



Solar Collectors Use in Livestock Units from Institute of Animal Science: Environmental and Economic Impact

Impacto ambiental y económico del uso de colectores solares en el Instituto de Ciencia Animal

M.Sc. Osney Gerardo Pérez-Acosta, Ing. Duniel Pérez-Torres e Ing. Lieter J. Silva-Díaz
Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

ABSTRACT. This research was carried out with the objective of evaluating environmental and economic impact of solar collectors use in livestock units from the Institute of Animal Science. A simple classification model with factorial arrangement 4x2 (4 months of the year and in two different times) was used in Genetic 4 units, porcine sanitary filter and rearing. Temperature was measured and CO₂ emissions were calculated as well as economic impact was determined from the equivalent tons of oil saved. There was no interaction, neither for genetic 4 nor for swine sanitary filter, but there was for rearing. February and August showed the lowest and the highest temperatures, respectively. The temperatures were higher in the afternoon. There was a saving of 7.17 t equivalent of annual oil, which represents 5814.45 USD. In addition, 19.61 t of CO₂ were no longer emitted into the environment. It is concluded that solar collectors are a very efficient and low cost alternative that helps to reduce costs of livestock production and contributes to the workers' comfort taking into account savings generated by electricity.

Keywords: Livestock units, Energy saving, Efficient alternative.

RESUMEN. Este trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el impacto ambiental y económico del uso de colectores solares en unidades ganaderas del Instituto de Ciencia Animal. Se utilizó el modelo de clasificación simple con arreglo factorial 4x2 (4 meses del año y en dos horarios diferentes) en las unidades Genético 4, filtro sanitario de porcino y recría. Se midió la temperatura y se calcularon las emisiones de CO₂ así como se determinó el impacto económico a partir de las toneladas equivalentes de petróleo ahorradas. No se observó interacción para las unidades genético 4 y el filtro sanitario de porcino pero sí para la recría. Los meses de febrero y agosto presentaron las temperaturas más bajas y elevadas, respectivamente. Las temperaturas fueron superiores en el horario de la tarde. Se evidenció un ahorro de 7,17 t equivalentes de petróleo anual, lo que representa 5814,45 USD. Además, se deja de emitir al medio ambiente 19,61 t de CO₂. Se concluye que los colectores solares son una alternativa muy eficiente y de bajo costo que ayuda a disminuir los costos de las producciones ganaderas, contribuyendo además con el confort de los trabajadores teniendo en cuenta el ahorro que se genera por concepto de electricidad.

Palabras clave: unidades ganaderas, ahorro energético, alternativa eficiente.

INTRODUCTION

The so-called “energy crisis” is a progressive and irreversible phenomenon facing today’s world. This situation is mainly due to the exhaustion of world’s oil reserves. Hydrocarbon is used as a direct source of energy (in vehicle or other engines), and in the generation of other energies such as electric energy (Iglesias & Morales, 2013; World Resources Institute, 2014).

For these reasons, there has been a growing interest in the search for alternatives to minimize the consumption of

INTRODUCCIÓN

La denominada “crisis energética”, es un fenómeno progresivo e irreversible al cual se enfrenta el mundo actual. Esta situación se debe fundamentalmente al agotamiento de las reservas de petróleo mundial. El hidrocarburo se emplea como fuente directa de energía (en motores de vehículos u otros), y en la generación de otras energías como es el caso de la energía eléctrica (Iglesias y Morales, 2013; World Resources Institute, 2014).

Por estas razones, ha surgido un creciente interés en la búsqueda de alternativas que permitan minimizar el consumo

this fossil fuel. While efficient and conscious energy use is a fundamental link, the incorporation of renewable energy sources is a sustainable and future-oriented option (Rogner, 2012; IEA, 2014).

Another situation that affects the use of fossil fuels is the increase of the known “greenhouse effect”. This process is of natural origin and necessary for life on the earth’s surface. The upper layers of the atmosphere are composed of certain gases, mainly carbon dioxide (CO₂), called “greenhouse effect gases” (GHG) that absorb part of the energy emitted by the soil, as a consequence of having been heated by sun radiation. These have been accentuated by human activities since the beginning of the industrial age and nowadays they increase due to the consumption of these fuels (Andrade, 2015; Saynes *et al.* 2016).

