

5.9%



Fecha: 2021-10-04 13:32 ECT

\* Todas las fuentes 11 | Fuentes de internet 3 | Documentos propios 8

- [0] "2. Elevation of the sun to record the trajectory of the irradiation intensity that affects the ISUCT\_24092021.docx" fechado del 2021-09-22 2.3% 7 resultados

---

- [1] [www.amazon.it/Caracterización-Paneles-Fotovoltaicos-aproximación-fotovoltaicos/dp/3639784634](http://www.amazon.it/Caracterización-Paneles-Fotovoltaicos-aproximación-fotovoltaicos/dp/3639784634) 1.7% 4 resultados

---

- [2] "ESTRATEGIAS DE CONTROL PARA BUSCAR EL PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA DE GENERACIÓN (1).pdf" fechado del 2021-07-07 1.2% 4 resultados

---

- [3] "Comparison of the methods relation to determine the efficiency of a photovoltaic panel\_rev04.docx" fechado del 2021-09-22 0.8% 3 resultados

---

- [4] [issuu.com/universidadnacionaldeloja/docs/revista\\_energ\\_a\\_3\\_dic\\_2014\\_4e1aa86645be12](http://issuu.com/universidadnacionaldeloja/docs/revista_energ_a_3_dic_2014_4e1aa86645be12) 0.9% 2 resultados

---

- [5] "ESTRATEGIAS DE CONTROL PARA BUSCAR EL PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA DE GENERACIÓN.pdf" fechado del 2021-06-17 0.8% 2 resultados

---

- [6] "2. Solar maps\_construction and emulation\_30092021.docx" fechado del 2021-09-30 0.7% 2 resultados

---

- [7] "DETERMINAR EXPERIMENTALMENTE LA REACTANCIA DE LA BOBINA Y DEL CONDENSADOR UTILIZANDO EL MÓDULO EXPERIMENTAL" 0.7% 2 resultados

---

- [8] [upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/86978/Memoria\\_TFG.pdf](http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/86978/Memoria_TFG.pdf) 0.4% 2 resultados

---

- [9] "Análisis y determinación de la respuesta del convertidor ante una reducción de potencia..pdf" fechado del 2021-06-17 0.5% 2 resultados

---

- [10] "GUAÑUNA CHAVEZ\_ PILATUÑA A. FRANKLIN.docx" fechado del 2021-02-17 0.3% 1 resultados  
 1 documento con coincidencias exactas

7 páginas, 3061 palabras

Nivel del plagio: 5.9% seleccionado / 6.5% en total

18 resultados de 12 fuentes, de ellos 3 fuentes son en línea.

#### Configuración

Directiva de data: *Comparar con fuentes de internet, Comparar con documentos propios, Comparar con mis documentos en el repositorio de la organización, Comparar con el repositorio de la organización*

Sensibilidad: *Media*

Bibliografía: *Considerar Texto*

Detección de citas: *Reducir PlagLevel*

Lista blanca: *3 - secure.plagscan.com; secure.plagscan.com/2/4959ddaa-0d88-438e-999e-61f27076eb36; www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion\_tecnologica*

Statistical analysis of the current and voltage characteristic curves in the solar module located in the area of the INSTITUTO SUPERIOR UNIVERSITARIO "CENTRAL TÉCNICO"

Análisis estadístico de curvas características de corriente y voltaje en el módulo solar ubicado en el área del INSTITUTO SUPERIOR UNIVERSITARIO "CENTRAL TÉCNICO"<sup>[0]</sup>

Anatoa Sagñay Michael Stalin<sup>1</sup> Olivarez Toasa Wilmer Paul<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Carrera de Electricidad – Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador  
E-mail: michaelanatoa@gmail.com<sup>[0]</sup>

<sup>2</sup>Carrera de Electricidad – Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador  
E-mail: olivarezpaul9@gmail.com

