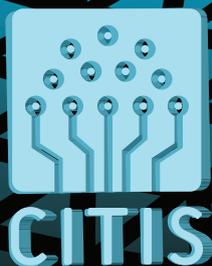


# Segundo Congreso Salesiano de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad

---

## Memoria Académica

Raquel Ayala, Joe Llerena y Pablo Parra  
(Coordinadores)



Universidad Politécnica Salesiana

**Segundo Congreso Salesiano de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
para la Sociedad**

---

*Memoria académica*



Raquel Ayala, Joe Llerena y Pablo Parra  
(Coordinadores)

**Segundo Congreso Salesiano de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
para la Sociedad**

---

*Memoria académica*

2016

**Segundo Congreso Salesiano de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad. Memoria Académica**

**Raquel Ayala, Joe Llerena y Pablo Parra (Coordinadores)**

Adol Hernández, Ignacio Romero y Julio Silva, Tania Rojas, Pablo Pérez, Tania Yaguana, Jorge Cueva y Nicolás Sumba, Andrea Gonzaga, Roberto López, Enrique Caballero y Joe Llerena, Diana Portugal, Fernando Medina y Pablo Pérez, Nadia Mendieta, Luis Caamaño, Gabriel Castro, Gary Ampuño, Ángelo Tumbaco y Roberto Viña, J. Guamán, C. Vargas, R. Nogales, D. Guevara, M. García y A. Ríos, N. Vega, W. Agila y P. Parra

© Universidad Politécnica Salesiana  
Av. Turuhayco 3-69 y Calle Vieja  
Casilla: 2074  
P.B.X.: (+593 7) 2050000  
Fax: (+593 7) 4088958  
e-mail: rpublicas@ups.edu.ec  
www.ups.edu.ec  
Cuenca-Ecuador

Diseño  
diagramación  
e impresión:

Editorial Universitaria Abya-Yala  
Quito Ecuador

ISBN UPS: 978-9978-10-248-0

Derechos de autor: Inscripción 048928  
Depósito legal 005566

Impreso en Quito-Ecuador, junio 2016

Publicación arbitrada de la Universidad Politécnica Salesiana

## **Comité Organizador**

M.F.I. Andrés Bayolo Garay  
M.Sc. Pablo Parra Rosero  
M.Sc. Joe Llerena Izquierdo  
Ph.D. Raquel Ayala Carabajo

## **Comité Científico**

Ph.D. Javier Tejada (Universidad de Barcelona, España).  
Ph.D. Francisco Riera Romero Principia (España).  
Ph.D. Nervo Xavier Verdezoto (Universidad de Aarhus, Dinamarca).  
Ph.D. Ricardo Silva (Ciudad del Conocimiento Yachay, Ecuador).  
Ph.D. Carlos Monsalve (Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador).  
Ph.D. Enrique Nieto Rodríguez (Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador).  
Ph.D. Adiel Castaño Méndez (Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador).  
Ph.D. Yoandris Sierra Lara (Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador).  
Ph.D. Amilkar Puris (Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador).  
Ph.D. Julián Triana Dopico (Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador).  
Ph.D. Eddy Conde Lorenzo (Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador).  
Ph.D. Jaime Morante (Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador).  
Ph.D. Douglas Plaza (Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador).  
Ph.D. Alberto Ríos Villacorta (Universidad Técnica de Ambato, Ecuador).  
Ph.D. Jack Bravo Torres (Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador).  
Ph.D. Julio Viola (Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador).  
Ph.D. John Morales García (Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador).  
Ph.D. Juan Neira Mosquera (Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador).

Charla Magistral Inaugural: **“La innovación como estilo de vida”**, *Ricardo Silva Bustillos. Ph.D., Ciudad del Conocimiento Yachay, Ecuador.*

Charla Magistral: **“La investigación y la Academia”**, *Juan Pablo Salgado, Vicerrector de Investigación, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.*

Charla Magistral: **“Problemas sociales de la Ciencia y la Tecnología. Un enfoque desde la Sociología”**, *Martín González González. Ph.D., Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.*

Charla Magistral: **“Control de procesos industriales”**, *Oscar Camacho. Ph.D., Escuela Politécnica Nacional de Quito, Ecuador.*

Charla Magistral: **“Sistema supervisor de control para un horno de Clinker”**, *Eliezer Colina Morales Ph.D., Universidad de Cuenca, Ecuador.*

Charla Magistral: **“Competitividad económica de los sistemas renovables de generación eléctrica”**, *Alberto Ríos Villacorta. Ph.D., Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.*

Charla Magistral: **“Soft Computing y su aplicación en las telecomunicaciones”**,  
*Amilkar Puris. Ph.D., Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.*

Charla Magistral: **“Diseñando tecnología que se adapte a la vida cotidiana en la era de la computación ubicua: Retos y oportunidades en áreas de la salud y sostenibilidad”**, *Nervo Xavier Verdezoto. Ph.D., Postdoctoral Researcher at the Ubiquitous Computing and Interaction Group, Department of Computer Science, Aarhus University Denmark.*

Charla Magistral: **“Tecnología de los biodigestores, aprovechamiento de subproductos agro-industriales para la obtención de biocombustible”**, *Juan Neira Mosquera. Ph.D., Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador*

# Índice

---

GAIN SCHEDULING ADAPTIVE CONTROL IMPLEMENTED IN AN EMBEDDED SYSTEM (Controlador adaptativo de ganancias programables implementado en un sistema embebido) . . . . .	13
N. Vega Ureta W. Agila Galvez P. Parra Rosero	
CLOUDIoT PLATFORM FOR CONTROL AND MONITORING IN CLASSROOMS AND TEACHING LABORATORIES OF THE UTA (Plataforma CloudIoT para control y monitoreo en aulas y laboratorios docentes de la UTA) . . . . .	29
J. Guamán, C. Vargas R. Nogales, D. Guevara M. García y A. Ríos	
CHARACTERIZATION OF THE INDUCTION MOTOR. THE REAGENT INFLUENCE ON INDUSTRY (Caracterización del motor de inducción. Influencia en el reactivo de la industria) . . . . .	47
Adol Hernández Rojas Ignacio Romero Rueda Julio Silva Becheran	
CAN YOU TAKE ADVANTAGE OF RAINWATER TO REDUCE WATER CONSUMPTION AT THE SALESIAN POLYTECHNIC UNIVERSITY HEADQUARTERS GUAYAQUIL? (¿Se puede aprovechar las aguas lluvias para la reducción de consumo de agua potable en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil?) . . . . .	59
Tania Rojas Párraga	
INTRODUCING A PLANT LAYOUT PERFORMANCE INDEX: METHODOLOGY AND CASE STUDY (Índice de desempeño del layout de plantas industriales: metodología y estudio de caso) . . . . .	69
Pablo Pérez Gosende	
ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF NUTRITIONAL TRAFFIC LIGHT ON THE DECISION TO PURCHASE CONSUMER FOOD PRODUCTS (Análisis sobre la influencia del semáforo nutricional en la decisión de compra del consumidor en productos alimenticios) . . . . .	81
Nicolás Sumba Nacipucha Jorge Cueva Estrada Tania Yaguana Herrera	
BENEFIT ANALYSIS IN EDUCATION BY APPLYING THE TOOLS E-LEARNING PLATFORM MOODLE FREE SOFTWARE IN A SCHOOL IN THE CITY OF GUAYAQUIL (Análisis de los beneficios en la educación mediante la aplicación de las herramientas E-Learning de la plataforma de software libre Moodle en un centro educativo de la ciudad de Guayaquil) . . . . .	89
Andrea Carolina Gonzaga Acuña	

MARKETING WITH QR CODES IN PUBLICLY HELD COMPANIES: BETWEEN EXPECTATION AND REALITY, FOR PROPER IMPLEMENTATION PROPOSAL (Marketing con códigos QR en las sociedades comerciales: entre la expectativa y la realidad, propuesta para una adecuada implementación) . . . . .	103
Jorge Cueva Estrada Nicolás Sumba Nacipucha	
USING VIDEO AS A TOOL FOR TEACHING AND LEARNING OF MATHEMATICS IN THE EARLY LEVELS OF HIGHER EDUCATION (El uso del vídeo como herramienta para la enseñanza y aprendizaje de la matemática en los primeros niveles de educación superior) . . . . .	117
Roberto David López Chila	
THE STUDENT PERFORMANCE AS A RESULT OF THE PREPARATION OF A CLASS USING COOPERATIVE LEARNING (El aprendizaje cooperativo en la preparación de una clase y el rendimiento de los estudiantes) . . . . .	129
Enrique Caballero Barros Joe Llerena Izquierdo	
FORECASTING OF FOLIAR FERTILIZERS SALES IN AN AGROCHEMICAL PLANT (Pronóstico de la demanda de fertilizantes foliares en una industria agroquímica) . . . . .	135
Diana Portugal Córdoba Fernando Medina Muñoz Pablo Pérez-Gosende	
TEACHING BEHAVIOR AND ITS INCIDENCE ON ELECTRICITY CONSUMPTION (El comportamiento docente y su incidencia en el consumo eléctrico) . . . . .	145
Nadia Mercedes Mendieta Villalba	
CAN WE WNCOURAGE THE SOLAR INDUSTRY IN ECUADOR? (¿Se puede impulsar la industria solar en el Ecuador?) . . . . .	157
Luis Daniel Caamaño	
AS AFFECTS THE PERFORMANCE OF STUDENTS IN THE PREPARATORY COURSES THE USE OF V GOWIN AND TIC'S IN THE CONSTRUCTION OF FREE-BODY DIAGRAM IN THE UNIT PARTICLE DYNAMICS (Cómo afecta el rendimiento de los estudiantes de los cursos propedéuticos el empleo de la V de Gowin y las Tic's en la construcción del diagrama de cuerpo libre en la unidad de dinámica de la partícula) . . . . .	167
Gabriel Castro Ronquillo	
DIDACTIC INDUSTRIAL PLANT WITH APPLICATIONS FOR LEVEL CONTROL IN A RESERVOIR (Planta didáctica industrial con aplicación para el control de nivel en un reservorio) . . . . .	177
Gary Ampuño Avilés Ángelo Tumbaco Roberto Viña	

# Presentación

---

El Segundo Congreso Salesiano de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad, CITIS, realizado el 2 y 3 de diciembre de 2015 y organizado por la Universidad Politécnica Salesiana (sede Guayaquil) ha sido una experiencia de confirmación de la necesidad de crear espacios idóneos para la presentación, difusión e intercambio de los resultados de investigaciones en la comunidad universitaria en general.

En efecto, CITIS 2015 se vivió como un contexto académico de difusión de avances teóricos y tecnológicos expuestos por investigadores de la Universidad Politécnica Salesiana (Sede Guayaquil) e investigadores de otras universidades nacionales y extranjeras. Los trabajos pertenecientes a diferentes líneas de investigación del área de la Ingeniería (Telecomunicaciones; Automatización y Control; Procesos Industriales: Sistemas Eléctricos de Potencia; Telemática e Informática Aplicada, áreas de interés en esta segunda edición del CITIS) pusieron en evidencia no solo las experticias específicas que se van desarrollando al interior de las universidades, sino también la preocupación por la dimensión humana y social en el desarrollo responsable de la ciencia y la tecnología. En palabras de la Mgs. María José de Luca, Coordinadora Zonal 5 y 8 de la SENESCYT (ceremonia inaugural) CITIS es una contribución significativa a “nivel de la construcción de la economía social del conocimiento, la creatividad y la innovación”. Esta contribución, desde el punto de vista de los organizadores, radica en la creación de un contexto de intercambio colaborativo y abierto de conocimientos y prácticas investigativas entre los participantes (docentes investigadores, estudiantes, autoridades e invitados); así como en la experiencia de consolidación de los valores propios de una comunidad académica (apertura intelectual, rigor, cuestionamiento crítico, etc).

Cabe destacar que en la edición de 2015 contó con la valiosa contribución de un Comité Científico de talla internacional, responsables de la evaluación y retroalimentación de los trabajos presentados (modalidad de revisión de pares ciegos) y, por ende, garantes del nivel académico y científico de las ponencias y pósteres presentados. Al mismo tiempo, la acogida por parte de la comunidad académica (docentes y estudiantes) de la sede fue, nuevamente, positiva y masiva; signo del gran interés que esta dimensión de la vida universitaria despierta.

En esta edición, se estableció el intercambio con otras universidades dentro y fuera del país, con participaciones de miembros de: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Universidad Técnica de Ambato, Universidad de Piura (Perú), Universidad AARHUS Universitet (Dinamarca), Universidad de Ferrara (Italia). La organización estuvo a cargo del Grupo de Investigación GIPI de la sede Guayaquil, juntamente con la Coordinación de Investigación de la misma. Reiterándose, por segundo año consecutivo, el apoyo y la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) a través del Programa Prometeo de la Zonal 5 y 8. Esta experiencia ha puesto nuevamente en evidencia la importancia y pertinencia de la actividad investigativa que se está generando al interior de las universidades (en proyectos desarrollados por los docentes investigadores e, incluso, por los estudiantes de grado y posgrado), así como los altos niveles de compromiso académico y social; de exigencia y de motivación que los investigadores mantienen. Al mismo tiempo, se ha confirmado la necesidad de establecer iniciativas motivadoras y formativas para la producción científica. En el caso de la Sede Guayaquil, CITIS está vinculado a cursos de Producción Científica (capacitando a docentes y estudiantes) y Concurso de Producción Científica (también en su segunda edición).

