**APLICACIÓN DE CONCEPTOS DE TERMODINÁMICA A MICROECONOMÍA**

*Rodrigo Antonio Trinidad Ortega*

*rodant10@gmail.com*

*Licenciado en Física Aplicada*

*Asesor: Ingeniero Civil, José Rodolfo Samayoa Dardón*

**RESUMEN**

Se realizó un tratamiento de los sistemas económicos de la misma forma en que se tratan los sistemas termodinámicos, estableciendo un equivalente entre sus principales variables, con el ánimo de contribuir a aportar un mayor grado de claridad, orden conceptual y rigurosidad en algunos de sus planteamientos económicos, particularmente la microeconomía en referencia con la teoría del consumidor.

***Palabras clave:*** *termodinámica, mecánica estadística, microeconomía, teoría del consumidor.*

**CUERPO**

El trabajo está estructurado en cuatro capítulos, de los cuales los primeros tres tienen una estructura similar, desarrollando una descripción teórica de cada una de las disciplinas utilizadas para la aplicación descrita en el cuarto capítulo. A continuación se describe el contendido de cada uno:

En el primer capítulo se desarrollan los principales conceptos de termodinámica. Primero se realiza una descripción de conceptos básicos que enmarcan todo el lenguaje utilizado a lo largo de este capítulo. Luego se describen los cuatro principios de esta disciplina, se presenta su ecuación fundamental para las diversas formas de energía y finalmente se exponen las relaciones de Maxwell y Gibbs-Duhem.

El segundo capítulo corresponde al desarrollo de la mecánica estadística. Al principio se presenta un esquema general de esta disciplina, para luego centrar la atención en la distribución de Maxwell-Boltzmann, describiendo sus principales conceptos y resultados.

El tercer capítulo corresponde al estudio de la microeconomía desde la perspectiva de la teoría del consumidor. Se exponen los fundamentos sobre esta teoría, con especial énfasis en los conceptos necesarios para establecer la función de utilidad como representación de las preferencias del consumidor.

Finalmente en el cuarto capítulo se presenta la aplicación de los conceptos desarrollados en los capítulos precedentes a través de algunas analogías establecidas al inicio de cada sección. Básicamente este capítulo se divide en dos partes: la primera corresponde a la aplicación de la termodinámica sobre la microeconomía, obteniendo la ecuación de estado para la utilidad y las relaciones de Maxwell y Gibbs-Duhem de la economía. También se expone el concepto de temperatura y entropía económica como una medida del desarrollo y desorden en la economía. En la segunda parte se hace uso de lo desarrollado del segundo capítulo para obtener una ecuación que exprese la distribución de la riqueza en las economías.

**RESULTADOS**

De la aplicación de la termodinámica sobre la economías se obtuvo:

1. Ecuación de estado de la utilidad:
2. Relaciones de Maxwell en la economía:
3. Relación de Gibbs-Dehum de la economía:

Donde:

* corresponde a la función de utilidad
* es la temperatura económica
* es la entropía económica
* es el valor del dinero
* es la cantidad de dinero
* es la cantidad de bienes diferentes
* es el precio del -ésimo bien
* es la cantidad del -ésimo bien

De la aplicación de la mecánica estadística, específicamente del desarrollo de Maxwell-Botzman se obtiene:

Donde:

* es el número óptimo de individuos en -ésimo nivel de riqueza
* son constantes positivas
* es el -ésimo nivel de riqueza

**CONCLUSIONES**

1. La aplicación del formalismo matemático desarrollado para la termodinámica y mecánica estadística sobre la economía, mediante el establecimiento de algunas analogías básicas en los sistemas de dichas disciplinas, permitió derivar algunos resultados económicos interesantes.
2. A través de este formalismo fue posible introducir dos variables económicas, normalmente no contempladas en el estudio clásico de esta disciplina: la temperatura y entropía económica, como medida del desarrollo y desorden económico respectivamente.
3. Se determinó la función de estado para la utilidad, ecuación (), la cual quedó especificada por las principales variables en el sistema económico, de donde es posible derivar las utilidades marginales de los bienes y del dinero, y la relación entre la utilidad de los individuos con el desarrollo y desorden en la economía.
4. Se determinaron las relaciones de Maxwell de la economía, ecuaciones (2), las cuales proveen un mecanismo que permite medir las variaciones en la temperatura y entropía económica, en función de las demás variables del sistema cuya medición resulta factible.
5. Se determinó la relación de Gibb-Duhem de la economía, ecuación (3), la cual permite relacionar los cambios en las variables intensivas en el sistema económico. De esta relación se hace evidente como la disminución de los precios de los bienes y dinero aumentan la temperatura económica lo que se traduce en un mayor desarrollo económico.
6. Finalmente, se estableció una expresión que muestra la distribución de los individuos en el sistema económico con referencia a la cantidad de la riqueza de estos, ecuación (4). En esta expresión muestra una forma piramidal para dicha distribución, tal y como lo muestran la mayor parte de las economías.

