***	100***	50	200*	40
EPA-USA (b)	150	50	65	15	366	78	157		100	
SUIZA	50	20			100	30	120*		80**	30
EEA (c)	50	20			125	79	120		200	40
México	150	50	65		341	79	157		395	
Bolivia	150	50			365	80	236*		400	150**
Chile	150		65	15	250	80	160*			100
Perú	150	50	50		80		120		200	100
Argentina	150	50			365	80			100	
Brasil	150	50			365	80				100
Costa Rica	150	50			365	80				100
Ecuador (31, 32)	150 (33)	50			350 (27)	80			150	100 (27)
Estados Unidos	150 (33)	50			366 (27)	79 (27)				100
Japón	100				104				104-112	
Chile	150	50			250	80				100
Colombia					400 (27)	100			100	

\* 1 Hora  
 \*\* 24 Hora  
 \*\*\* 8 Horas  
 (a) Organización Mundial de La Salud  
 (b) Agencia de Protección Ambiental (Siglas en Ingles)  
 (c) European Enviromental Agency  
 (27) No puede ser superada mas de una vez por año  
 (29) Promedio maximo horario  
 (31) Particulas sedimentales  
 (32) Material particulado menor a 2.5 micrones  
 (33) Valor que no podra ser excedido más de dos veces al año

Fuente: Ministerio de Salud (MINS)-Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). (2011)

## CONCLUSIONES

Mediante el proyecto formativo elaborado, se demostró que los contenidos del sílabo del curso de Física General II (leyes de la termodinámica) sirven de base para elaborar el sílabo del curso basado en competencias.

Los resultados demostraron que el parque automotor de Lima se estima en 1752919 vehículos en el año 2016 (MTC); su evolución de 957368 a 1752919 vehículos entre los años 2007-2016 (SUNARP). Además la edad promedio del parque automotor de Lima es de 22,5 años para el servicio público y del privado 15,5 años. Esto ha generado el agravamiento de la contaminación ambiental.

La emisión de gases contaminantes generados por el parque automotor de Lima (SENAMHI) es:

CO: (2,489 – 0,0296) ppm. El índice permitido es de 0,1 ppm (OMS).

SO<sub>2</sub>: (56,6 -1,9) µg/m<sup>3</sup> el índice es permitido es de 20 µg/m<sup>3</sup> (OMS).

NO<sub>2</sub>: (91,7 -4,0) µg/m<sup>3</sup> el índice es permitido es de 40 µg/m<sup>3</sup> (OMS).

Los índices de contaminación encontrados de Monóxido de Carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>),

dióxido de Nitrógeno y las altas concentraciones de material particulado menor a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>), nos permiten a nivel de la población de Lima, plantear una cultura en termodinámica para mejorar la situación del parque automotor y bajar los índices de contaminación del aire.

Una cultura que involucre los siguientes aspectos:

1. Reordenamiento del tránsito vehicular.
2. Construcción del medio de transporte masivo.
3. Impulsar una cultura en termodinámica en la población.
4. Renovación del parque automotor.

## REFERENCES

- [1] Tallman D E, Wallace G G 1997 *Synth. Met.* **90** 13
- [2] Kroto H W, Fischer J E, Cox D E 1993 *The Fullerenes* Pergamon:Oxford
- [3] MacDiarmid A G, Epstein A J 1991 in ed.W R Salaneck, D T Clark, E J Samuelson *Science and Applications of Conducting Polymers* Adam Hilger: Bristol p.117
- [4] Eaton D I 1975 *Porous glass support material* US Patent No. 3 904



Los artículos publicados por TECNIA pueden ser compartidos a través de la licencia Creative Commons: CC BY-NC-ND 2.5 Perú. Permisos lejos de este alcance pueden ser consultados a través del correo [revistas@uni.edu.pe](mailto:revistas@uni.edu.pe)