La visión a mediano plazo es que CITIS se convierta en un congreso referente en el país, con proyección nacional e internacional (involucrando a las tres Sedes de la Universidad Politécnica Salesiana en Quito, Cuenca y Guayaquil) y con una visión académica humanista, colaborativa y de pertinencia social, en coherencia con la misión y visión de esta institución universitaria.

Aspiramos a que la lectura de estas Memorias sea no sólo una confirmación de la relevancia de CITIS 2015 y un estímulo para continuar en la planificación y desarrollo de actividades académicas de esta naturaleza; sino, también, una invitación para que los miembros de la comunidad universitaria se sumen a este esfuerzo y experiencia transformativa de determinación de las problemáticas sociales, tecnológicas, técnicas, cognoscitivas, etc., y su abordaje científico para su resolución con miras a las transformación

social, mediante la generación de una sociedad basada en el conocimiento sólido, pertinente y solidario.

Ph.D. Raquel Ayala Carabajo

Coordinadora de Investigación de la Universidad Politécnica Salesiana  
– Sede Guayaquil

Ing. Joe Llerena Izquierdo, MSig. MAE. Msc.

Comité Permanente del Congreso Salesiano de Ciencia, Tecnología e  
innovación (CITIS) 2015

Ing. Pablo Parra Rosero, Msc.

Comité Organizador del Congreso Salesiano de Ciencia, Tecnología e  
innovación (CITIS) 2015



# Gain Scheduling Adaptive Control Implemented in an Embedded System

(Controlador adaptativo de ganancias programables implementado en un sistema embebido)\*

N. Vega Ureta\*\*, W. Agila Galvez\*\*\* y P. Parra Rosero\*\*\*\*

**Abstract**— This project aims to show a system in which control testing is performed. A machine has been built, which can implement level control, low cost, thanks to the use of the embedded system Arduino Mega 256. Mathematical models of the machine: both linear and nonlinear, were determined using physical equations, which fit with the experimental data obtained. An adaptive controller Profit Programs (CAGP) was developed and previously obtained mathematical models were used to obtain the constants of the controller. CAGP algorithm has been developed in own language embedded system.

**Keywords**— Control, Machine, Models, PID.

## I. INTRODUCCIÓN

En un ambiente tan competitivo como el que vivimos, la industrial debe mejorar sus costos de producción, para competir en el mercado. Por lo tanto, necesitan de personal con mejores habilidades y destrezas, y también, de sistemas de control que le permitan optimizar los recursos. Para esto es fundamental que los equipos y personal que controlan la producción sean más eficientes [37].

En el mercado existen una cantidad de nuevas tecnologías tanto en software como en hardware que permiten integrar dispositivos más rápidos y con mayores y mejores prestaciones [38].

\* En el presente trabajo se muestran los resultados parciales sobre la investigación de controladores embebidos aplicados a la industria desarrollada por el grupo de Investigación GIPI de la Universidad Politécnica Salesiana. Además esta investigación aporta al desarrollo de una tesis de maestría.

\*\* N. Vega Ureta. Profesor de la Universidad Politécnica Salesiana, estudiante de maestría de la ESPOL. (nvega@ups.edu.ec).

\*\*\* W. Agila Galvez. Profesor de la ESPOL y de la Universidad Politécnica Salesiana. (wagila@espol.edu.ec; wagila@ups.edu.ec).

\*\*\*\* P. Parra Rosero. Profesor de la Universidad Politécnica Salesiana, Grupo de investigación GIPI. (pparra@ups.edu.ec).

Por otra parte, las universidades son las responsables de capacitar a los profesionales en su campo de acción, deben tener laboratorios con suficientes equipos y tecnología de punta que le permitan prepararse en sus habilidades prácticas. Se conoce que los costos de los equipos son elevados, lo que limita la adquisición en un número suficiente para la cantidad de alumnos. Por otra parte, los pagos por la licencia de software que controlan estos equipos son elevados.

En respuesta a estas dificultades se ha construido un equipo en el que se realice control adaptativo con la variable nivel a bajo costo, para que las universidades puedan tener una alternativa económica de equipar sus laboratorios con suficientes módulos y contribuyan con esto a mejorar las habilidades prácticas de los profesionales logrando que sean más competitivos en su campo laboral. Este equipo tiene como elemento de control una tarjeta Arduino mega 256, un sensor de nivel PING PARALLAX, y como elemento de fuerza se ha implementado un modulador de ancho de pulso (PWM).

#### *A. Trabajos relacionados*

El sistema de control adaptativo surge alrededor del año 1950 a causa del diseño de un controlador para el piloto automático de aviones llegando a una técnica de esquema de ganancia por rangos. En 1970 se

realizan pruebas de la estabilidad de los sistemas adaptativos conocidos hasta la fecha; a inicios del año 1980 los investigadores avanzan en los conceptos de control robusto. En 1990 avanza el desarrollo estimulados por los progresos de la microelectrónica. Hoy en día la mayoría de los controles permiten el ajuste de parámetros de alguna manera, siendo un tema de investigación de amplio interés como se demuestra en las siguientes investigaciones. En 1996 se presentan las técnicas del control adaptativo por ganancias programadas aplicadas a procesos no lineales de dos tanques en cascada [1]. En enero de 2000 se realiza un control adaptativo con Matlab y Simulink en un PC 486 en donde el PC se interconecta a la planta mediante conversores de señales. [2]. Continuando con el desarrollo del controlador en la era moderna encontramos el estudio realizado en el año 2004 en la Universidad Nacional de Ingeniería del Perú, donde se implementan algoritmos de control adaptativo multivariable para controlar la posición angular y la posición translacional sobre un manipulador (brazo) robotizado. En el año 2006 se desarrolla un controlador adaptativo de temperatura EMUM túnel psicométrico en la Universidad Federal de Paraíba. En el año 2009 en la Universidad de Carabobo realizan el control de nivel en un tanque esférico utilizando un algoritmo PI adaptativo tipo

programador de ganancia [4]. En el año 2011, en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, se desarrolla algoritmos de control adaptativo en Labview para el control de la frecuencia de salida de un generador obteniendo buenos resultados [5].

La mayor parte de las investigaciones desarrolladas de controladores adaptativos han sido ejecutadas sobre plataformas que requieren de un computador y de software en el que el costo de equipos y licencias de los programas son altos, lo que provoca que la implementación de este tipo de controladores sea elevado, en esta investigación se ha implementado el controlador adaptativo de ganancias programadas (CAGP) a un control de nivel en donde el algoritmo de control se lo colocó en un Arduino [27], lo que ha permitido bajar significativamente los costos de producción de este equipo.

### *B. Control Adaptativo en la Industria*

Luego del perfeccionamiento del control adaptativo y con los avances tecnológicos para poder reducir al mínimo los costos de implementación de estos sistemas, se introduce esta técnica de control en procesos industriales para diferentes áreas, tales como: centrales térmicas de carbón (Tirajana en las islas Canarias, Scottish Power en Cockenzie cerca de Edimburgo en Escocia), controles de nivel de agua

en grandes canales de riego (mayor parte de Europa), plantas de recuperación de azufre en refinerías (Refinería de Pemex en Cadereyta), y plantas de tratamiento de aguas residuales (Ceutí Murcia, España) [6] [8].

## **II. MATERIALES Y MÉTODOS**

### *A. Descripción de la Planta*

El sistema desarrollado consta de dos tanques: un tanque que se lo utiliza como reservorio (tanque 1) y el otro donde se realiza el control de nivel (tanque 2), se los ha construido en acero inoxidable 304 tiene un diámetro de 250mm y una altura de 610mm, viene provisto de una entrada y salida de agua de 1/2" NPT (figura1), también posea una brida rectangular en la parte lateral, la misma que tiene una lámina acrílica de 100mm de ancho x 320mm de altura con el objetivo de observar el nivel del líquido que hay en su interior. En la parte superior del tanque 2, se ha soldado una tubería de 40mm de diámetro por donde ingresa el agua, la longitud de esta tubería es de 450mm. Para medir el nivel del agua se colocó en la parte superior un sensor ultrasónico PING PARALLAX, la bomba que permite hacer circular el agua es una Flojet de 12 V DC, se utilizan 5 válvulas para realizar las calibraciones y simular las perturbaciones al sistema, las válvulas manuales V\_1,

V<sub>3</sub>, V<sub>4</sub>, V<sub>6</sub> son utilizadas para controlar el ingreso y salida del líquido en el tanque 2, mientras que las válvulas V<sub>2</sub> y V<sub>5</sub> son utilizadas para realizar la simulación de las perturbaciones en la entrada y salida de la planta respectivamente.

### B. Controlador Adaptativo de Ganancias Programadas

El CAGP es bastante usado a nivel industrial, es conocido como control "Gain Scheduling", esta técnica consiste en realizar un estudio previo de los controladores lineales para varios puntos de operación de la planta, obteniendo los parámetros de control de sistemas en estos puntos, obteniendo una tabla de parámetros de controladores lineales, y con esta tabla, se obtiene por métodos de interpolación los parámetros del resto de controladores locales (Tabla I).

Para realizar el ajuste del controlador en línea, el algoritmo de CAGP necesita una variable programable, que permitirá seleccionar de la tabla el controlador que se debe aplicar a la planta en un determinado punto de trabajo, se ha utilizado como variable programable, la salida del sistema (lectura sensor nivel), en la figura 2 se muestra el diagrama de bloque de este controlador [2], [1].

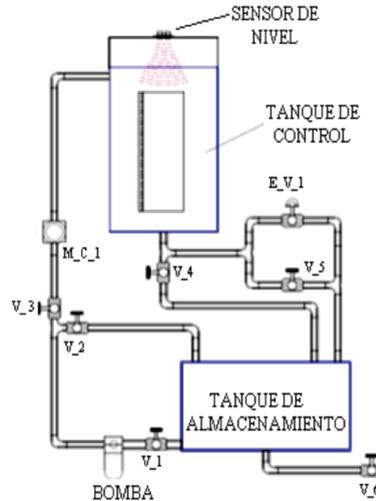


Figura 1  
Sistema Hidráulico \_Control de Nivel

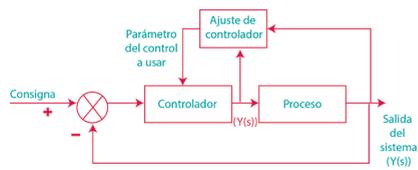


Figura 2  
Diagrama de bloque del controlador Adaptativo de Ganancias programadas

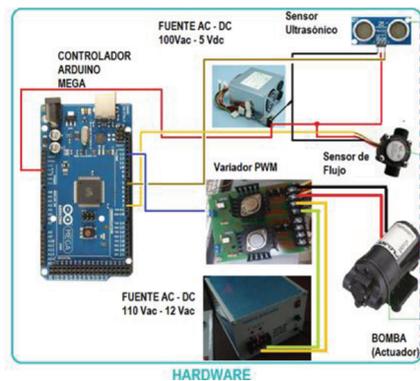


Figura 3  
Diagrama de conexiones del sistema eléctrico y electrónico de la plantas

### C. Sistema Embebido (hardware)

En la figura 3 se muestra el diagrama de conexiones del sistema embebido con todos los elementos del sistema de hardware de la planta [29], en el que aparecen también las fuentes de alimentación utilizadas [21].

Para implementar el algoritmo de control adaptativo se ha utilizado el sistema embebido [30]. Arduino mega 256, esta tarjeta tiene 54 pines que pueden ser configurados como E/S digital, 15 de los cuales pueden ser programadas como salida PWM, consta también de 16 entradas analógicas, y la velocidad de proceso es de 16MHz [32].

Una de las entradas digitales ha sido utilizada para realizar la lectura del sensor de nivel, y un pin de salida para generar la señal de tipo modulación por ancho de pulso (PWM) de 16 bit [31] [18].

## III. MODELADO DE LA PLANTA

### A. Principios fundamentales

Una de las formas de obtener un modelo para un proceso consiste en plantear balances de masa y de energía acompañados de ecuaciones y relaciones que representen el funcionamiento del sistema. En [39], el autor describe un modelo completo para una planta de secado desarrollado en parámetros distribuidos. En este trabajo, para realizar el modelado de la planta, se utiliza las ecuacio-

nes típicas de balance de masa [26], se tiene un caudal de ingreso  $q_i$ , un caudal de salida  $q_o$ , y una acumulación de líquido de altura  $h$  en el interior del tanque, el cual tiene sección transversal  $A$ . La función que describe el proceso es la ecuación (1).

$$A \frac{dh}{dt} = q_i - q_o \quad (1)$$

Como el diámetro en el reservorio es 25.5cm el valor corresponde del área es 510,7 cm<sup>2</sup> (ecuaciones 2, 3 y 4):

$$A = \pi * R^2 \quad (2)$$

$$A = \pi * \left(\frac{25.5}{2}\right)^2 \quad (3)$$

$$A = 510,7 * cm^2 \quad (4)$$

El valor de  $q_o$  depende del tipo de flujo, el mismo que puede ser de tipo laminar, o turbulento. Para determinar qué tipo de flujo se tiene en la salida de la planta, se calcula el número de Reynolds, si este número tiene un valor menor a 3000 el flujo será de tipo laminar ( $q_o = K * h$ ), si este valor se encuentra entre 3000 y 4400 el flujo es entre laminar y turbulento, pero si es mayor a 5000 el flujo es de tipo turbulento ( $q_o = k_v * \sqrt{h}$ ), para determinar el número de Reynolds se utiliza la ecuación (5).

$$Re = \frac{\rho * D * v}{\eta} \quad (5)$$

En donde:

$\rho$  : Densidad del fluido ( $\rho = 997.13 \text{Kg}$  agua a 25 grados centígrados).

v: velocidad característica del fluido.