**RECOMENDACIONES**

1. Considerando la flexibilidad en algunos supuestos realizados en este estudio, las relaciones encontradas pueden ser verificadas a través de algún tipo de estudio econométrico.
2. Se pueden considerar algún otro tipo de analogías entre otras ramas de la física y la economía para comparar así los resultados obtenidos entre estas aplicaciones.
3. Los resultados obtenidos en este trabajo constituyen solo una parte de los que es posible conseguir en base a las analogías propuestas, por lo que el desarrollo realizado puede ser extendido. Por ejemplo: se puede estudiar el caso en el que la economía se trata como un sistema abierto, lo que resulta una situación más realista, para lo cual puede convenir más seguir el trabajando con la mecánica, específicamente con los otros tipos de colectividades no tratados.

**BIBLIOGRAFÍA**

1. ALBERTY, Robert; SILBEY, Robert; BAWENDI Mongi. *Physical Chemistry*. 4a. ed. Estados Unidos: Wiley, 2004. 960 p. ISBN: 04-7121-504-2.
2. COSIN, Luis. *Una lección de física estadística*. [en línea] <http://crashoil. blogspot.com/2012/10/una-leccion-de-fisica-estad istica.html.> [Consulta: 5 de agosto de 2013.]
3. *Física estadística*. [en línea] <http://www. lawebdefisica.com/apuntsfis/estadistica/> [Consulta: 2 de diciembre de 2013.]
4. GAMERO, Rafael. *Termodinámica Avanzada.* [en línea] <http://www. sarecfiq.edu.ni/pmciq/che570/pdf/3a.pdf.> [Consulta: 1 de noviembre de 2013.]
5. GIL, Francisco. *Apuntes de Termodinámica*. [en línea] <http://www.dfists.ua.es-gil/apuntestermo.pdf> [Consulta: 1 de noviembre de 2013.]
6. GRATTON, Julio. *Termodinámica e introducción a la mecánica estadística*. [en línea] <http://www.lf p.uba.ar/es/notas%20de%20cursonotatermodinamica/Termodinamica.pdf.> [Consulta: 1 de noviembre de 2013.]
7. JEHLE, Geoffrey; RENY Philip. *Advanced microeconomic theory.* 3a. ed. Inglaterra: Pearson, 2011. 654 p. ISBN: 02-7373-191-7.
8. MEDEIROS, Milton. *Notas del curso: equilibrio termodinámico*. [en línea] <http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Materialdidacticoparaapoyodelcursodeequilibrioycinetica\\_14972.pdf> [Consulta: 25 de noviembre de 2013.]
9. Microeconomics. [en línea] <http://en. wikipedia.org/wiki/Microeconomics.> [Consulta: 15 de diciembre de 2013.]
10. ROLLE, Kurt. *Termodinámica*. 6a. ed. España: Pearson Education, 2006. 611 p. ISBN 97-0260-757-4.
11. SASLOW, Wayne. *An economic analogy to thermodynamics*. [en línea] <http ://users.df.uba.ar/giribet/f4/economic.pdf.> [Consulta: 2 de agosto de 2013.]
12. *Statistical mechanics*. [en línea] <http://en. wikipedia.org/wiki/Statistical\_mechanics> [Consulta: 2 de diciembre de 2013.]
13. *Stirling's approximation*. [en línea] <http://en. wikipedia.org/wiki/Stirling%27s\_approximation> Consulta: 5 de diciembre de 2013.]
14. TENG, Leo. *Homogeneous & Homothetic Functions.* [en línea] <http://peop le.stfx.ca/tleo/econ471lec5.pdf> [Consulta: 20 de noviembre de 2013.]
15. *Thermodynamics.* [en línea] <http://en.wikipedia.org/wiki/Thermodynam ics> [Consulta: 1 de octubre de 2013.]
16. VILLAR, Antonio. *Microeconomía*. 1a. ed. España: McGraw-Hill, 2006. 400 p. ISBN: 84-4814-652-2.
17. VARIAN, Hal. *Análisis Microeconómico*. Rabasco, Esther; Toharia, Luis (trad.).