#### RESUMEN

En la actualidad los sistemas fotovoltaicos representan una de las principales fuentes secundarias de generación renovable en el campo eléctrico motivo por el cual se requiere un estudio minucioso de las características de funcionamiento y eficiencia de estos con respecto a una determinada ubicación.<sup>[10]</sup> El presente trabajo de investigación tiene como finalidad el estudio del comportamiento de las variables de voltaje y corriente durante la continua modificación en el tiempo de los niveles del recurso energético primario en el módulo fotovoltaico ubicado en el área correspondiente al Instituto Superior Universitario "Central Técnico" (ISUCT).<sup>[6]</sup> Con esto se busca generar una base de datos estadística a través de un análisis comparativo entre las distintas curvas generadas y valores resultantes durante la simulación y ensayos en el módulo fotovoltaico. Los resultados del estudio señalaron mayoritariamente condiciones estables del recurso energético. Palabras clave: sistemas fotovoltaicos; corriente; voltaje; energía solar; irradiación.

#### ABSTRACT

Currently, photovoltaic systems represent one of the main secondary sources of renewable generation in the electric field, which is why a detailed study of their operating and efficiency characteristics is required with respect to a specific location. The purpose of this research work is to study the behavior of the voltage and current variables during the continuous modification over time of the levels of the primary energy resource in the photovoltaic module located in the area corresponding to the Higher University Institute "Central Technical" (ISUCT). This seeks to generate a statistical database through a comparative analysis between the different curves generated and the resulting values during the simulation and tests on the photovoltaic module. The results of the study indicated mostly stable conditions of the energy resource.

Keywords: photovoltaic systems; current; voltage; solar energy; irradiation.

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas el desarrollo de las tecnologías tanto en el área eléctrica como electrónica han permitido determinar el impacto ambiental del uso y explotación de varios tipos de recursos naturales como fuente energética primaria, a partir de dichos descubrimientos el mundo a enfocado su mirada en la determinación de nuevos métodos que permitan aprovechar al máximo los recursos renovables que repercutan en un mínimo impacto al ecosistema a fin de conseguir energía limpia, sustentable y que sea capaz de cubrir cada vez más una mayor parte de la demanda eléctrica actual.

Una definición corta que compagina en el presente trabajo de investigación es la adoptada por la (International Energy Agency - IEA, 2015): "Energía renovable es la energía derivada de procesos naturales que son sustituidos a una velocidad mayor que la que son consumidos. Formas comunes de energía renovable son la energía solar, energía eólica, energía geotérmica, energía hídrica, así como algunas formas de biomasa".

Debido a esto y tal como mencionan (Aulestia y Celi, 2017) en su tesis de grado "Es importante recalcar que las fuentes de energía renovables en Ecuador como la solar, la eólica, la hidráulica, la biomasa, la geotérmica, entre otras, son altamente viables por la alta cantidad de potencial energético que dispone el país debido a su ubicación geográfica" y donde también recalcan que "En las últimas décadas, la inevitable necesidad de mitigar los problemas ambientales como el calentamiento global, la contaminación ambiental, los residuos radioactivos, las lluvias ácidas, la contaminación atmosférica, el efecto invernadero, entre otros, han hecho que miremos hacia las estrellas, una de las más cercanas, el sol; denominado como el astro rey de nuestro Sistema Solar, el cual produce la energía suficiente en un día como para satisfacer la demanda de varios años de la humanidad"<sup>[1]</sup>.

Un símil a la presente, es el trabajo desarrollado

por (González, 2014) donde se realizó un proyecto investigativo basado en un prototipo en el laboratorio de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Loja, denominado <sup>[1]</sup> "Diseño e Implementación de un Prototipo Inalámbrico, que permita obtener las Curvas Características de Paneles y Celdas Solares", el prototipo permite caracterizar diferentes tecnologías de celdas y paneles solares bajo ciertas condiciones de radiación y haciendo variar la resistencia de carga, el prototipo es de mucha utilidad para docentes y estudiantes de las carreras de Electrónica y Telecomunicaciones y Electromecánica de la Universidad Nacional de Loja en las distintas prácticas o proyectos relacionados con energía solar fotovoltaica.