D: Diámetro de la tubería (16mm diámetro de tubería de salida)

$\eta$ : viscosidad dinámica del fluido (agua a 25 grados centígrados).

Con estos valores el número de Reynolds es 9847.9 para la máxima capacidad del tanque de control ( $h = 38.6 \text{ cm}$  de nivel de agua), y 7702.8 para la capacidad baja ( $h = 9.38 \text{ cm}$  de nivel de agua), por lo tanto, el flujo de salida es tipo turbulento.

Al reemplazar el valor de  $q_0$  en la ecuación (1) considerando el tipo de flujo se obtiene la ecuación (6) que representa el modelo de la planta, el valor de  $K_v$  es la constante de la válvula en un punto de operación.

$$A \frac{dh}{dt} = qi - K_v * \sqrt{h} \quad (6)$$

### B. Modelado Lineal de la Planta

Para obtener el modelo lineal de la planta, se linealiza la ecuación (6) alrededor de un punto de operación [24], utilizando la representación en serie de Taylor de la ecuación (6) se obtiene la ecuación (7) [22] [11].

$$A \frac{dH}{dt} = Qi - K_v * \frac{1}{2 * \sqrt{h_{op}}} H \quad (7)$$

$Q_i$  = Representa la variación del caudal de entrada alrededor del punto de operación.

H = Representa la variación de la altura del nivel del líquido en el tanque de control alrededor del punto de operación.

Para determinar el valor de  $K_v$  se utiliza la ecuación (7), cuando el sistema se ha estabilizado en un punto de operación. En estas condiciones el término  $A \frac{dh}{dt}$  es cero, el valor del caudal de ingreso es  $Q_{i\_operación}$  y la altura del nivel del líquido  $h_{operación}$  con estos valores se obtiene las ecuaciones (8) y (9) respectivamente.

$$qi - K_v * \sqrt{h} = 0 \quad (8)$$

$$\Rightarrow K_v = \frac{Q_{i\_operacion}}{\sqrt{h_{operacion}}} \quad (9)$$

Si se reemplaza la ecuación (9) en la ecuación (7) y se aplica la transformada de Laplace (ecuación (10), (11) y (12)), se obtiene la función de transferencia de la planta lineal, ecuación (14).

$$ASH(s) = Q_i(s) - \frac{Q_{i\_operacion}}{2 * h_{operacion}} H(s) \quad (10)$$

$$ASH(s) + \frac{Q_{i\_operacion}}{2 * h_{operacion}} H(s) = Q_i(s) \quad (11)$$

$$H(s) \left( AS + \frac{Q_{i\_operacion}}{2 * h_{operacion}} \right) = Q_i(s) \quad (12)$$

$$\frac{H(s)}{Q_i(s)} = \frac{1}{\left( AS + \frac{Q_{i\_operacion}}{2 * h_{operacion}} \right)} \quad (13)$$

Con la ecuación (13) se obtiene la función de transferencia de todos los puntos de prueba.

El modelo de la ecuación (13) se lo prueba con un punto de  $h_{operación} = 17.5$  cm  $Q_{i_{operación}} = 90.3$  cm<sup>3</sup>/s con estos valores la función de transferencia corresponde es la ecuación (14) [17] [16].

$$\frac{H(s)}{Q_i(s)} = \frac{1}{(510,7s + 2,579)} \quad (14)$$

Las unidades en las cuales se realizará la medida del nivel H es centímetro y el caudal  $Q_i$  es cm<sup>3</sup>/seg, por tal motivo se ajuste la función de transferencia de la ecuación (14) con un factor de corrección para considerar estas unidades.

Se lleva a la planta a un punto de operación 18.6 cm, caudal 94 cm<sup>3</sup>/seg, el mismo que representa el 51% del valor total de 183 cm<sup>3</sup>/seg que entrega la bomba, por lo tanto, la ganancia adicional que se debe considerar en la ecuación (14) corresponde al valor de la ecuación (15).

$$G1 = 2.74 \quad (15)$$

Si se coloca esta ganancia a la función de transferencia del sistema lineal (ecuación (14)) la función de transferencia corresponde a la ecuación (16).

$$\frac{H(s)}{Q_i(s)} = \frac{2.74}{(510,7s + 2,57)} \quad (16)$$

Al aplicar una señal PRBS (figura 4) a la planta real y también al modelo de la ecuación (16) en lazo abierto, las dos respuestas se muestran en la figura 5, en esta figura se puede apreciar que las dos señales se aproximan en gran parte, por lo tanto, se ha realizado una buena aproximación del modelo lineal de la planta.

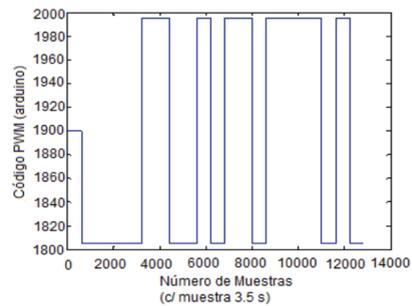


Figura 4  
Señal PRBS código PWM aplicada a la planta real y al modelo lineal

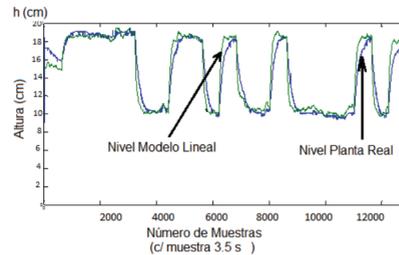


Figura 5  
Respuesta del modelo lineal de la planta vs comportamiento real

Para determinar el modelo no lineal de la planta se utilizó la ecuación (1), en la que se reemplaza el caudal de salida ( $q_o$ ) en función de la altura del nivel ( $h$ ) del tanque de control. La aproximación de esta función se la realiza con datos expe-

rimentales, se tomaron 61 puntos de operación (planta en estado estable) en el que se mide la altura del tanque y el caudal de salida  $q_o$  [3].

Con los datos de  $h$  y  $q_o$  experimentales se obtiene un polinomio de grado 10 que relaciona estas variables (ecuaciones (17) y (18)).

$$q_o = a_0 + a_1h + a_2h^2 + a_3h^3 + a_4h^4 + a_5h^5 + a_6h^6 + a_7h^7 + a_8h^8 + a_9h^9 + a_{10}h^{10} \quad (17)$$

$$a_0 = 82.6270565864783$$

$$a_1 = 8.31543200328237$$

$$a_2 = -3.6412838827743$$

$$a_3 = 0.64025008980756$$

$$a_4 = -0.05872172626140$$

$$a_5 = 0.00307523068154$$

$$a_6 = -0.0000900247768$$

$$a_7 = 1.17084148965381E - 06$$

$$a_8 = 5.45906329778271E - 09$$

$$a_9 = -3.34491409999946E - 10$$

$$a_{10} = 2.74580210384448E - 12$$

$$q_o = h * 0.876 + 75.457 \quad (18)$$

La ecuación (18) solo es válida para valores de  $q_o$  superiores a 90cm<sup>3</sup>/seg, para los valores inferiores se utiliza la ecuación (19).

Con el modelo de las ecuaciones (1), (17) y (18) se ha definido el modelo no lineal del sistema.

Se realiza la prueba de este modelo matemático en simulink ingresando como señal de entrada la señal PRBS de la figura (4). Los resultados de esta simulación se presentan en conjunto con la obtenida en la planta real en la figura (6). La altura en el tanque del modelo no lineal tiene una buena aproximación al nivel de la planta real como se puede observar en la figura 6.

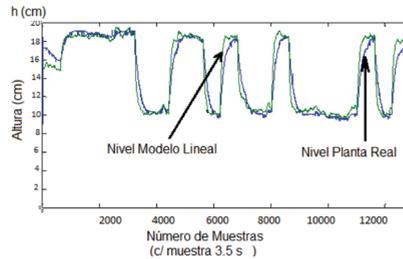


Figura 6  
Altura del modelo no lineal vs  
Altura de la planta

#### D. Diseño del Controlador PID

Los controladores pueden ser diseñados con diferentes algoritmos y luego se podrá realizar la comparación de los resultados y validar el rendimiento obtenido para cada diseño. En [40], los autores abordan el diseño, análisis e implementación de un controlador PID y un GPC para una planta de secado. Para la implementación del CAGP se ha diseñado el controlador PID discreto para cada punto de operación [35] [33] [15] [13] [6].

Las constantes  $k_p$ ,  $k_i$ , y  $k_d$  se las determinó con la herramienta de

sisotool de Matlab en la Tabla I, se muestran los valores de estas constantes [10] [9].

Tabla 1  
Constantes de los controladores PID

Puntos de Operación	Constante $K_p$	Constante $K_i$	Constante $K_d$	Rango de operación
13.7 cm	52	0.32	0.9	(10-20) cm
19.3 cm	64.75	0.123	4.044	(20-30) cm
29.8 cm	133.3	1	1.667	(30-40) cm

#### IV. CONTROL ADAPTATIVO DE GANANCIAS PROGRAMADAS

En la Tabla 1, se ha colocado el rango de operación de cada controlador PID [12] con estos resultados el algoritmo de CAGP [23] [14], que se ha embebido en la tarjeta Arduino Mega 256, realiza una selección

de los controladores PID a utilizar en cada instante, dependiendo del valor de la variable de programación (nivel del líquido tanque de control). El diagrama de bloque de la planta con el CAGP, se muestra en la figura (7). Los resultados de simulación de la planta sin perturbaciones se presentan en la figura 8 y 9.

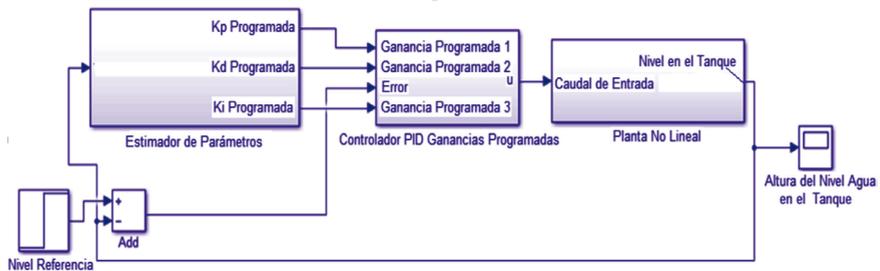


Figura 7

Diagrama de Bloque del Controlador Adaptativo de Ganancias Programadas Implementado

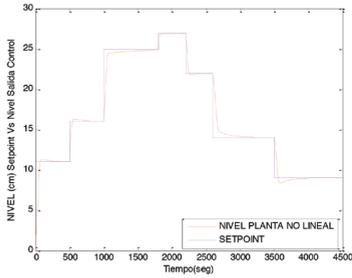


Figura 8  
Señal de salida de la planta obtenida por simulación (altura del tanque)

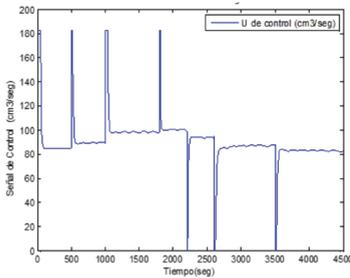


Figura 9  
Señal de control (u) del controlador adaptativo de ganancias programadas

Se realizaron perturbaciones (Figura 10) a la salida de la planta en las simulaciones presentadas en la figura 7 del CAGP, y la respuesta de la planta se presenta en la figura 11 y 12.

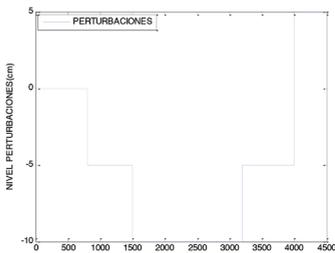


Figura 10  
Señal de perturbación aplicada en la salida de la planta

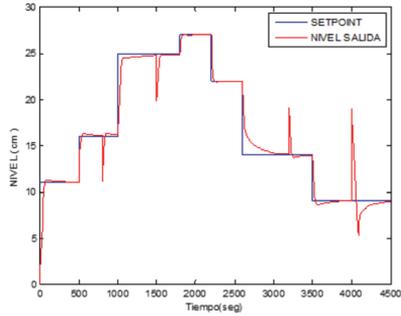


Figura 11  
Señal de salida (altura de la planta) ante perturbaciones realizadas de la figura 10

El nivel del tanque de control le afecta las perturbaciones, pero el controlador logra llevar nuevamente a la planta a su punto de operación.

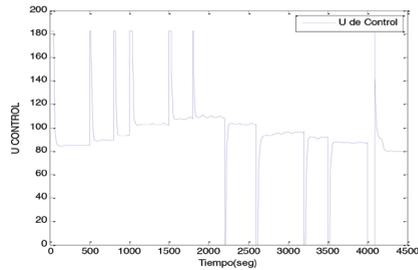


Figura 12  
Señal de control (u) del controlador adaptativo de ganancias programadas con perturbaciones en la salida

## V. RESULTADOS

Se realizaron pruebas en la planta real colocando el algoritmo CAGP en el sistema embebido Arduino Mega 256, utilizando como setpoint varios puntos de operación sin perturbaciones (Figura13). El controlador ha logrado en un tiempo aceptable estabilizar el nivel y el

sobre nivel porcentual de la salida es despreciable. La señal de control  $u_1$  (figura 14) tiene una dinámica que permite aumentar o disminuir el ingreso de agua dependiendo del setpoint [4] [5] [7].