3a. ed. España: Antoni Bosch Editor, 1992. 635 p.ISBN: 84-8585-563-9.

1. ZEMANSKY, Mark; DITTMAN Richard. *Calor y Termodinámica*. Masarnau, Juan (trad.). 6a. ed. México: McGraw-Hill, 1986. 584 p. ISBN: 96-8451-631-2.

**AGRADECIMIENTOS**

A Dios y a mi familia.

**AUTOR**

**

*Rodrigo Antonio Trinidad Ortega*

*Licenciado en Física Aplicada*

*Facultad de Ingeniería*

*Universidad de San Carlos de Guatemala*

**AN IMPLEMENTATION OF THERMODYNAMIC’S**

**TO ECONOMY**

*Rodrigo Antonio Trinidad Ortega*

*rodant10@gmail.com*

*Degree in applied physics*

*Advisor: José Rodolfo Samayoa Dardón, Civil Engineer*

**ABSTRACT**

A treatment of economic systems was realized in the same way that thermodynamic systems were treated, by establishing an equivalent of its main variables, in order of contribute to provide a greater degree of clarity, by adding order and conceptual rigor in some of the economics approaches, particularly in reference to microeconomics consumer theory.

***Keywords:*** *thermodynamics, statistical mechanics, microeconomics, consumer theory.*

**BODY**

The paper is structured in four chapters of which the first three have a similar structure, developing a theoretical description of each disciplines used for the application described in the fourth chapter.

In the first chapter the main concepts of thermodynamics are developed. First, a description of basic concepts was realized, then the four principles of this discipline are described, the fundamental equation is presented for the various forms of energy and Maxwell relations finally and Gibbs –Duhem are exposed.

The second chapter corresponds to the development of statistical mechanics. At first an overview of the discipline and then center the attention on the Maxwell-Boltzmann distribution is presented, describing its main concepts and results.

The third chapter is a study of microeconomics from the perspective of consumer theory. The basics of this theory with special emphasis on the concepts needed to establish the utility function as a representation of consumer preferences are set.

Finally, the fourth chapter shows the application of the concepts developed in the previous chapters, through some analogies established at the beginning of each section. Basically this chapter is divided in two parts: first is the application of thermodynamics on microeconomics, obtaining an equation of state for utility and Maxwell relations and Gibbs-Duhem in the economy. The concept of temperature and entropy as a measure of economic development and disorder in the economy are also discussed. In the second part the developed of the second chapter is used to obtain an equation that expresses the distribution of wealth in the economy.

**RESULTS**

By the application of thermodynamics on the analisys of economies, the results obtained were:

1. Equation of state of the utility:
2. Maxwell relations in economy:
3. Gibbs-Dehum relation in economy:

where:

* corresponds to utility functions
* is the economic temperature
* is the economic entropy
* is the value of money
* is the amount of money
* is the number of different goods
* is the price of goods
* is the amount of -th good

By the application of statistical mechanics, specifically the Maxwell-Boltzmann’s development the result obtained was:

where:

* is the optimal number of individuals in the ith level of wealth
* are positive constants
* is the ith level of wealth

**CONCLUTIONS**

1. The application of the mathematical formalism developed to thermodynamics and statistical mechanics on economics, through establish some basic similarities in the systems of these disciplines, can derive some interesting economic results.
2. Through this formalism was possible to introduce two economic variables usually not included in the classic study of this discipline: economic temperature and economic entropy as a measure of development and economic disorder respectively.
3. State function for the utility determined in the equation (1), was specified by the principal variables in the economic system from which we can derive the marginal utilities of goods and money and their relationship with the utility, was determined individually with the development and disorder in the economy.
4. Maxwell relations in the economy, determined in equation (2), can provide a mechanism to measure variations in temperature and entropy in economic, function of other variables whose measurement were determined feasible.
5. The Gibb -Duhem relation in the economy determined in the equation (3), allows us to relate changes in the intensive variables in the economic system. This relationship is evident as the decline in prices of goods and money making the economy temperature increase resulting in greater economic development .
6. Finally, an expression that shows the distribution of individuals in the economic system with reference to the amount of wealth of these, shown in the equation (4). In this expression a pyramidal shape for this distribution is established , as shown by most economies .