De la misma forma (Guachimboza y Tayo, 2011) realizaron un proyecto basadas en la temáticas de generación eléctrica fotovoltaicas para el laboratorio de Energías Alternativas y Eficiencia Energética de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional el cual permite contrastar y complementar los conocimientos de la energía solar fotovoltaica, basándose en la utilización de una resistencia electrónica la cual se consigue mediante el control lineal de MOSFETs, cuyo nivel de apertura emulara una resistencia determinada, al exponer a un panel solar a dicha resistencia controlada desde cero hasta infinito, se consigue todos los valores necesarios tanto de voltaje como de corriente para graficar las curvas características I-V.

En un estudio realizado también por (Sanchez y Cabrera, 2016) se determinó un sistema fotovoltaico en el que interactúan tres componentes principales: los paneles fotovoltaicos, el inversor y la línea eléctrica de la red. Este proyecto estudia el comportamiento estadístico de las curvas I-V para poder obtener la eficiencia máxima y mínima que suministran los paneles solares, este proyecto será de mucha utilidad para alimentar parte de la demanda de carga del Edificio 15A de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

<sup>[0]</sup> Enfocada la información presente en el análisis del módulo fotovoltaico ubicado en el Instituto

Superior Universitario Central Técnico se determina que el principal problema es la falta de datos reales que permitan establecer el comportamiento dinámico de las variables eléctricas de paneles fotovoltaicos en el área determinada, dificultando la ejecución de las prácticas de laboratorio durante el proceso de formación tecnológica.

Emulando a (Villavicencio, 2015) quien realizó un análisis para la implementación de un módulo didáctico en el laboratorio de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, la investigación permitirá que los estudiantes complementen los conocimientos adquiridos en las aulas sobre la energía solar y el comportamiento de un módulo solar.

<sup>[0]</sup> El trabajo de investigación sometió al panel solar ubicado en las instalaciones del ISUCT a variaciones controladas de irradiación obtenida a partir de datos reales, posición angular y resistencia (carga).<sup>[7]</sup> A través de estas variaciones se obtienen los valores de voltaje y corriente para graficar las curvas características I-V.

El presente trabajo detalla en el apartado 2 la descripción de las variables consideradas en el estudio. El apartado 3 del documento incluye la metodología utilizada en el trabajo. El apartado 4 presenta los resultados. Finalmente, las conclusiones, discusiones y trabajos futuros se detallan en el apartado 5.

## 2. DATOS Y VARIABLES DEL ESTUDIO

Las variables de estudio se detallan en la tabla 1.

Tabla 1.- Variables utilizadas en la investigación.

Variable	Unidad o rango
Posición angular	0° - 180°
Intervalo de tiempo	06:00 a 18:00
Irradiación	W/m <sup>2</sup>
Voltaje	Voltios
Corriente	Amperios
Carga	0 - 1000 Ohmios

Fuente: Elaboración propia.

Para la obtención de datos correspondientes a las variables del estudio se realizaron tomas y

recolección de muestras de irradiación solar mediante la utilización de un piranómetro en el área geográfica externa correspondiente al Instituto, a partir de las 6:00am hasta las 18:00h entre periodos de tiempo de 80 minutos permitiendo de este modo determinar un promedio de irradiación adecuado a cada intervalo de tiempo durante las 12 horas de presencia solar y que a su vez mantengan relación directa con la posición angular configurable en el módulo fotovoltaico. La tabla 2 detalla los datos obtenidos en la experimentación de campo.

Tabla 2.<sup>[0]</sup> Datos reales recolectados en campo en las instalaciones del ISUCT.

Intervalos de tiempo durante 12 horas.	Posición angular del sol	Promedio Irradiación solar en W/m <sup>2</sup>
6:00 a 7:20	60°	120
7:20 a 8:40	45°	300
8:40 a 10:00	30°	590
10:00 a 11:20	15°	840
11:20 a 12:40	00°	1020
12:40 a 14:00	15°	950
14:00 a 15:20	30°	702
15:20 a 16:40	45°	315
16:40 a 18:00	60°	107

Fuente: Elaboración propia.<sup>[8]</sup>

La descripción estadística de los datos de la variable correspondiente a la irradiación durante las 12 horas de presencia solar en los intervalos de tiempo determinados se detalla en la tabla 3. El valor del coeficiente de dispersión permite determinar la heterogeneidad de los valores obtenidos mismos con los que se realizaran las simulaciones correspondientes.