Si se compara la señal del nivel (Figura 12) con la señal  $u$  del controlador (Figura 13), cuando la planta debe ir a un punto de operación más arriba del que se encuentra, el controlador debe realizar el ingreso de más agua por lo que la señal  $u$  de planta debe incrementarse hasta lograr llevar el nivel al nuevo punto de trabajo en la cual debe bajar y estabilizarse, mientras que cuando va de un punto de operación de alto a bajo debe disminuir la cantidad de agua que ingresa al tanque hasta llegar al nuevo punto de operación, una vez obtenido este punto, la señal de control se estabiliza manteniéndose constante.

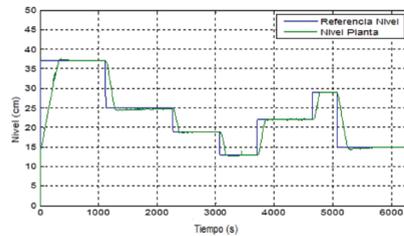


Figura 13  
Señal de salida real con el (CAGP)  
para diferentes puntos de operación sin  
perturbaciones

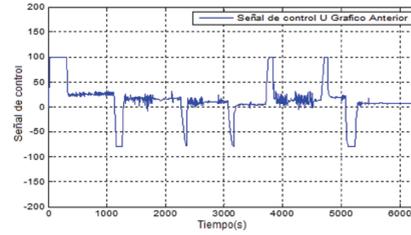


Figura 14  
Señal de control real con el CAGP  
para diferentes puntos de operación sin  
perturbaciones

La prueba de funcionamiento del CAGP que se ha embebido en una tarjeta Arduino, en la planta real, se presenta en las figuras 15 y 16, se ha llevado a la planta por los puntos de operación: 17, 27, 35, 28, 20 y 14 centímetros respectivamente y se ha generado perturbaciones tanto en la entrada como en la salida del sistema. Se puede observar que el nivel en la planta sigue fielmente a la referencia, pero en los puntos en los cuales se presenta las perturbaciones se afecta a la salida de la planta, pero el control responde satisfactoriamente para regresar nuevamente el nivel a su punto de operación.

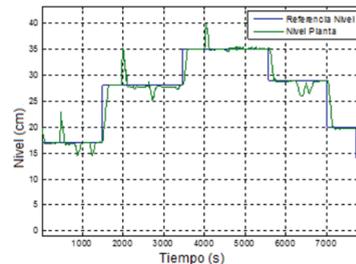


Figura 15  
Señales de salida de la planta con el  
CAGP con perturbaciones en diferentes  
puntos de operación

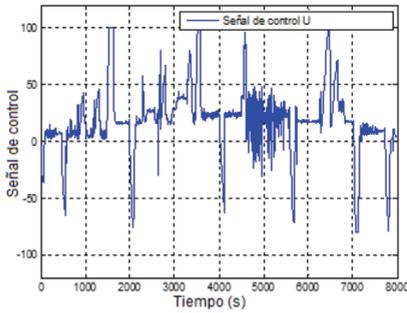


Figura 16  
Señal de control ( $u$ ) del CAGP  
con perturbaciones

En la figura (16) se puede observar la señal de control  $u$  del CAGP embebido de esta prueba, la misma que aumenta o disminuye en los instantes en los que se producen las perturbaciones, logrando mantener el setpoint.

Las pruebas realizadas a través de la simulación de la planta permitieron la calibración de los parámetros del controlador CAGP, con estos datos se realizó el algoritmo de control, el cual se lo ha embebido en una tarjeta Arduino Mega 256.

En las pruebas realizadas por simulación (simulink Figura 7 y 10) [20] [19] y las obtenidas en la planta real (figura 13 y 15), el controlador CAGP embebido responden satisfactoriamente, siguiendo fielmente a la referencia, y en los casos donde se le presentan perturbaciones, la señal de control ( $u$ ) permite una estabilización satisfactoria del proceso.

## VI. CONCLUSIONES

El control Adaptativo de Ganancias Programadas implementado en el sistema embebido, responde satisfactoriamente a la trayectoria de referencia. Frente a perturbaciones en la salida, el controlador reacciona y logra llevarlo nuevamente a su punto de operación.

La dinámica del control de nivel es aceptable, el sobre nivel porcentual es mínimo y el tiempo de estabilización es pequeño, comparado con el tiempo de estabilización en lazo abierto.

El sistema embebido Arduino Mega 256 responde satisfactoriamente en la ejecución del algoritmo del CAGP, por tal motivo representa una buena alternativa a la hora de implementar este tipo de control.

Con la utilización del sistema embebido en la ejecución del algoritmo del CAGP se puede abaratar los costos en hardware de este proyecto.

Los modelos obtenidos tanto lineal como no lineal de la planta, tienen un comportamiento bastante aproximado al comportamiento del sistema real, como se demuestra en las simulaciones realizadas, y en los datos tomados en la planta real.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FRANCO M., EDISON; PINEDO, CARLOS R., NARANJO, P., FREDDY. "Control por ganancias programadas de dos tanques en cascada". Universidad del Valle Julio de 1996.
- [2] DANKO, J. y ONDROVICOVA, M. "Adaptive control of a laboratory tank system". University of Technology, de BRATISLAVA, Enero de 2000.
- [3] CASTILLO C., PERCE. "Diseño e implementación de un sistema de control no lineal adaptativo multivariable aplicado a un manipulador robótico traslacional de 2dof". Universidad Nacional de Ingeniería del Perú, año 2004.
- [4] PÉREZ, R., AÍDA R., CONNO C. ANTONIETA A., ENRÍQUEZ P., ÁLVARO D. "Desarrollo de un sistema de control adaptativo tipo programador de ganancia para la regulación del nivel en un tanque esférico". Universidad de Carabobo, diciembre de 2009.
- [5] PARRA, A., ÁNGELO, R. "Implementación de un control adaptativo de ganancia programada para efectuar el control de la frecuencia de salida de un generador". Escuela Superior Politécnica del Litoral, año 2011.
- [6] PATENTES DE ADEXCORP. <http://www.adexcop.com/es/industry> fecha de consulta mayo 2015.
- [7] ANGULO B., CECILIO y RAYA G., CRISTÓBAL. "Tecnología de los sistemas de control". Primera edición, ediciones UPC, septiembre 2004.
- [8] LOOS, JOCHEN. "Historia de la evolución de la limitación del nivel de agua en calderas de vapor y de agua caliente". BOSCH, fecha de consulta mayo 2015.
- [9] TACONNI, EUGENIO, MANTZ, RICARDO, SOLSONA, JORGE, PULESTON, PABLO. "Controles basados en estrategias pid". 2005.
- [10] ALFARO RUIZ, VÍCTOR M. "Métodos de sintonización de controladores pid que operan como reguladores". <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/viewFile/6430/6135>, fecha de consulta Agosto 2014.
- [11] KUO, BENJAMÍN C. "Sistema de control automático". Editorial Prentice Hall, fecha de consulta febrero 2015.
- [12] UNIVERSIDAD NACIONAL SAN JUAN. (Argentina) controladores discretos de bajo orden. [http://dea.unsj.edu.ar/control3/teor%C3%ADa/capitulo9\\_controladoresDiscretos.pdf](http://dea.unsj.edu.ar/control3/teor%C3%ADa/capitulo9_controladoresDiscretos.pdf) fecha de consulta enero 2015.
- [13] GARCÍA J., LUIS E. "Control digital teoría y práctica". Fecha de consulta febrero 2015.
- [14] GARCÍA J., LUIS E. "Sistemas de control avanzado". Fecha de consulta febrero 2015.
- [15] NAUS, G.J.L. "Gain scheduling Robust Desing and Automated Tunning of Automotive Controller. University of technology Eindhoven", octubre 2009.
- [16] LÓPEZ G., MARÍA ELENA. "Identificación de sistemas aplicados a un motor de corriente continua", año 2006.
- [17] MARTÍNEZ BUENO, ÁNGEL. "Identificación Experimental de sistemas". Universidad de Alicante, año 2011.
- [18] ENRÍQUEZ H., RAFAEL. "Guía de usuario de Arduino", noviembre 2009.
- [19] LabVIEWTM, v. 10. Manual de referencia.
- [20] MATLAB® R2012a, versión 7.6. Funciones System Identification toolbox.

- [21] <http://www.taringa.net/posts/info/14090746/Fuentes-de-alimentacion-conmutadas.html> formato APA.
- [22] GÓMEZ M., JORGE A. y MENDOZA A., GERMÁN. “Aplicación del control adaptativo a procesos industriales tipo SISO”. Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, 2009.
- [23] MOTT, ROOBERTH. “Mecánica de fluidos”, sexta edición, 2006. <http://es.slideshare.net/alexsuarezlastra/mecanica-defluidosrobertmott6taedicion>, fecha de consulta octubre 2014.
- [24] PARRA, P., SAAVEDRA, R., e IPANAQUÉ, W. “Modelación y simulación en ambiente Ecosimpro de una cámara de secado para Cacao”. INGENIUS. N.º 8, (Julio/Diciembre). pp. 54-60. ISSN: 1390-650X. 2012.
- [25] RUBIO, FRANCISCO y LÓPEZ, MANUEL. “Control Adaptativo y Robusto”. Universidad de Sevilla, España, 1996.
- [26] CARLOS A., SMITH y CORRIPIO, ARMANDO B. “Control Automático de Procesos Teoría y Práctica”. Editorial LIMUSA. 1997.
- [27] POSADAS COBOS, H. “Estimación de prestaciones para Exploración de Diseño en Sistemas Embebidos Complejos HW/SW”. Universidad de Cantabria. (2011). Disponible en: [www.tdx.cat/bitstream/10803/32204/1/TesisHPC.pdf](http://www.tdx.cat/bitstream/10803/32204/1/TesisHPC.pdf).
- [28] SÁNCHEZ DAMS, RUBÉN D. “Estado del arte del desarrollo de sistemas embebidos desde una perspectiva integrada entre el hardware y software”. Revista Colombiana de Tecnología de Avanzada. Volumen 2 Número 22, 2013.
- [29] SÁNCHEZ DAMS, RUBÉN DARÍO. “Controlador lógico programable. Una mirada interna”. Barranquilla. Colombia: Editorial Universitaria de la Costa. Primera Edición. EDUCOSTA, 2009.
- [30] TÉLLEZ MOSQUEDA, J., “Estado de la Formación en Sistemas Embebidos”. Fondo de Información y Documentación para la Industria. 2012. Disponible en: [http://www.infotec.com.mx/work/models/infotec/Resource/6088/1/images/CT\\_no1.pdf](http://www.infotec.com.mx/work/models/infotec/Resource/6088/1/images/CT_no1.pdf).
- [31] FERNÁNDEZ, JOSEP. “Ejemplos de Aplicación con Arduino: medida de caudal”. Universitat Rovira I Virgili, septiembre 2012
- [32] 8-bit Microcontroller with 64K/128K/256K Bytes In-System Programmable Flash [http://biakom.com/pdf/ATMEGA2561\\_Atmel.pdf](http://biakom.com/pdf/ATMEGA2561_Atmel.pdf) Fecha de consulta, Febrero – Mayo 2015.
- [33] LEÓN G., CHRISTOPHER F. “Diseño e implementación del control PID de velocidad de un motor DC utilizando la tarjeta FPGA SPARTAN 3E y Labview para los laboratorios de la carrera de ingeniería electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana”. Universidad Politécnica Salesiana, octubre 2011.
- [34] PÉREZ A., MAURICIO, GIL L. , JUAN E., BOTERO G., EDMAR O. “Diseño de controladores avanzados para un motor de dc”. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín Colombia, junio 2009.
- [35] CEREZO L., YOLANDA. “Contribución al diseño y sintonía de controladores PID discretos en sistemas muestreados de forma no convencional”. UNED, Madrid, 2011.
- [36] DÁVILA ÁREAS, JOSÉ, DE ORO GENES, MICHEL. “Simulación de un Sistema de Control Adaptativo con Modelo de Referencia para el Proceso de Neutralización de pH en un Tanque Reactor de Mezclado Continuo”. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 2005.

- [37] PÉREZ, RAÚL, JAUME, V., MUS-  
SONS, S. “Desarrollo de un simulador  
conductual para la formación en gestión  
empresarial basada en LEAN”. Univer-  
sidad Politécnica de Cataluña 2011.
- [38] CARRO, ROBERTO, GONZÁLEZ G.,  
DANIEL. “Estrategia de Producción/  
Operaciones en un Entorno Global”.
- [39] PARRA ROSERO, P. “Modeling  
and simulation in distributed para-  
meters for a dryer of cocoa beans”.  
Chilean Conference on Electrical,  
Electronics Engineering, Information  
and Communication Technologies.  
Pages: 41 - 47, DOI: 10.1109/Chile-  
con.2015.7400350. 2015.
- [40] PARRA ROSERO, P., IPANAQUÉ  
ALAMA, W. y MANRRIQUE SILU-  
PU, J. “Design and Implementation of  
a Temperature Predictive Controller  
for a Dryer Plant of Cocoa Beans”.  
Computer Aided System Engineering  
(APCASE), 2015 Asia-Pacific Con-  
ference on Pages: 202 - 207, DOI:  
10.1109/APCASE.2015.43.



# CloudIoT Platform for Control and Monitoring in Classrooms and Teaching Laboratories of the UTA

---

(Plataforma CloudIoT para control y monitoreo en aulas y laboratorios docentes de la UTA)

J. Guamán, C. Vargas, R. Nogales, D. Guevara, M. García y A. Ríos\*

**Abstract**— The article describes the methodology for monitoring and control access and use of equipment and software in classrooms and laboratories for automated collection of electronic evidence of attendance statistic and use of teaching resources and research. Monitoring and control is based on an innovative web monitoring architecture - acquisition, management and dissemination of information - integrated in a CloudIoT platform. In the process of implementing the use of electronic devices is expected IoT -Internet of things- inexpensive, easy programming and reduced energy consumption. Likewise, they should develop

specific programming tools based on Open Source support services acquisition, storage and processing of the information recorded in the CloudIoT platform. In addition, the platform will have CloudIoT a specific software tool that allows the statistical analysis of access logs classrooms and laboratories, and the use of equipment and software, and the dissemination of reports and statistical reports on all types of devices with web interface.