In the specific case of Cuba, an entire energy revolution has been carried out, which has among its main goals the search for alternative sources of energy that allow, in an economic and stable way, guaranteeing the service in different entities (Rojas *et al.* 2009). Among them, the use of solar collectors of vacuum tubes is a relevant one.

Currently solar thermal energy is the most efficient and economical way to use energy from the sun (Bravo, 2015). This technology is about to reach full maturity, however, research is still underway to achieve further large-scale cost reductions. In the specific case of its use in livestock, it greatly helps improving production processes and increasing comfort in different facilities.

The heating of water in the livestock facilities presents a high consumption of electricity because they use electric resistances that have a high demand of energy. For these reasons, the use of solar installations that are also environmentally sound technologies can reduce, not only the negative impact of the greenhouse effect gases generated by the burning of fossil fuels, but also the costs.

The Institute of Animal Science (ICA) is also involved in minimizing the negative impact on the environment caused by high energy consumption in livestock units for water heating. For that reason the objective of this work was to evaluate the environmental and economic impact of the use of solar collectors in livestock units of ICA.

METHODS

The work was carried out in three productive units of Institute of Animal Science. Four solar collectors were evaluated and installed according to the manufacturer’s specifications (Table 1). These are located in Genetic 4 for the cleaning of the milking system (200 L), rearing for the production of milk replacer (two of 90L) and in the porcine sanitary filter for the comfort of workers and visitors of the facility.

de este combustible fósil. Si bien el empleo eficiente y consiente de la energía es un eslabón fundamental, la incorporación de las fuentes renovables de energía es una opción sustentable y de gran futuro (Rogner, 2012; IEA, 2014).

Otra de las situaciones que afecta el empleo de los combustibles fósiles es el aumento del conocido “efecto invernadero”. Este proceso es de origen natural y necesario para la vida sobre la superficie terrestre. Las capas superiores de la atmósfera están compuestas por ciertos gases, principalmente dióxido de carbono (CO₂) denominados “gases de efecto invernadero” (GEI) que absorben parte de la energía emitida por el suelo, como consecuencia de haber sido calentado por la radiación procedente del sol. Estas se acentúan por las actividades humanas desde el inicio de la era industrial y que en la actualidad aumentan del consumo de estos combustibles (Andrade, 2015; Saynes *et al.* 2016).

En el caso específico de Cuba, se ha llevado a cabo toda una Revolución energética que tiene entre sus principales metas la búsqueda de fuentes alternativas de energía que permitan de forma económica y estable garantizar el servicio en diferentes entidades (Rojas *et al.* 2009). Entre ellas destaca el uso de colectores solares de tubos al vacío.

Actualmente la energía solar térmica es la forma más eficiente y económica de usar la energía proveniente del sol (Bravo, 2015). Esta tecnología está a punto de alcanzar la plena madurez, no obstante, se siguen encaminado investigaciones para lograr mayores reducciones de los costos a gran escala. En el caso específico de su empleo en la ganadería, logra mejorar en gran medida los procesos de producción y aumentar el confort en diferentes instalaciones.

El calentamiento de agua en las instalaciones ganaderas presenta un alto consumo de electricidad pues se utilizan resistencias eléctricas que tienen una alta demanda de energía. Por estas razones, el empleo de instalaciones solares que además son tecnologías ambientalmente sanas, permite disminuir no solo el impacto negativo de los gases de efecto invernadero que se generan por la quema de combustibles fósiles, sino también los costos.

El Instituto de Ciencia Animal (ICA) también está inmerso en minimizar el impacto negativo sobre el medio ambiente que provocan los altos consumos energéticos en las unidades ganaderas por concepto de calentamiento de agua. Es por ello, que el objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto ambiental y económico del uso de colectores solares en unidades ganaderas del ICA.

MÉTODOS

El trabajo se realizó en tres unidades productivas del Instituto de Ciencia Animal. Se evaluaron 4 colectores solares que fueron instalados según las especificaciones del fabricante (Tabla 1). Estos se encuentran ubicados en Genético 4 para la limpieza del sistema de ordeño (200 L), recría para la elaboración del sustituto lechero (dos de 90L) y en el filtro sanitario de porcino para el confort de los trabajadores y visitantes de la instalación (uno de 90L).