Tabla 3.<sup>[3]</sup> Descripción estadística de los datos de irradiación.

Descripción estadística de los datos de Irradiación en W/m <sup>2</sup>	
MIN	107
MAX	1020
MEDIA	549,333333
D. ESTANDAR	351,527737
C. DE VARIACIÓN	0,639917

Fuente: Elaboración propia.

Los datos de corriente y voltaje recolectados durante el proceso de experimentación se detallan en la sección de resultados del presente trabajo.

### 3. MÉTODOS

#### 3.1. Recolección de datos

La recolección de datos se realizó mediante la compilación y notación de valores obtenidos al medir durante 12 horas en intervalos de tiempo de 80 minutos la irradiación y posición angular solar. En el lapso de 80 minutos se tomaron 8 muestras seguidas cada 10 minutos con el fin de calcular la media aritmética de estas mediciones y obtener un valor promedio para ese intervalo de tiempo.

#### 3.2. Métodos de acoplamiento de los valores recolectados.

Los valores promedio de cada intervalo de tiempo permiten configurar el recurso energético del módulo fotovoltaico de tal modo que según la hora a la que se obtuvo el valor del registro se varía el ángulo de inclinación solar y el valor de la irradiación a dicha hora. Como resultado el modulo nos permite visualizar valores de corriente y voltaje.

#### 3.3. Métodos de diagramación, mapeo y traslado de información al laboratorio.

Para la diagramación correspondiente de las curvas se configuran los elementos del módulo disponiendo en el mismo los valores de las variables y datos recopilados en el exterior (posición angular de la lámpara, intensidad de irradiación, célula fotovoltaica y la carga) emulando una situación real de tal modo que conectados en conjunto a un elemento de medición se pueden obtener los valores de voltaje y corriente para cada una de las situaciones programadas, posterior a eso los valores resultantes son procesados mediante el software Microsoft Excel en donde podemos utilizar uno de los aplicativos del programa para obtener la curva correspondiente utilizando el mapa de coordenadas donde el eje x corresponderá al valor del voltaje y el eje y corresponderá al valor de la corriente.

### 4. RESULTADOS

La tabla 4 detalla los resultados de la primera ronda de simulaciones correspondiente a una situación real con una carga de 1K  $\Omega$ .

Tabla 4.- Resultados de voltaje y corriente para la situación de una carga de 1000 $\Omega$ .

Intervalos de tiempo durante 12 horas.	Resistencia de 1K $\Omega$			
	Posición angular	Irradiación solar	Voltaje	Corriente
6:00 a 7:20	60°	120	18,322	0,04
7:20 a 8:40	45°	300	19,212	0,044
8:40 a 10:00	30°	590	19,56	0,044
10:00 a 11:20	15°	840	19,73	0,044
11:20 a 12:40	00°	1020	19,764	0,044
12:40 a 14:00	15°	950	19,686	0,04
14:00 a 15:20	30°	702	19,486	0,04
15:20 a 16:40	45°	315	19,102	0,04
16:40 a 18:00	60°	107	18,348	0,04

Fuente: Elaboración propia.

La tabla de resultados de la primera ronda de simulaciones correspondientes para una carga fija de 1000 $\Omega$  permite definir que mientras mayor sea la cantidad de irradiación solar, se incrementara el valor del voltaje generado.

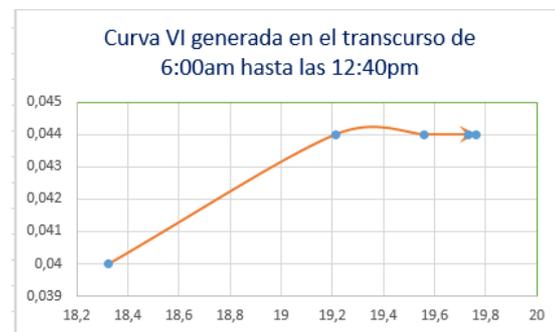


Figura 1.- Curva V-I entre las 6:00 a 12:40 con carga de 1000 Ohmios.