**Keywords**— Access Control, Cloud Platform, Dissemination, Electronic Evidence, Open Source Programming Software.

\* Los autores desean agradecer a la Dirección de Investigación y Desarrollo DIDE de la Universidad Técnica de Ambato por su especialidad apoyo en el desarrollo de la presente propuesta, gracias a la financiación del proyecto Plataforma CloudIoT de control y monitoreo del uso de equipamiento y programas informáticos en aulas y laboratorios de la UTA. DIDE, J. Guamán, Ingeniero Electrónica y Comunicaciones, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, jguaman0585@uta.edu.ec, C. Vargas, Ingeniero Electrónica y Comunicaciones, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, cvargas0028@uta.edu.ec, R. Nogales, Profesor Titular, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, rnogales@uta.edu.ec, M. García, Profesor Titular, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, marioggarcia@uta.edu.ec, D. Guevara, Profesor Titular, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, dguevara@uta.edu.ec, A. Ríos, Investigador Prometeo, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, a.rios@uta.edu.ec

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, en el Ecuador, se ha realizado importantes inversiones en el sector educativo. Según la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, SENESCYT, en el año 2013, la inversión fue aproximadamente de 1656 millones de dólares. En el año 2014, la revista Chakana, de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, SENPLADES, informó que el Estado invirtió 1,2 millones de dólares para el fortalecimiento, equipamiento en bibliotecas y becas de cuarto nivel [1].

Las inversiones realizadas para la implementación de laboratorios docentes, en la actualidad, no disponen de un sistema automatizado de registro de acceso y seguimiento del uso de laboratorios y de los programas informáticos existentes. Para evaluar la incidencia de las inversiones realizadas en las universidades y centros de investigación, es necesario disponer de plataformas de seguimiento, que en base a informes y reportes de análisis estadísticos justifiquen la adopción de medidas para mejorar los niveles de ocupación y aprovechamiento de aulas y laboratorios. Por tanto, resulta indispensable y oportuno el desarrollo e implementación de una plataforma CloudIoT de seguimiento - control, monitoreo y gestión - del uso del equipamiento y de los programas informáticos en los laboratorios.

En la actualidad, las universidades no disponen de un sistema eficiente de control de acceso y monitoreo del uso del equipamiento y de los programas informáticos existentes. Los sistemas de control y monitoreo se caracterizan por disponer de configuraciones manuales y/o semi-automatizadas. Las configuraciones manuales presentan una serie de desventajas: son inexactas, no permiten la integración de software de análisis estadístico y conllevan un excesivo tiempo para la obtención de estadísticas. Las configuraciones automatizadas se basan en complejos sistemas altamente tecnológicos compuestos por sensores inalámbricos, circuitos cerrados de TV, radio frecuencia e internet.

La implementación de una plataforma CloudIoT de monitoreo y control de acceso a laboratorios y espacios docentes tiene como principal objetivo la obtención de información del uso del equipamiento y de programas informáticos. La plataforma CloudIoT dispondrá de las herramientas de almacenamiento, tratamiento y visualización de la información en informes y reportes estadísticos. La implantación de la plataforma permitirá aprovechar las más recientes innovaciones tecnológicas en comunicaciones, monitoreo, levantamiento y procesamiento de datos, así como en el desarrollo e implementación de sofisticados algoritmos de control y seguimiento del uso de programas informáticos.

En el presente artículo, se describe la problemática asociada a la implementación de plataformas automatizadas de control de acceso a espacios docentes y de investigación, desde una perspectiva multidisciplinaria, así como el desarrollo de un software específico de seguimiento del uso de equipamiento y programas informáticos en los laboratorios. Asimismo, se presentan las características y fases de un proyecto de implementación de una plataforma Cloud Computing para el control y monitoreo del uso de equipamiento y programas informáticos.

El artículo está organizado de la siguiente manera: en la Sección 2 se presentan estudios relacionados con el uso de aulas y laboratorios docentes, y se definen las ventajas y funcionalidades de disponer de una plataforma Cloud de control y seguimiento. En la sección 3, se describen las experiencias más destacables relacionados con los sistemas de en sistemas de monitoreo y control de acceso. En la sección 4, se presenta una descripción de las experiencias con mayor relevancia asociadas al monitoreo y seguimiento del uso de programas informá-

ticos. En la Sección 5, se presenta una breve descripción de las etapas que conforman la plataforma CloudIoT control y monitoreo de aulas y laboratorios. Finalmente, en la Sección 6 se presentan las conclusiones y recomendaciones asociadas a la propuesta.

## II. ESTADO DEL ARTE

Diferentes estudios revelan el uso ineficiente del espacio asignado a laboratorios, así como los problemas de operación asociados a los equipos informáticos en las universidades.

### *A. Estudios del uso de aulas y laboratorios docentes*

En los siguientes párrafos se presentan los estudios más relevantes:

En el año 2003, un estudio de la Universidad de Berkeley, California, evaluó el uso de espacios en 25 universidades americanas, estatales y privadas. En el estudio, se presentó información relacionada al uso de aulas y laboratorios. Así, en la tabla 1, se observa que, para los laboratorios de ingeniería, tan sólo se usa un 25% de las horas totales asignadas a la semana [2].

Tabla 1  
Factores de utilización de aulas y laboratorios

Classroom and class laboratory utilization factors, used for forecasting space needs				
Room Type	Hours Available	Hours Utilized	% Hours Utilized	% Stations Occupied
Classrooms	45 hours/ week	30 hours/ week	66.7 percent	60.0 percent
Class Labs <sup>a</sup>	45 hours/ week	11.25 hours/ week	25.0 percent	80.0 percent
Class Labs <sup>b</sup>	45 hours/ week	11.25 hours/ week	25.0 percent	80.0 percent

- a. Biological Science Bussiness, Education, Language, Law, Mathematic, Physical Science.  
b. Engineering, Healt Professions, Agriculture Class Laboratories.

Fuente: Space planning Guidelines, Columbus, Ohio; Council of Education Facility Planners, Intl, 1985, pp 5-12.

En el año 2010, en la Universidad Andrés Bello, Chile, se presentó un estudio en el que se define el control de acceso como un mecanismo, que proporciona la confidencialidad e integridad esperadas y garantiza su control en base a un conjunto de políticas previamente establecidas. Los laboratorios que cuentan con equipos y dispositivos informáticos para el uso académico suelen sufrir desconfiguraciones o daños, debido a la instalación de software no autorizado, ataques de virus y problemas en los sistemas operativos. En [3], se indica que las desconfiguraciones suceden de 2 a 4 veces por semana, provocando que los laboratorios no se encuentren en total disponibilidad. En la figura 1, se presenta los problemas más frecuentes encontrados en los laboratorios informáticos.

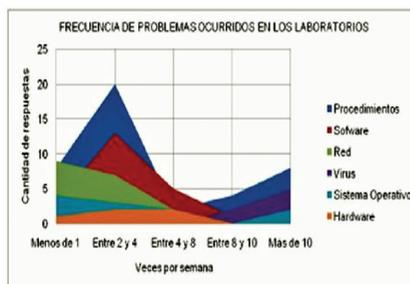


Figura 1  
Problemas más frecuentes en laboratorios [3]

En la Figura 1, se puede apreciar que los daños más frecuentes causados en los laboratorios están relacionados al procedimiento, con una frecuencia de 20 daños entre 2 a 4 semanas, mientras que los daños por hardware son mínimos con una frecuencia 2 veces cada 8 semanas. Las inversiones realizadas en el sector educativo, conjuntamente con los reducidos niveles de ocupación de aulas y laboratorios, así como un

conjunto de problemas, asociados a los equipos informáticos, hace necesario realizar un seguimiento de la ocupación de espacios docentes, de laboratorios y de la utilización del hardware y software existente en los mismos.

La principal funcionalidad de las plataformas de seguimiento es la obtención de estadísticas del uso del equipamiento y programas informáticos, que permitirá definir una adecuada planificación de compras de equipos y software, y un óptimo uso de los recursos económicos.

La inexistencia de una plataforma Cloud específica de control y monitoreo de aulas y laboratorios de las universidades del Ecuador afecta seriamente la optimización de la capacidad de control y gestión de los espacios físicos y equipamientos de las universidades. Las plataformas de seguimiento permitirán evaluar, conocer y gestionar el óptimo uso de espacios físicos y del equipamiento en aulas y laboratorios.

Las ventajas de contar con una plataforma CloudIoT de control y monitoreo de aulas y laboratorios son:

- Automatización del proceso de control de acceso de docentes e investigadores a los laboratorios y la obtención de base de datos e informes periódicos.
- Disponer de información verídica y automatizada de la utilización de espacios docentes como aulas y laboratorios, para mejorar la gestión y administración de estos espacios.
- Disponer de una base de datos informatizada, asociada al inventario de equipos de laboratorios de investigación y aulas informáticas, que permita el monitoreo automatizado del préstamo y uso del equipamiento, así como del empleo de paquetes informáticos.
- Disponer de la información necesaria para verificar el correcto uso de espacios docente y equipamiento de laboratorios en las universidades del país.
- Desarrollar entornos de visualización estadísticos asociadas al uso del equipamiento y programas informáticos en aulas y laboratorios en tiempo real y obtención de series históricas de datos registrados de su uso.
- Disponer de sistemas de almacenamiento y recuperación de la información adquirida en la plataforma de seguimiento y control.
- Posibilidad de acceder a la información adquirida en la plataforma de seguimiento y control desde internet por niveles y/o roles y a través de entornos amigables, atractivos y personalizados y de fácil manejo.
- Centralizar la información adquirida en la plataforma de seguimiento y control, que permita analizar la información mediante reportes automatiza-

dos de adoptar las adecuadas medidas predictivas, preventivas y correctivas, así como la generación de avisos y/o alarmas en función de la información obtenida en tiempo real del uso del equipamiento y programas informáticos en aulas y laboratorios.

- Disponer de un sistema de reserva informatizado de espacios docentes a través de la plataforma de seguimiento y control para un óptimo aprovechamiento de los espacios físicos de las universidades.

Es importante indicar, que una de las características fundamentales de la plataforma CluodIoT de seguimiento y control es el empleo de software libre con código abierto, que permita prescindir de softwares comerciales para la creación de la nube y de los servicios y prestaciones asociadas.

En resumen, es imprescindible, la implementación de plataforma CluodIoT de seguimiento y control, que permita a las autoridades competentes disponer de la información necesaria para la adopción de medidas correctivas en relación al uso del equipamiento en laboratorios y programas informáticos en aulas. La información obtenida permitirá una óptima planificación de los recursos económicos de las universidades para investigación y docencia.

### *B. Descripción de experiencias de control de acceso*

Un sistema de control de acceso es un conjunto de normas y técnicas que restringen el acceso a una o varias áreas determinadas [4]. En los siguientes párrafos, se mencionan experiencias nacionales e internacionales de implementación de sistemas de control de acceso y monitoreo. El análisis de las experiencias descritas permite definir un conjunto de deficiencias que deberán ser mejoradas en futuras plataformas de seguimiento y control.

En España, en el año 2010, se realizó la implementación de un sistema de seguridad en un edificio público. El proceso es monitorizado a través de un sistema de supervisión, control y adquisición de datos, en términos anglosajones SCADA, Supervisory Control And Data Acquisition, que controla todo el proceso en forma gráfica. La interfaz gráfica permite escoger las diferentes plantas del edificio, y así se puede establecer grabaciones de vídeo en tiempo real, Figura 2. [5].



Figura 2  
Interfaz gráfica del sistema de monitorización [5]

En 2010, en Bogotá la Universidad Distrital Francisco José de Caldas desarrolló el estudio de un sistema de video vigilancia. El sistema emplea cámaras fijas IP - Internet Protocol-, permitiendo grabar imágenes en dispositivos con soporte digital. En la figura 3, se muestra el esquema del sistema de video vigilancia y las imágenes capturadas en tiempo real [6].

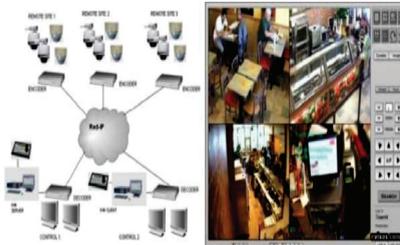


Figura 3  
Sistema de video vigilancia [6]

En el estudio, se estableció un sistema autónomo de activación de las cámaras de video vigilancia a través de una red de sensores. Los órdenes son gestionados remotamente a través de un servidor web específicamente diseñado [6].

En el año 2013, un novedoso sistema de seguridad se desarrolló en el Perú. El personal de la Pontificia Universidad Católica del Perú diseñó un sistema de control domótico, asociado a un sistema de video vigilancia, y supervisado por un teléfono móvil y una computadora. En la figura 4, se aprecia la arquitectura del sistema domótico y la representación de los dispositivos que lo conforman. El sistema será imple-

mentado en un hogar con servicio de internet conectado a un módem router de tecnología inalámbrica [7].