TABLE 1. Characteristics of Vacuum Tube Solar Collectors Installed in Institute of Animal Science
TABLA 1. Características de los colectores solares de tubos al vacío que se instalaron en el Instituto de Ciencia Animal

Vacuum tube solar collectors	Characteristics	
Model	Lp47-1510-30 ACF	Lp47-1510-30 ACF

Vacuum tube solar collectors	Characteristics	
Capacity	90 L	200 L
Inner tank	Ø 350mm, Stainless steel material SUS 304-2B, thickness 0.5 mm	
Production (L/days to 50 0C)	130 L	300 L
Outdoor tank	Ø 450mm, Stainless steel material SUS 304-2B, thickness 0,5 mm	
Insolation	Polyethylene foam thickness 50 mm	
Vacuum tubes	Dimensions ø 47 x 1500 mm	
Welding	Automatic in the form of argon	
No. of tubes	10 pieces	25 pieces
Work pressure	1 atm	

Methodology for Environmental and Economic Impact Assessment

The temperature was measured in 4 representative months of the year: February, March, July and August. Measurements were carried out every day in two hours: 8:00 am and 5:00 pm, using a thermometer of 200°C and a graduated 100 mL test-tube. In order to determine the energy impact of this technology, measurements were performed before and after the solar collectors.

The economic impact assessment was based on the concept of energy saving. It was taken into account that 217.9 g of oil are needed to generate 1 kW and one barrel (0.138 t) costs, in the international market, approximately, 147 USD as reported by the ONE (2015). The tons of CO₂ that were no longer emitted into the environment were calculated as expressed by Leiva *et al.* (2012) which stated that for every equivalent ton of oil that is burned, 3 t of the gas is emitted into the atmosphere. An emission factor of 2.73 t of CO₂ was taken for each ton of oil consumed as set out by ONE (2016) and (Perez *et al.* 2016).

Experimental Design and Statistical Analysis

The results were analyzed by analysis of variance according to model of simple classification with factorial arrangement 4x2. The statistical package INFOSTAT version 2012 (Di Rienzo *et al.* 2012) was used. Duncan's (1955) tenth was applied where necessary.

RESULTS AND DISCUSSION

No interaction was observed between the months and the schedules studied for Genetic 4 units and the Porcine Sanitary Filter.

Table 2 shows the average values of monthly temperatures. Differences were observed among all months in the study, where February and August presented the lowest and highest temperatures, respectively. This result is related to the time of year since there are variations in the amount of light hours and with the angle of incidence of the solar irradiation. Rodriguez *et al.* (2015), suggested that in winter months there are fewer hours of sunlight compared to sum-

Metodología para la evaluación del impacto ambiental y económico

Se midió la temperatura en 4 meses representativos del año: febrero, marzo, julio y agosto. Se efectuaron todos los días en dos horarios: 8.00 am y 5:00 pm, con el empleo de termómetro de 200°C y una probeta graduada de 100 mL.

Para determinar el impacto energético de esta tecnología se realizaron mediciones del metro contador antes y después de montados los colectores solares.

La valoración del impacto económico se realizó a partir del concepto de ahorro energético. Se tuvo en cuenta que para generar 1 kW se necesitan 217,9 g de petróleo y un barril (0,138 t) cuesta en el mercado internacional aproximadamente 147 USD según lo informado por la ONE (2015). Se calcularon las toneladas de CO₂ que se dejaron de emitir al medio ambiente según lo expresado por Leiva *et al.* (2012) que plantearon que por cada tonelada equivalente de petróleo que se quema, se emiten a la atmósfera 3 t del gas. Se tomó un factor de emisión de 2,73 t de CO₂ por cada tonelada equivalente de petróleo que se consume según lo planteado por ONE (2016) y (Pérez *et al.* 2016).

Diseño experimental y análisis estadísticos

Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza según modelo de Clasificación simple con arreglo factorial 4x2. Se utilizó el paquete estadístico INFOSTAT versión 2012 (Di Rienzo *et al.* 2012). Se aplicó la dócima de Duncan (1955), en los casos necesarios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se observó interacción entre los meses y los horarios que se estudiaron para las unidades Genético 4 y el Filtro sanitario de porcino.