Fuente: Elaboración propia

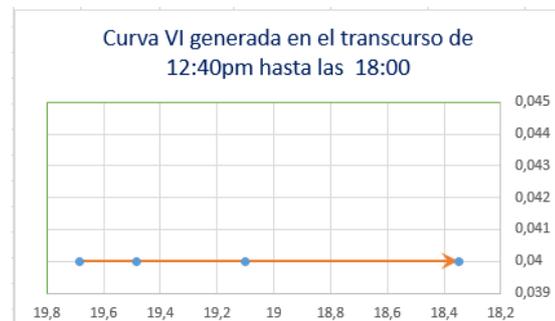


Figura 2.- Curva V-I entre las 12:40 a 18:00 con carga de 1000

Ohmios.  
Fuente: Elaboración propia

Los resultados de las curvas graficados en las figuras 1 y 2 que corresponden a una carga de  $1000\Omega$  permiten determinar que de 6:00am en adelante tanto voltaje como corriente aumentan de forma exponencial hasta alcanzar el medio día a partir de donde se visualiza un rango de estabilidad en la corriente y reducción progresiva del voltaje.

La tabla 5 detalla los resultados de la segunda ronda de simulaciones correspondientes para una carga de  $100\Omega$ .

Tabla 5.- Resultados de voltaje y corriente para la situación de una carga de  $100\Omega$ .

Intervalos de tiempo durante 12 horas.	Resistencia de $100\Omega$			
	Posición angular	Irradiación solar	Voltaje	Corriente
6:00 a 7:20	60°	120	5,21	0,076
7:20 a 8:40	45°	300	8,804	0,11
8:40 a 10:00	30°	590	11,916	0,14
10:00 a 11:20	15°	840	14,374	0,16
11:20 a 12:40	0°	1020	15,478	0,176
12:40 a 14:00	15°	950	14,296	0,16
14:00 a 15:20	30°	702	12,086	0,14
15:20 a 16:40	45°	315	9,104	0,11
16:40 a 18:00	60°	107	5,556	0,08

Fuente: Elaboración propia.

La tabla de resultados de la segunda ronda de simulaciones correspondientes para una carga de  $100\Omega$  permite confirmar la relación de proporcionalidad entre la cantidad de irradiación y el voltaje generado en la célula fotovoltaica.<sup>[9]</sup>

De la misma forma se puede notar una proporcionalidad directa entre el voltaje y la corriente: A mayor voltaje mayor será la corriente y cuando el voltaje empiece a disminuir de la misma forma empezará a decrecer el valor de la corriente.



Figura 3.- Curva V-I entre las 6:00 a 12:40 con carga de  $100\Omega$ .

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.- Curva V-I entre las 12:40 a 18:00 con carga de  $100\Omega$ .

Fuente: Elaboración propia

Los gráficos resultantes de las figuras 3 y 4 permiten determinar que de 6:00am en adelante tanto voltaje como corriente aumentan de forma exponencial hasta alcanzar su valor máximo o pico al medio día a partir de donde se visualiza la disminución progresiva y proporcional de dichas magnitudes.

La tabla 6 detalla los resultados de la tercera ronda de simulaciones correspondiente para una situación real con una carga de  $10\Omega$ .

Tabla 6.- Resultados de voltaje y corriente para la situación de una carga de  $10\Omega$ .

Intervalos de tiempo durante	Resistencia de $10\Omega$			
	Posición	Irradiación	Voltaje	Corriente

12 horas.	angular	solar		
6:00 a 7:20	60°	120	0,48	0,08
7:20 a 8:40	45°	300	0,816	0,11
8:40 a 10:00	30°	590	1,118	0,148
10:00 a 11:20	15°	840	1,378	0,178
11:20 a 12:40	00°	1020	1,498	0,188
12:40 a 14:00	15°	950	1,396	0,18
14:00 a 15:20	30°	702	1,148	0,15
15:20 a 16:40	45°	315	0,852	0,12
16:40 a 18:00	60°	107	0,508	0,08

Fuente: Elaboración propia.