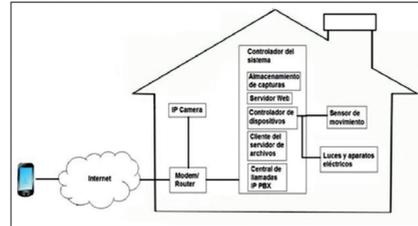


Figura 4  
Arquitectura del sistema de monitoreo [7]

Se implementó un sistema muy económico integrado por un teléfono inteligente y una microcomputadora de tecnología Raspberry Pi 20. La microcomputadora permite una gestión inteligente de todo el sistema implementado. El teléfono inteligente es utilizado como dispositivo de visualización y control de la información registrada en el sistema [7].

En el Ecuador se han desarrollado novedosas propuestas de sistemas de control de acceso y monitorización. Así, en el año 2010, la Universidad Politécnica Salesiana, presentó el estudio de un sistema integrado para la automatización de un laboratorio clínico orientado a la Web. A través de un acceso web se administra las cuentas y las claves necesarias para acceder al sistema. Un módulo de seguridad integrado gestiona el acceso vía web y el personal dispone de un acceso restringido a cada proceso por paciente, Figura 5, [8].

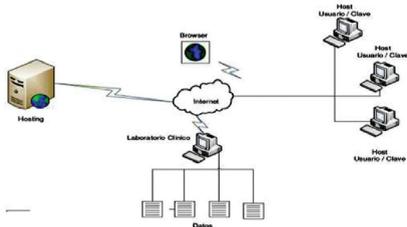


Figura 5

Esquema de monitorización para los procesos [8]

Por otro lado, en la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, en mayo del 2015, se diseñó un sistema de video vigilancia con tecnología IP para el barrio “La Delicia” de la ciudad de Ambato. Las cámaras están alimentadas a través del puerto Ethernet (tecnología Power on Ethernet, PoE), abaratando significativamente los costos. Se emplea el protocolo Dynamic Host Configuration Protocol, DHCP, para la administración de las direcciones IP cifradas con Hyper Text Transfer Protocol Security, HTTPS, empleando la tecnología GigaBit Ethernet en la conexión del centro de monitoreo. En el sistema de video vigilancia se empleó el software IP Video System Design Tool 7 [9]. En la Figura 6, se presenta el diseño lógico de una red inalámbrica de cámaras para la monitorización remota.

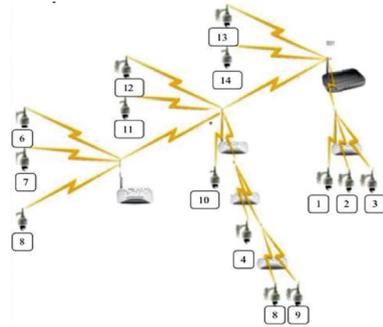


Figura 6

Diseño lógico de la red inalámbrica de monitorización [9]

Las experiencias descritas en párrafos anteriores no desvelan la existencia de sistemas de control de acceso y monitoreo en aulas y laboratorios, integrados de forma automatizada en una plataforma de seguimiento, basada en la tecnología CloudIoT. La plataforma CloudIoT incluirá un sistema automatizado de registro, almacenamiento, tratamiento y difusión de la información, asociada a los diferentes procesos de control de acceso y monitoreo en aulas y laboratorios. En la tabla 2, se presentan las diferentes tecnologías de control de acceso utilizados por países como España, Colombia, Perú y Ecuador en los últimos 5 años.

Tabla 2  
Factores de utilización de aulas y laboratorios.  
Diferentes tecnologías utilizadas para el control de acceso

País	Año	Lugar de Implementación	Tipo de sistema	Presentación del sistema	Presentación del sistema
España	2010	Centro Educativo	Sistema SCADA	Video vigilancias	Circuito cerrado de TV
Colombia	2010	Centro Educativo	Sistema Monitoreo IP	Video vigilancias	Cámaras fijas IP
Perú	2013	Domicilio	Sistema Domótico	Control	Tecnología Raspery PI 20
Ecuador	2015	Secor	Sistema IP-PoE	Video vigilancias	Cámaras con Power On Ethernet

### C. Software de seguimiento de uso de programas informáticos

Un aspecto fundamental en el proyecto de investigación propuesto es el control y seguimiento del uso del software y la realización de reportes estadísticos correspondientes.

En los siguientes párrafos, se mencionan las experiencias más relevantes asociadas al uso eficiente del software instalado en los laboratorios:

En el año 2007, en Ecuador, la Universidad Politécnica Salesiana desarrolló un software de monitoreo denominado Sistema para Monitoreo y Control de Uso de Software en la Empresa (SIMCUS), que permite determinar el tiempo activo e inactivo de los programas, basado en el porcentaje de uso de memoria, CPU y tablas de registro con el nombre del ejecutable del software utilizado [10].

En el año 2007, en la Universidad de Standford, se desarrolló una Tesis Doctoral, [11], que demostró como las aplicaciones de confianza se pueden construir a partir de código no confiable en gran medida. El empleo del flujo y control de la información razonada sobre los efectos de la ejecución de código, permitió el desarrollo de un nuevo sistema operativo llamado HiStar. Este sistema permite enfocar políticas de control de flujo de la información capturada.

En el año 2011, Smart Tech, una empresa de desarrollo de software, presentó un producto comercial denominado “Monitoring Student Computers with SMART Sync Software”. Este software despliega imágenes pequeñas de las pantallas de cada computadora del laboratorio, permitiendo monitorear las actividades y el uso de los recur-

tos informáticos por los estudiantes, Figura 7 [12].

Asimismo, un estudio realizado por la empresa de seguridad de última generación y monitoreo de red Tamo Soft, explica cómo se puede monitorear el tráfico proveniente de la red de computadores dentro del laboratorio. El tráfico de datos es analizado a través de diferentes protocolos y direcciones de red. Además, en el estudio se analiza la uniformidad entre los principales softwares de seguimiento como son: CommView, Comm View for WiFi, Comm Traffic, NetResident, propios de la empresa [14]. En la figura 8, se presenta la red local para el monitoreo del tráfico de computadores. Abbreviations and Acronyms.

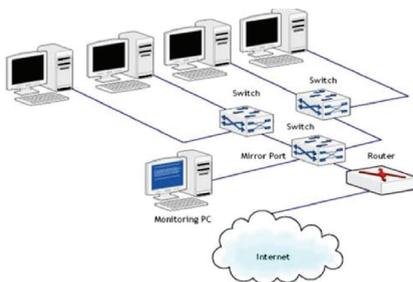


Figura 8  
Red de área local para el monitoreo de computadores [14]

Debido al incremento indiscriminado de la delincuencia en Internet,

el desarrollo de software, orientado al control del uso de programas informáticos y de páginas Web, experimenta un importante crecimiento en el desarrollo de innovadoras herramientas de seguridad informática. En este sentido, se desarrolló una potente herramienta informática denominada “A tool for Monitoring Sex Offenders”. La primera versión del mencionado software fue lanzada en el año 2005. Desde entonces, el Centro Tecnológico de Excelencia del Instituto Nacional de Justicia Correccional ha empleado versiones mejoradas [13].

El análisis de las experiencias presentadas en párrafos anteriores permite deducir que no existe una herramienta de seguimiento, desarrollada en software de código abierto e integrada en una plataforma CloudIoT, que además permita la elaboración de informes estadísticos automatizados del uso de programas informáticos.

En la Tabla 3, se presenta de forma esquemática las diferentes experiencias analizadas, relacionadas con el seguimiento uso de programas informáticos. Se observa que tan sólo una de las experiencias corresponde a un sistema que utiliza código libre para la programación de las funcionalidades implementadas.

Tabla 3  
Experiencias de seguimiento de software

Instituto Desarrollador	Año	Tipo de Sistema	Código del Sistema
Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador	2007	SIMCUS**	Propietario
Universidad de Stanford	2007	Sistema de control de flujo	Código libre
Smart Tech	2011	Sistema de monitoreo de Actividades	Propietario
CTEINJC*	2005	Sistema de control de uso de programas	Propietario
Tamo Soft	2013	Sistema de control de tráfico de datos	Propietario

\* CTEINJC: Centro Tecnológico de Excelencia del Instituto Nacional de Justicia Correccional

\*\* SIMCUS: Sistema para Monitoreo y Control de Uso de Software en la Empresa

### III. DESCRIPCIÓN DE LA ARQUITECTURA DE LA PLATAFORMA CLOUDIOT

Las experiencias y soluciones tecnológicas, experimentales y comerciales, descritas en apartados anteriores, presentan los siguientes inconvenientes:

- Son sistemas individuales desarrollados para cubrir ciertas necesidades como monitoreo, control de acceso.
- No centralizan la información adquirida por de los sistemas de monitoreo y control en una plataforma CloudIoT escalable que permitirá la visualización de la información en informes y reportes estadísticos.
- Al ser un software propietario, no permite acceso al código fuente de programación, no es adaptable a los requerimientos exigidos por cada uno de los laboratorios y aulas de la universidad. Estas restricciones impiden añadir nuevas funcionalidades o características como, realizar evaluaciones particularizadas del uso de espacios docentes, así como la utilización de equipos y programas informáticos.
- Estas deficiencias motivan la presente propuesta de implementación de una plataforma de CloudIoT de monitoreo y control de acceso a laboratorios y espacios docentes con el objetivo de desarrollar la integración de los sistemas de monitoreo y seguimiento en una plataforma CloudIoT, basado en software de código abierto para la obtención de información del uso del equipamiento y de programas informáticos, creado en un in-

novador centro de monitoreo y seguimiento CloudIoT de servicios Web.

- En resumen, hay tres exigencias que motivan el diseño de una plataforma de monitoreo basada en una arquitectura cloud:
- La necesidad de escalabilidad extrema del sistema.
- El enorme volumen de información registrada que es necesaria almacenar, procesar y presentar en reportes estadísticos.
- Un conjunto de aplicaciones y servicios web que proporcionen una plataforma innovadora de control y monitoreo en aulas y laboratorios docentes de la Universidad Técnica de Ambato con funcionalidades en la modalidad de servicios Web.

La arquitectura de la plataforma CloudIoT propuesta se divide en:

*Un módulo de control de acceso y monitoreo para aulas y laboratorios.* Estos módulos están conformados por dispositivos IoT, que enviarán un código de acceso válido para su autenticación, suministrando en línea los datos generados hacia la plataforma de servicios CloudIoT. Los datos se conectan con ayuda de protocolos de transporte y se gestionan en una base de datos programada en código abierto, integrada en la plataforma CloudIoT. La base de datos se alojará en la plataforma CloudIoT y permitirá el procesamiento del registro, autorizando el

acceso y generando un registro de evidencia de su utilización.

*Un módulo de seguimiento del uso de equipamiento, programas informáticos y servicios de Internet.*

Estos módulos se encargan de monitoreo los programas instalados en aulas informáticas y laboratorios de investigación y el equipamiento con el que consten estos lugares. El equipamiento y los programas informáticos de aulas y laboratorios se monitorea por Logs, Scripts, Firewalls y software específico de inventariado, que se integrará en la plataforma CloudIoT. La información adquirida se almacenará en una base de datos PostgreSQL y se procesará a través de Java, php, html y jsp bajo la arquitectura de software “Modelo Vista Controlador”, MVC. Además, se implementará un software de adquisición, tratamiento y análisis estadístico de la información adquirida.

*Un módulo de tratamiento y difusión de la información en reportes personalizados.* Son herramientas informáticas necesarias, en código Open Source, para la elaboración de informes y reportes. La difusión de los informes será accesible desde cualquier dispositivo con acceso a Internet.

En la figura 9, se presenta los diferentes niveles que componen la arquitectura de servicios de la plataforma CloudIoT.

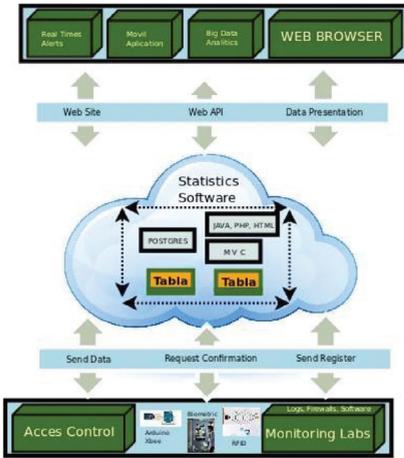


Figura 9  
Arquitectura de servicios de la plataforma CloudIoT

El desarrollo de esta plataforma permitirá disponer de una herramienta informática específica de control y gestión del uso de equipos, espacios docentes y laboratorios, garantizando un uso óptimo de las inversiones en educación e investigación que inciden en el nivel de capacitación y conocimientos adquiridos por los alumnos de la Universidad Técnica de Ambato.

#### IV. ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA CLOUDIOT

La viabilidad y factibilidad de la implementación de una plataforma CloudIoT de monitoreo, control, almacenamiento y gestión de información del acceso y uso de laboratorios se fundamenta en los avances tecnológicos de las plataformas Cloud Computing, dispositivos IoT y senso-

res inalámbricos, así como en el desarrollo de herramientas informáticas de tratamiento de grandes volúmenes de información tales como Big Data y software estadístico open source.

En la figura 10, se muestra el esquema general de la plataforma CloudIoT de control de acceso, monitoreo y gestión de la información adquirida, que permitirá abordar los siguientes aspectos:

- Control de acceso de docentes y alumnos a aulas y laboratorios.
- Monitoreo de la utilización del equipamiento en laboratorios.
- Implementación de un sistema informático para la adquisición y tratamiento estadístico de uso de software.
- Sistema de grabación de clases y exposiciones magistrales.
- Implementación de una plataforma de control y gestión de la información registrada.
- Desarrollo de las herramientas para la difusión y divulgación de la información en pantallas interactivas y en dispositivos remotos.