En la Tabla 2 se muestran los valores promedios de las temperaturas mensuales. Se observaron diferencias entre todos los meses en estudio donde febrero y agosto presentaron las temperaturas más bajas y elevadas, respectivamente. Este resultado está relacionado con la época del año ya que existen variaciones en la cantidad de horas luz y con el ángulo de incidencia de la irradiación solar. Rodríguez *et al.* (2015), plantearon que en los meses invernales existen menor cantidad de horas de luz solar a diferencia de los meses de

mer months, which is due to a higher incidence of irradiation, which causes an increase in temperature.

verano lo cual obedece a una mayor incidencia de la irradiación lo que provoca un aumento en la temperatura.

TABLE 2. Temperatures (°C) in the Different Months of Study for Genetic 4 and the Porcine Sanitary Filter at Institute of Animal Science

TABLA 2. Temperaturas (°C) en los diferentes meses de estudio para Genético 4 y el filtro sanitario de porcino en el Instituto de Ciencia Animal

Facilities	Months				EE± y sign
	February	March	July	Agust	
Genetic 4	54.20 ^a	55.52 ^b	60.09 ^c	61.07 ^d	0.21 P<0.0001
Porcine sanitary filter	45.00 ^a	45.88 ^b	48.02 ^c	48.95 ^d	0.18 P<0.0001

Medias with different letters in the same row differ to P <0.05

Table 3 shows the average values of monthly temperatures in the different hours evaluated. In both units, the time of 8:00 am was lower than that of 5:00 pm. In the early hours of the day the collector has not captured enough energy to raise the temperature and it only has the energy absorbed after 5:00 pm of the previous day, maintaining the heat since there is little transfer with the environment (Barboza, 2013).

En la Tabla 3 se muestran los valores promedios de las temperaturas mensuales en las diferentes horas que se evaluaron. En ambas unidades, el horario de las 8:00 am fue menor con respecto al de las 5:00 pm. En las primeras horas del día el colector no ha captado la energía suficiente como para que la temperatura sea elevada y sólo cuenta con la energía absorbida después de las 5:00 pm del día anterior manteniendo el calor ya que hay poca transferencia con el medio ambiente (Barboza, 2013).

TABLE 3. Temperatures (°C) in the Different Schedules for Genetic 4 and the Porcine Sanitary Filter at Institute of Animal Science
TABLA 3. Temperaturas (°C) en los diferentes horarios para Genético 4 y el filtro sanitario de porcino en el Instituto de Ciencia Animal

Facilities	Schedules		
	8:00 am	5:00 pm	EE± y sign
Genetic 4	47.83 ^a	67.61 ^b	0.15 P<0.0001
Porcine sanitary filter	36.99 ^a	56.93 ^b	0.13 P<0.0001

Medias with different letters in the same row differ to P <0.05

For the solar collector of the rearing, interaction between both factors was observed (Table 4). In the months of February and March the lowest temperatures were observed in the time of 8:00 am unlike July and August where it was greater at 5:00 pm.

Para el colector solar de la recría, se observó interacción entre ambos factores (Tabla 4). En los meses de febrero y marzo se observaron las menores temperaturas en el horario de las 8:00 am a diferencia de julio y agosto donde fue mayor a las 5:00 pm.

TABLE 4. Interaction in the temperature between the months and schedules for the rearing at the Institute of Animal Science
TABLA 4. Interacción en la temperatura entre los meses y horarios para la Recría en el Instituto de Ciencia Animal

Facility	Months	Schedule		EE± y sign
		8:00 am	5:00 pm	
Rearing	February	37.04 ^a	50.07 ^c	0.23 P<0.0001
	March	37.61 ^a	50.79 ^d	
	July	39.86 ^b	55.89 ^e	
	Agust	40.07 ^b	55.36 ^e	

Medias with different letters between columns differ to P<0.05

The fact that there was no interaction between the first two units and there was interaction in the rearing for the factors studied could be related to the way the collectors are assembled. In the rearing unit, two solar collectors were mounted in parallel, for the extraction of large volume of water that is used in the preparation of the milk replacer. Therefore, as the liquid is withdrawn, the filling of both collectors begins again; favoring the mixing of hot and cold water and consequently the temperature goes down.