La tabla de resultados de la tercera ronda de simulaciones correspondiente para una carga de  $10\Omega$  permite confirmar la relación de proporcionalidad ya mencionada entre la cantidad de irradiación y el voltaje generado en la célula fotovoltaica. De la misma forma que se mantiene una proporcionalidad directa entre el voltaje y la corriente.



Figura 5.- Curva V-I entre las 6:00 a 12:40 con carga de 100 Ohmios.

Fuente: Elaboración propia



Figura 6.- Curva V-I entre las 12:40 a 18:00 con carga de 100 Ohmios.

Fuente: Elaboración propia

De la misma forma que en los resultados previos de las curvas simuladas en las figuras 5 y 6 se confirma que de 6:00am en adelante tanto voltaje

como corriente aumentan de forma exponencial hasta alcanzar su valor máximo o pico al medio día a partir de donde se visualiza la disminución progresiva y proporcional tanto del voltaje como de la corriente.

## 5. CONCLUSIONES

Como conclusión tras los resultados de la simulación en la que se emulo una situación externa real correspondiente para una carga de 1000 ohmios se puede determinar que tanto la corriente como el voltaje generados muestran un incremento de forma exponencial desde las 6:00 hasta alcanzar su valor máximo al medio día a partir de donde la generación muestra un rango de estabilidad en cuanto a la corriente a diferencia del voltaje que muestra un decrecimiento progresivo.

Como conclusión tras los resultados de la simulación en la que se emulo una situación externa real correspondiente para una carga de 100 ohmios se puede determinar que tanto la corriente como el voltaje generados muestran un incremento exponencial desde las 6:00 hasta alcanzar su valor pico al medio día a partir de donde la generación muestra un comportamiento de disminución progresivo y proporcional entre el voltaje y la corriente.

Como conclusión tras los resultados de la simulación en la que se emulo una situación externa real correspondiente para una carga de 10 ohmios se puede determinar un comportamiento en el que tanto la corriente como el voltaje generados muestran un incremento exponencial desde las 6:00 hasta alcanzar su valor pico al medio día a partir de donde la generación muestra un comportamiento similar al de una carga de 100 ohmios donde existe una disminución progresiva y proporcional entre el voltaje y la corriente.

[2] Se puede concluir que en cuanto al comportamiento general de las curvas de corriente y voltaje para los distintos valores de carga se mantiene cierto grado de similitud a diferencia de los valores en dichas magnitudes que para cada caso varían de forma independiente, pero a partir de donde se puede

definir de manera general una proporcionalidad directa del voltaje con respecto a la carga e inversa de la corriente con respecto a la carga.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI:  
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2952/1/T-UTC-3913.pdf>

Los resultados de esta investigación son de gran importancia para futuros trabajos en el instituto puesto que permitirán una orientación adecuada en cuanto a la relación voltaje, corriente, carga y las diferentes variables en cuanto al recurso primario de generación real obtenido en el ISUCT.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### BIBLIOGRAFÍA

- Aulestia y Celi. (Febrero de 2017). Repositorio Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de Repositorio Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13636/3/UPS-KT01347.pdf>
- Gonzáles. (Mayo de 2014).<sup>[1]</sup> Repositorio Universidad Nacional de Loja. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de Loja: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11503/1/Gonz%C3%A1lez%20Malla%2C%20Edgar%20Emanuel.pdf>
- Guachimboza y Tayo. (Julio de 2011). Repositorio ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL . Obtenido de Repositorio ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL : <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4093/1/CD-3825.pdf>
- International Energy Agency - IEA. (3 de Agosto de 2015). International Energy Agency. Obtenido de International Energy Agency: <http://www.iea.org/>
- Sanchez y Cabrera. (2016). Repositorio ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL. Obtenido de Repositorio ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/95657/D-103394.pdf>
- Villavicencio, A. J. (Diciembre de 2015). Repositorio UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI. Obtenido de Repositorio