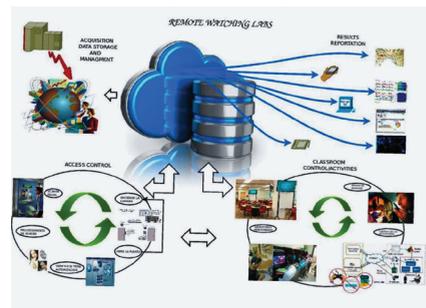


Figura 10  
Esquema general de la plataforma CloudIoT

En la figura 11, se presenta el esquema básico del sistema de control de acceso de docentes y alumnos a laboratorios y aulas conformado por:

Sistema de identificación biométrico y/o tarjetas personales para usuarios del laboratorio.

Control automático de apertura de puertas y encendido de cámaras.

Sistema de vídeo vigilancia para áreas restringidas.

Adquisición de la información de registros y autenticación en bases de datos.



Figura 11  
Esquema del control de acceso

El esquema del sistema de monitoreo, figura 12, presenta:

Sistema de inventariado de equipos mediante una tecnología de autenticación.

Sistema de acceso y autenticación de usuarios a equipamiento.

Herramienta OpenSource de seguimiento del uso de software.

Sistema coordinado de visualización de una smart board con dispositivos remotos.

Sistema de captura de audio y vídeo de clases y exposiciones magistrales.

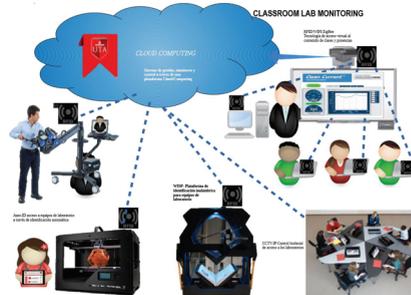


Figura 12  
Sistema de monitoreo

La figura 13, presenta las funcionalidades a diseñar, programar y testear en un software de código abierto en la plataforma CloudIoT propuesta:

Software de adquisición de datos del proceso de control de acceso y monitoreo de laboratorios.

Software de almacenamiento y tratamiento de la información registrada en una base de datos OpenSource.

Software para el tratamiento estadístico de uso de programas informáticos en los laboratorios.

La aportación científica fundamental de la plataforma CloudIoT propuesta se centra en el diseño, programación y testeo de un sistema informático específico, orientado al control, registro y análisis estadístico de la información adquirida.

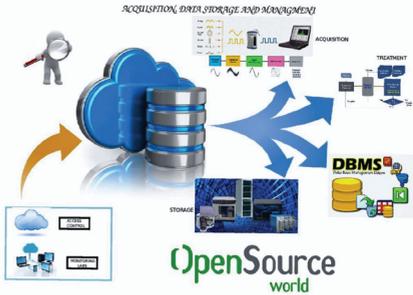


Figura 13

Software de adquisición, gestión y tratamiento de la información registrada

Finalmente, en la figura 14 se presenta un esquema de una herramienta informática, que será necesario diseñar, programar y testear, para la difusión y divulgación de la información en terminales informáticos, pantallas interactivas y dispositivos remotos.



Figura 14

Esquema de difusión y divulgación de la información

En los últimos años, la Universidad Técnica de Ambato ha adquirido una gran experiencia en la implementación práctica de plataformas Cloud Computing. Actualmente, se encuentra en fase final de desarrollo e implementación de una plataforma Cloud, específicamente diseñada

para el monitoreo remoto de sistemas fotovoltaicos aislados en el Ecuador [15, 16, 17, 18]. Esta experiencia revela la viabilidad de implementación práctica de una plataforma CloudIoT con las funcionalidades descritas en párrafos anteriores.

## V. RESULTADOS

La implementación de una plataforma CloudIoT de control de acceso, monitoreo y seguimiento del equipamiento y programas informáticos en aulas y laboratorios, pretende la creación de un sistema automatizado de control de acceso de docentes y alumnos a aulas y laboratorios alojado en la nube de la facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial. Se elaborará una herramienta informática de inventariado del equipamiento en espacios docentes. Las herramientas informáticas de seguimiento del uso de software y tratamiento estadístico en la plataforma CloudIoT serán programadas y desarrolladas en código OpenSource. La plataforma CloudIoT de control y gestión de la información registrada presentará reportes e informes estadísticos especializados por medio de dispositivos que tengan soporte web. Dentro del presente proyecto de investigación se ha implementado una nube de tipo IaaS, basada en la plataforma cloud Open Stack de código libre. En la plataforma cloud implementada se desarrollará las herramientas informáticas para el control de acceso, monitoreo y

seguimiento del equipamiento y programas informáticos y se gestionará la información adquirida en aulas y laboratorios. La nube es de tipo privada y se encuentra alojada en los servidores de la Universidad Técnica de Ambato, específicamente en la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial, FISEI.

## VI. CONCLUSIONES

Las soluciones tecnológicas, experimentales y comerciales, de sistemas de control de acceso y monitoreo del uso del equipamiento y de los programas informáticos existentes presentan tres inconvenientes principales:

- No abordan la problemática de control y seguimiento de actividades en laboratorios y espacios docentes de forma integrada. Las soluciones propuestas analizan las actividades por separado y representan un elevado costo económico, debido a la necesidad de comprar diferentes herramientas de control y seguimiento.
- No presentan entornos Los sistemas comerciales no son accesibles de manera remota y dinámica vía Web.
- Al ser software propietario no permiten integrar más servicios, es decir no son escalables a nuevas funcionalidades.
- Estas deficiencias motivan la presente propuesta de implementación de una plataforma

CloudIoT de Control y Monitoreo en Aulas y Laboratorios docentes de la UTA con el objetivo de desarrollar:

- La plataforma CloudIoT dispondrá de las herramientas de almacenamiento, tratamiento y visualización de la información en informes y reportes estadísticos.
- Una plataforma integral, de control y monitoreo de aulas, laboratorios y equipamiento.
- La programación de una plataforma CloudIoT de servicios web basada en software libre.
- La implementación de una nube, que permitirá la escalabilidad extrema del sistema para el almacenamiento de una gran cantidad de datos.
- La presente propuesta de diseño e implementación de una plataforma CloudIoT de control y monitoreo en aulas y laboratorios docentes de la UTA, permitirá generar información para que las autoridades de la UTA puedan controlar la generación de evidencias de alumnos y docentes, además que las inversiones realizadas estén siendo utilizadas de manera adecuada.

En este contexto, el principal objetivo del artículo es proponer la creación de una plataforma CloudIoT eficiente y escalable para el monitoreo de aulas, laboratorios y equipamiento. La propuesta adopta la tecnología CloudIoT para cum-

plir con las exigencias de control y monitoreo, proporcionando servicios web que garantizan la accesibilidad, escalabilidad y fiabilidad de la plataforma, y adoptar un modelo de servicios que permita ajustar los costes económicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SENPLADES. Chakana, Revista de Análisis de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. La inversión pública construye Patria. [www.planificacion.gob.ec](http://www.planificacion.gob.ec) 10 de agosto, 2015.
- [2] FINK, I., and Associates. “Features Class Laboratories Space Use and Utilization”. University Planning Consultants, Berkeley, California (2003).
- [3] MÉNDEZ, V., CRUZ, F. Mejora al control de acceso para laboratorio. Escuela de Informática, Facultad de Ingeniería, Universidad Bello, Santiago de Chile, [vmendezgallardo@gmail.com](mailto:vmendezgallardo@gmail.com), [feruz@unab.ch](mailto:feruz@unab.ch), 2010.
- [4] ACCESPRO. “Sistema de Control de Acceso. Soluciones en control de Acceso”. Catálogo de Productos, 2015.
- [5] BRICEÑO, F. “Implementación de un sistema de seguridad en un edificio público”. Departamento de Automatización, Leganés. Universidad Carlos III de Madrid, 2010.
- [6] SUÁREZ, J. “Diseño e implementación de un Control de administración remota utilizando cámaras IP”. Facultad Tecnológica, Seminario de Investigación. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2010.
- [7] GUERRA, F. “Diseño de un sistema de control domótico y video vigilancia supervisado por un teléfono móvil”. Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014.
- [8] ÁLVAREZ, M., ASTUDILLO, R., ZAMBRANO, A. “Sistema integrado para la automatización de un laboratorio clínico orientado a la web”. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, 2010.
- [9] CHIMBORAZO, D. “Diseño de un sistema de video vigilancia con tecnología IP para el barrio de la Delicia de la ciudad de Ambato”. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica Nacional, 2015.
- [10] GALARZA, F. “Sistema para monitoreo y control de uso de software en la empresa”. Facultad de Ingenierías, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2007.
- [11] ZELDOCICH, N., CITSEER. “Securing untrustworthy software using information flow control”, 2007.
- [12] SMARTTECH. SMART. Technologies on July 2011 Monitoring Student Computers with SMART Sync Software, 2011.
- [13] HIGGINS, B. “A tool for Monitoring Sex Offenders”. Communication support of National Institute of Justice NIJ Update, 2008.
- [14] TAMO SOFT. “Promiscuos Monitoring in Ethernet and Wi-fi Networks. Tamo Soft take control It is your security”. TamoSoft PO Box 1385 Christchurch 8015 New Zealand [www.tamos.com](http://www.tamos.com), 2013.
- [15] MANZANO, S., PEÑA R., GUEVARA D., RÍOS A. “A cloud scalable platform for monitoring isolated PV systems using wireless remote sensors in Ecuador”. ExtremeCom 2014 Proceedings, 11 de Agosto de 2014, ACM Isiweb.
- [16] MANZANO, S., PEÑA R., GUEVARA D., RÍOS A. “An Overview Of Remote Monitoring Pv Systems: Acquisition, Storages, Processing And

Publication Of RealTime Data Based On Cloud Computing, 13th International Workshop on Large-Scale Integration of Wind Power into Power Systems as well as on Transmission Networks for Offshore Wind Power Plants”, Noviembre de 2014, (i) FIZ – Fach Informations Zentrum Karlsruhe, (ii) Elsevier, (iii) ETDE, (iv) Reuters, (V) Compendex, (Vi) ThomsonCitationIndex.

- [17] MANZANO, S., GUEVARA D., RÍOS A. “Plataforma Cloud para monitoreo remoto de sistemas fotovoltaicos aislados en el Ecuador”, Maskana, 3 de diciembre de 2014, Latindex.
- [18] MANZANO, S., PEÑA R., GUEVARA D., RÍOS A. “A new architecture proposal for pv remote monitoring based on iot and cloud computing”, *Renewable Energy & Power Quality Journal, RE&PQJ* 2015, Marzo 2015.

# Characterization of the Induction Motor. The Reagent Influence on Industry

---

(Caracterización del motor de inducción. Influencia en el reactivo de la industria)

Adol Hernández Rojas\*, Ignacio Romero Rueda\*\* y Julio Silva Becheran\*\*\*

**Abstract**— Most device connected to a power supply network not only requires active power, but also a certain amount of reactive power. Magnetic field in motors and transformers are maintained by reactive current. Electrical motors account represents approximately 50 % of the overall electricity used in industrialized countries. Although this energy conversion has a high efficiency, a small change to achieve more efficient motors can lead to significant energy savings. This paper proposes one methodology to determine the incidence of induction motors in the reactive power of industry.

**Keywords**— Induction Motor, Industry, Reactive Energy.

## I. INTRODUCCIÓN

Es conocido el amplio grado de utilización que tiene el motor de inducción y aún mayor el de rotor en cortocircuito trifásico, en todas las esferas de la producción, debido a su robustez, bajo costo y confiabilidad de funcionamiento. Estas ventajas lo hacen muy competente, al mismo tiempo como carga de carácter inductiva, constituye el consumidor de reactivo más importante de la industria. Las empresas del territorio, incluyendo las minas también utilizan en un alto por ciento los motores de inducción. A partir de esto merece atención realizar un análisis del consumo de energía reactiva del motor de inducción, así como las posibilidades de reducción y forma de compensación.

\* MSc Adol Hernández Rojas, es docente de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, [ahernandez@ups.edu.ec](mailto:ahernandez@ups.edu.ec).

\*\* PhD Ignacio Romero Rueda [iromero@ismm.edu.cu](mailto:iromero@ismm.edu.cu), es docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

\*\*\* MSc Julio Silva Becheran [jsilvab@ups.edu.ec](mailto:jsilvab@ups.edu.ec), es docente de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.

### *A. Objetivo del trabajo*

Analizar la influencia del motor de inducción en el consumo de energía reactiva en la industria.

## II. DESARROLLO

### *A. La Potencia Reactiva en el Motor de Inducción*

Se conoce que la potencia eléctrica total está formada por una componente activa y otra reactiva, la primera es aquella que se convierte en una forma útil para su utilización, calor, luz, potencia mecánica de rotación o traslación, etc., la segunda la emplean los dispositivos magnéticos para crear campos magnéticos y constituye una energía que en medio ciclo se almacena y en el otro medio ciclo se disipa. Para que el motor de inducción funcione es necesario mantener su campo magnético giratorio, aun cuando esté girando en vacío. Esto hace que se convierta en el consumidor de energía reactiva más importante de las instalaciones industriales.

En el consumo de energía reactiva de un motor de inducción intervienen varios factores entre ellos:

- Grado de utilización (coeficiente de carga).
- Dimensiones.
- Número de polos.
- Calidad de las reparaciones.
- Duración y frecuencia del arranque.
- Frecuencia de alimentación.

A continuación, se dará una breve característica sobre estos factores.