El hecho de no encontrarse interacción entre las dos primeras unidades y si en la recría para los factores estudiados pudiera estar relacionado con la forma de montaje de los colectores. En la unidad de la recría, se montaron dos colectores solares en paralelo, para la extracción de gran volumen de agua que se emplea en la preparación del sustituto lechero. Por lo tanto, a medida que se extrae el líquido, comienza el llenado de ambos colectores nuevamente, favoreciendo la mezcla de agua fría y caliente y por consiguiente la temperatura baja.

As shown in Table 5, after the solar collectors are installed, they effectively reduce energy consumption in the different units. Temperatures reached by the solar collector of Genetic 4 allow the milking system to be cleaned and the energy consumption to be reduced from 55 kW/day to 18 kW/day, saving 37 kW/day. In the case of the rearing, the use of solar energy made it possible to prepare the milk substitute with the same quality and with a saving of 16 kW/day. On the other hand, the use of this technology in the porcine sanitary filters of the institution allowed a saving of 6 kW/day. Overall, total savings of 21 535 kW/ear were achieved, representing 7.17 t oil equivalent and 5 814.45 USD.

Según se evidencia en la Tabla 5, luego de instalados los colectores solares, se logran disminuir de manera efectiva los consumos de energía en las diferentes unidades. Las temperaturas alcanzadas por el colector solar de la vaquería Genético 4 permiten que se pueda limpiar el sistema de ordeño y que se redujera el consumo energético de 55 kW/día a 18 kW/día, para un ahorro de 37 kW/día. En el caso de la Recría, el empleo de la energía solar permitió preparar el sustituto lechero con igual calidad y con un ahorro en la actividad de 16 kW/día. Por otra parte, el empleo de esta tecnología en los filtros sanitarios de la unidad de porcinos de la institución permitió un ahorro de 6 kW/día. De manera global se logró un ahorro total de 21 535 kW/año, lo que representan 7,17 t equivalentes de petróleo y 5 814.45 USD.

TABLE 5. Environmental and Economic Impact of Solar Collectors Installed in the Different Livestock Units of Institute Of Animal Science

TABLA 5. Impacto ambiental y económico de los colectores solares que se instalaron en las diferentes unidades pecuarias del Instituto de Ciencia Animal

Facilities	Annual saved consumption (kW)	t Annual oil equivalent saved	USD saved	CO ₂ emissions (t) per year
Genetic 4	13505	4.5	3646.35	12.31
Rearing	5840	1.94	1576.8	5.31
Porcine sanitary filter	2190	0.73	591.3	1.99

Therefore, if all measures resulting from this study are implemented, not only economic benefits, but also environmental benefits would be obtained, since a total of 19.61 t of CO₂ would be emitted into the atmosphere.

Por lo tanto, de ponerse en práctica todas las medidas que se derivan de este estudio, no solo se obtendrían beneficios económicos sino también ambientales, pues dejarían de emitirse un total de 19,61 t de CO₂ a la atmósfera.

CONCLUSIONS

- All times of the year it is possible to capture a large amount of solar energy with the use of solar collectors.
- With the use of these devices, it is possible to effectively reduce energy consumption in the different livestock units.
- The use of solar thermal energy in agricultural installations reduces CO₂ emissions to the atmosphere, which represents considerable environmental benefits.
- Solar collectors are a very efficient and low-cost alternative that helps to reduce the costs of livestock production.

CONCLUSIONES

- En todas las épocas del año se logra captar gran cantidad de energía solar con el empleo de los colectores solares.
- Con el uso de estos dispositivos, se logran disminuir de manera efectiva los consumos de energía en las diferentes unidades ganaderas.
- El empleo de la energía solar térmica en las instalaciones agropecuarias, reduce las emisiones de CO₂ a la atmósfera, lo cual representa beneficios ambientales considerables.
- Los colectores solares son una alternativa muy eficiente y de bajo costo que ayuda a disminuir los costos de las producciones ganaderas.