**RECOMMENDATIONS**

1. Considering flexibility in some assumptions made in this study, relationships found can be verified through some kind of econometric study.
2. Is possible consider other similarities between other branches of physics and economics in order to compare the results between these applications.
3. Results obtained in this work are only part of which can be obtained based on the proposed analogies, that development can be made ​​widespread. For example, is possible to study the case where the economy is treated as an open system, which is a more realistic situation, and might be more appropriate to continue working with the statistical mechanics, specifically with other ensembles untreated.

**BIBLIOGRAPHY**

1. ALBERTY, Robert; SILBEY, Robert; BAWENDI Mongi. *Physical Chemistry*. 4th. ed. United States: Wiley, 2004. 960 p. ISBN: 04-7121-504-2.
2. COSIN, Luis. *Una lección de física estadística*. [online] <http://crashoil. blogspot.com/2012/10/una-leccion-de-fisica-estad istica.html.> [Reference date: August 5th, 2013.]
3. *Física estadística*. [online] <http://www. lawebdefisica.com/apuntsfis/estadistica/.> [Reference date: December 2th, 2013.]
4. GAMERO, Rafael. *Termodinámica Avanzada.* [online] <http://www. sarecfiq.edu.ni/pmciq/che570/pdf/3a.pdf.> [Reference date: November 1th, 2013.]
5. GIL, Francisco. *Apuntes de Termodinámica*. [online] <http://www.dfists.ua.esgil/ apuntestermo.pdf.> [Reference date: November 1th, 2013.]
6. GRATTON, Julio. *Termodinámica e introducción a la mecánica estadística*. [online] <http://www.lf p.uba.ar/es/notas%20de%20cursonotatermodinamica/Termodinamica.pdf.> [Reference date: November 1th, 2013.]
7. JEHLE, Geoffrey; RENY Philip. *Advanced microeconomic theory.* 3a. ed. England: Pearson, 2011. 654 p. ISBN: 02-7373-191-7.
8. MEDEIROS, Milton. *Notas del curso: equilibrio termodinámico*. [online] <http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Materialdidacticoparaapoyodelcursodeequilibrioycinetica\\_14972.pdf.> [Reference date: November 25th, 2013.]
9. Microeconomics. [online] <http://en. wikipedia.org/wiki/Microeconomics.> [Reference date: Dicember 15th, 2013.]
10. ROLLE, Kurt. *Termodinámica*. 6a. ed. Spain: Pearson Education, 2006. 611 p. ISBN 97-0260-757-4.
11. SASLOW, Wayne. *An economic analogy to thermodynamics*. [online] <http ://users.df.uba.ar/giribet/f4/economic.pdf.> [Reference date: August 2th, 2013.]
12. *Statistical mechanics*. [online] <http://en. wikipedia.org/wiki/Statistical\_mechanics> [Reference date: December 2th, 2013.]
13. *Stirling's approximation*. [online] <http://en. wikipedia.org/wiki/Stirling%27s\_approximation> [Reference date: December 5th, 2013.]
14. TENG, Leo. *Homogeneous & Homothetic Functions.* [online] <http://peop le.stfx.ca/tleo/econ471lec5.pdf> [Reference date: November 20th, 2013.]
15. *Thermodynamics.* [online] <http://en.wiki pedia.org/wiki/Thermodynamics> [Reference date: October 1th, 2013.]
16. VILLAR, Antonio. *Microeconomía*. 1a. ed. Spain: McGraw-Hill, 2006. 400 p. ISBN: 84-4814-652-2.
17. VARIAN, Hal. *Análisis Microeconómico*. Rabasco, Esther; Toharia, Luis (trad.).

3a. ed. Spain: Antoni Bosch Editor, 1992. 635 p.ISBN: 84-8585-563-9.

1. ZEMANSKY, Mark; DITTMAN Richard. *Calor y Termodinámica*. Masarnau, Juan (trad.). 6a. ed. Mexico: McGraw-Hill, 1986. 584 p. ISBN: 96-8451-631-2.

**ACKNOWLEDGEMENTS**

To God and my family.

**AUTHOR**

**

*Rodrigo Antonio Trinidad Ortega*

*Degree in applied physics*

*Engineering School*

*Universidad de San Carlos de Guatemala*