REFERENCES / REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, J. A.: "Reconciliación y responsabilidad: acciones de sinergia para la construcción de un pensamiento ecologizante desde la escuela. *Incertidumbres Semilla, Ágora U.S.B.* 5(1): 271-287, ISSN: 1657-80311, 2015.
- BARBOZA, Ó.: "Calentamiento global: "La máxima expresión de la civilización petrolífera", *Revista del CESLA*, 16: 35-68, 2013, ISSN: 1641-4713.
- BRAVO, D.: "Energía y desarrollo sostenible en Cuba" Centro Azúcar, *Centro azúcar* 42: (4) versión On-line ISSN 2223-486, 2015.
- DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C.W. *InfoStat versión 2012*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>, 2012.
- DUNCAN, B.: "Multiple range and multiple F test", *Biometrics*, 11: 1, versión On-line ISSN 1541-0420, 1955.

- IGLESIAS, J. M. y MORALES, J.: "Dimensionado de un sistema térmico solar mediante simulación y su validación energética", *Energética* 34(1), versión On-line ISSN 1815-5901, 2013.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA): *World Energy Outlook*, ISBN: 978-92-64-20805-6, 2014, Disponible en: www.worldenergyoutlook.org. Consulta: 8 de noviembre de 2016.
- LEIVA, J.; RODRIGUEZ, I. L. y MARTÍNEZ, P.: "Cálculo de la huella ecológica en universidades cubanas. Caso de estudio: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas", *Afinidad LXVII ISSN 0001 - 9704*; 557: 30-34, 2012.
- ONE (Oficina Nacional de estadística e información República de Cuba): *Panorama económico y social*, La Habana, Cuba, 2016.
- PÉREZ, D.; VÁZQUEZ, A.; PÉREZ, O.; PÉREZ, T.; HERNÁNDEZ, A.: "Estudio energético del sistema de bombeo en el Instituto de Ciencia Animal, Cuba", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25(3): 65-71, 2016, ISSN: 2071-0054. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.15663.94886>
- RODRÍGUEZ, D.; QUINTERO, A.; GONZÁLEZ, Y.; CUESTA, O.; SÁNCHEZ, A.: "Variación de la estabilidad y altura de la capa de mezcla en la ciudad de Pinar del Río: su relación con condiciones sinópticas", *Revista Brasileira de Meteorología*, 30(1): 1 - 15, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620140014>
- ROGNER, M. *Global Energy Assessment – Toward a Sustainable Future*. In: *Worlds Within Reach: From Science To Policy - IIASA 40th Anniversary Conference*, 24-26 October 2012, Hofburg Congress Center, Vienna and IIASA, Laxenburg, Austria, 2012.
- ROJAS, B.; GARCÍA, J., CÉSAR, J.: "Los Calentadores solares como una forma de fuente renovable de energía alternativa". *Ciencias Holguín*, 1: 1-13, versión On-line ISSN 1027-2127, 2009.
- SAYNES, V.; ETCHEVERS, J. D.; PAZ, F.; ALVARADO, L. O.: "Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas agrícolas de México", *Terra Latinoamericana*, 34 (1): 83-96, versión On-line ISSN 2395 – 8030, 2016.
- WORLD RESOURCES INSTITUTE: *World Business Council for Sustainable Development. Protocolo Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol)*, Disponible en: <http://www.ghgprotocol.org>. Consulta: 4 de marzo del 2014

Received: 12/05/2016.

Approved: 13/03/2017.

Osney Gerardo Pérez-Acosta, Ing., Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba km 47½ Carretera central. Mayabeque. Cuba. E-mail: operez@ica.co.cu

Duniet Pérez-Torres, E-mail: operez@ica.co.cu

Lieter J. Silva-Díaz, E-mail: operez@ica.co.cu

Note: the mention of commercial equipment marks, instruments or specific materials obeys identification purposes, there is not any promotional commitment related to them, neither for the authors nor for the editor.

AGRARIAN UNIVERSITY OF HAVANA



DESIGN AND ASSEMBLY OF NETWORK PROJECTS DESIGN AND ASSEMBLY OF EDUCATIONAL COMPUTER SCIENCES

Courses

- Web Page Desing
- Programing Under Web Environment
- Programaming Under Windows Environment
- Geoggraphic Information System
- Multimedia Desing
- Educational Television