## III. GRADO DE UTILIZACIÓN O COEFICIENTE DE CARGA DEL MOTOR DE INDUCCIÓN

Durante el funcionamiento en vacío el motor de inducción consume energía reactiva para formar el campo magnético fundamental y de dispersión. La relación entre la demanda reactiva y la activa es muy desfavorable a causa que solo usa la potencia activa para cubrir las pérdidas mecánicas de rotación y del núcleo (magnéticas).

Si se designa  $Q_0$  como potencia reactiva en vacío y  $P_0$  potencia activa de consumo en vacío  $Q_0 \gg P_0$ , esto hace que el ángulo de desfase entre la corriente y la tensión, determinado por la impedancia del motor sea grande y el factor de potencia bajo, coeficiente que da la medida de utilización de la potencia total para realizar trabajo útil.

La demanda de potencia reactiva a plena carga es mayor que en vacío, debido al aumento de la dispersión, esto hace que, para mantener el campo magnético fundamental, exige un incremento de la energía activa desde la fuente. La relación entre la potencia reactiva  $Q_n$  y la potencia activa  $P_n$  a plena carga es más favorable que en vacío, por tanto, el ángulo de desfase entre corriente y tensión es más pequeño y el factor de potencia más alto.

**No significa en ningún momento que el motor en vacío consume más energía reactiva que a plena carga.**

La Figura 1 muestra la relación entre las potencias activas y reactivas en función de la carga del motor

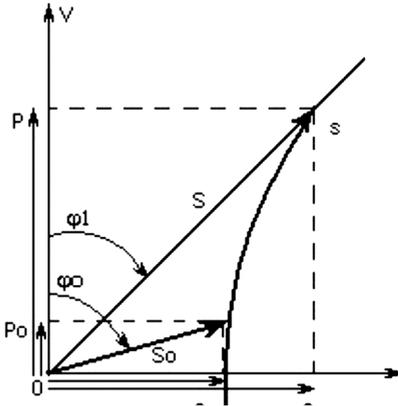


Figura 1

Diagrama vectorial que muestra la variación de la potencia en función de la carga

La demanda de potencia reactiva es característica para el factor de potencia nominal, con el cual fue diseñado el motor de inducción, así mismo el incremento del consumo de potencia reactiva por potencia activa es mayor para los de factores de potencias bajos y menor para factor de potencia alto.

**Como dato de interés se puede plantear que el incremento de consumo de potencia reactiva a plena carga es aproximadamente de (20 a 30) % mayor que en vacío.**

#### IV. CÁLCULO DE LA POTENCIA REACTIVA SEGÚN EL NIVEL DE CARGA

La magnitud de la potencia reactiva consumida por los motores de inducción depende del coeficiente de carga y del factor de potencia nominal de este. Bajo tensión y carga nominales requiere una potencia reactiva dada por:

$$Q_n = \frac{P_n}{\eta_n} \cdot \tan(\varphi_n) \quad (1)$$

donde:

$\eta_n$  = eficiencia del motor a plena carga.

$Q_n$  = potencia reactiva nominal del motor de inducción en VAR.

$P_n$  = potencia activa nominal del motor de inducción en W.

La potencia reactiva requerida por un motor de inducción en vacío viene dada por:

$$Q_0 \approx \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_0 \quad (2)$$

donde:

$I_0$  = corriente del motor de inducción sin carga.

$Q_0$  = potencia reactiva de vacío.

$U_n$  = tensión nominal.

Para motores con factor de potencia entre 0.9 a 0.98 la potencia reactiva en vacío constituye aproximadamente el 50% de la reactiva a plena carga. Si el factor de potencia es próximo al límite de 0.7 a 0.89, esta llegará al 70%.

El incremento de consumo de potencia reactiva a plena carga ( $\Delta Q_n$ ) es:

$$\Delta Q_n = Q_n - Q_o \quad (3)$$

Para las cargas del motor diferentes a la nominal, este incremento será proporcional al cuadrado del coeficiente de carga y viene dado según:

$$\Delta Q = k_c^2 \cdot \Delta Q_n \quad (4)$$

donde:

$k_c = \frac{P}{P_n}$  es el coeficiente de carga del motor de inducción.

$P$  = potencia para el estado de carga arbitrario.

De esta forma, la potencia reactiva requerida ( $Q$ ) por un motor bajo una carga arbitraria será:

$$Q = Q_o + k_c^2 \cdot \Delta Q_n \quad (5)$$

Teniendo en cuenta lo anterior el factor de potencia ( $fp$ ) viene dado por:

$$fp = \frac{P}{S} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{Q_o + k_c^2 \Delta Q_n}{k_c P_n} \right)^2}} \quad (6)$$

donde:

$S$  = potencia aparente del motor de inducción.

De esta expresión se deduce que el factor de potencia disminuye con la disminución de la carga.

Este renglón se relaciona prácticamente con la selección correcta de la potencia de un motor según la aplicación que se le dará. A diferencia del primer punto donde se tenía un motor seleccionado correctamente operando con menos de 1/3 de la carga nominal, en este caso se puede evitar con un estudio y correcta selección del motor.

### 1. Número de polos del motor

Mientras mayor sea el número de polos del motor más bajo será su factor de potencia de chapa o nominal. Esto se debe a que las líneas magnéticas tienen que cerrarse un número de veces mayor a través del entrehierro, lo cual da como resultado que el factor de potencia a plena carga del motor con mayor número de polos, sea más bajo.

El consumo de reactivo de los motores de jaula es menor que el de rotor bobinado, aproximadamente hasta 100 kW. Esto se justifica debido a que el primero es más compacto por tanto los flujos de dispersión son menores.

### 2. Calidad de la reparación del motor de inducción

Una reparación deficiente puede llevar a un incremento de energía reactiva. Un enrollado deficiente, con las partes frontales fuera de norma (alargada o abultada)

aumenta el campo de dispersión, un aumento intencional del entrehierro para evitar rozamientos, o para el cambio de velocidad a una inferior aumentar el número de polos originales. Estas y otras deficiencias en la reparación hacen del motor un mayor consumidor de energía reactiva que lo normal.

### 3. Frecuencia de alimentación

Cuando la alimentación se realiza a frecuencia variable, el consumo de reactivo depende de la misma. A un incremento le corresponde, de forma general, una disminución de la corriente de magnetización y por ende menor consumo, por otra parte, una disminución le corresponde el aumento del consumo de reactivo.

Para momento constante en el eje el deslizamiento es proporcional a la frecuencia, se puede expresar a través de:

$$S = \frac{I^2 \cdot R_2}{\omega \cdot M} \Rightarrow I^2 \equiv \omega \cdot S \quad (7)$$

donde:

I= corriente de del motor en Amperes.

R<sub>2</sub>= resistencia del rotor en Ohm.

ω= frecuencia angular en rad/s.

M= momento electromagnético en Nm.

La potencia reactiva de dispersión (Q<sub>σ</sub>) viene dada por la siguiente ecuación:

$$Q_{\sigma} = I^2 \left( \frac{x_{\sigma o}}{\omega_o} \right) \omega \quad (8)$$

$$Q_{\sigma} = \omega^2 \cdot S \Rightarrow Q_{\sigma} \equiv f$$

donde:

ω<sub>o</sub>= frecuencia angular sincrónica en rad/s.

x<sub>σo</sub>= reactancia de dispersión par la frecuencia angular sincrónica.

f= frecuencia de alimentación en Hz.

De esta expresión se observa que la potencia reactiva de dispersión depende directamente de la frecuencia, por lo que, a un aumento de frecuencia, le corresponde un aumento de consumo de reactivo.

La potencia de magnetización (Q<sub>μ</sub>) por:

$$Q_{\mu} = \frac{U^2 \cdot \omega}{x_{\mu} \cdot \omega} \equiv \frac{1}{f} \quad (9)$$

donde:

x<sub>μ</sub>= reactancia de magnetización del motor de inducción en Ohm.

A un aumento de la frecuencia le corresponde una disminución de potencia reactiva.

La dependencia de la potencia reactiva total depende fundamentalmente de la rama de magnetización para variaciones pequeñas de frecuencias y de dispersión en caso de variaciones considerables, ver figura 2.

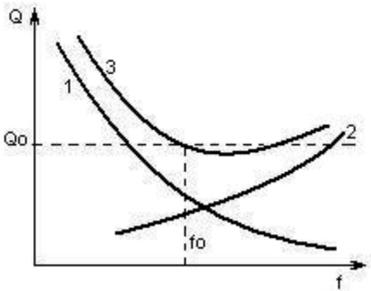


Figura 2  
Variación de la potencia reactiva en función de la frecuencia

Además de los aspectos mencionados, se pudieran enumerar otros tales como el comportamiento dinámico de la potencia reactiva ante cambio de la carga en el tiempo, que merecen un estudio de mayor profundidad, objeto de otro trabajo.

## V. COMPENSACIÓN DE LA POTENCIA REACTIVA ASINCRÓNICA

### A. Generalidades

La potencia reactiva puede ser compensada de forma general a través de tres métodos:

- Compensación individual.
- Compensación en grupo.
- Compensación central.

Cada tipo de compensación ante de ser usado lleva implícito un cálculo técnico económico para su implementación.

La potencia reactiva varía desde el vacío hasta plena carga en un rango de 20 a 30%, esto originado por el aumento del flujo de dis-

persión en las partes frontales de las bobinas. Bajo esta condición hay más líneas magnéticas que se cierran a través del espacio de aire y aumenta el consumo de energía reactiva. Este hecho se aprovecha para la compensación individual del factor de potencia, independientemente de la carga que pueda llevar el motor en un momento dado, de manera que este cálculo se puede hacer sin necesidad de realizar ningún tipo de medición, solamente con los datos de chapa del motor.

La potencia reactiva del condensador viene dada por la de vacío (ecuación número 2), cambiando el subíndice.

$$Q_c = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_o \quad (10)$$

donde:

U= tensión de línea en Volts.

$I_o$  = corriente en vacío del motor en Amperes.

$Q_c$  = potencia reactiva del condensador en Volts Amperes reactivos.

La corriente en vacío se puede determinar de forma aproximada como:

$$I_o = 2 \cdot I_{1n} \cdot (1 - \cos \phi_n) \quad (11)$$

donde:  $I_{1n}$  = corriente nominal del motor en Amperes.

$\cos \phi_n$  = factor de potencia nominal.

El condensador no es más que una carga con carácter especial. Esto quiere decir que, desde el condensador hasta el motor, la demanda de

reactivo permanece invariable, el condensador no suministra reactivo al motor, solo compensa el que está en línea, desde donde se encuentra hasta la fuente.

### *B. La reducción de la tensión de alimentación del motor de inducción para mejorar el factor de potencia*

Existe una relación cuadrática entre la carga del motor y la tensión óptima que hay que aplicar con esta carga. Esto se debe a que cuando se diseña el motor para una potencia dada, se realiza con un alto nivel de la demanda reactiva para el momento que él debe efectuar. Si esta capacidad no se aprovecha, la mayor parte de la demanda reactiva en este caso no se utiliza. Al reducir la tensión aplicada, se elimina la demanda reactiva sobrante. De esta forma se mejoran las condiciones y la relación entre la potencia reactiva y la activa.

La reducción de la tensión se justifica en los casos que el estado de carga del motor lo permita, observando la condición de momento de arranque requerido. La dificultad de aplicación de este método radica en que la reducción de la tensión generalmente no es individual.

La reducción de la tensión se efectúa a través de:

- Los taps de los transformadores de alimentación: es preciso que no afecten a otras cargas.

- Reconexión de las bobinas del motor: conmutación de la conexión fundamental.

El motor viene diseñado originalmente para dos niveles de tensión según el tipo de conexión, frecuentemente el cambio sucede desde una delta a una estrella ya que la tensión de fase, que es realmente lo que necesita el motor de inducción, es raíz de tres veces menor que la tensión aplicada con lo cual en valor efectivo se reduce la tensión de alimentación, mejorando el factor de potencia y el consumo de reactivo.

## **VI. INFLUENCIA DEL MOTOR DE INDUCCIÓN EN LA CARGA ACTIVA DE LA INDUSTRIA**

La energía eléctrica es uno de los portadores de energía más preciada y costosa. Por tal motivo, el uso racional de energía eléctrica adquiere una importancia especial. La particularidad de la energía eléctrica consiste en que existe casi igualdad de tiempo entre generación y consumo (pocas posibilidades de almacenamiento). De ahí que el consumidor determine la línea de carga.

Un principio importante en el uso de motores eléctricos con fines de accionamiento, es adaptar estos óptimamente a las máquinas de trabajo. Los motores eléctricos se deben seleccionar con dimensiones correctas. Esto se refiere al tipo de construcción y conmutación del

motor, así como a sus magnitudes de potencia.

Los motores con sobredimensión repercuten negativamente sobre el grado de eficiencia, el factor de potencia y, por tanto, sobre la economía de la Empresa y los costos de inversión.

Sí en el devanado trifásico del estator se han sacado los comienzos y extremos de las fases el motor puede ser conectado en estrella o en triángulo, entonces se indican las tensiones y corrientes de línea para cada una de las conexiones posibles (Y/ $\Delta$ ) en forma de quebrado  $U_{lín.y}/U_{lín.\Delta}$  y también  $I_{lín.y}/I_{lín.\Delta}$ .

La frecuencia nominal sincrónica de rotación ( $n_1$ ) se determina a través de la expresión:

$$n_1 = \frac{60 \cdot f}{p} \quad (12)$$

donde:

$p$ = número de pares de polos.

Para la red de 60 Hz varía desde 3600 hasta 600 rpm y menos en casos particulares. El rendimiento nominal de los motores asincrónicos aumenta al aumentar su potencia y su frecuencia de rotación; para la potencia mayor de 0.5 kW este rendimiento constituye 0.65..... 0.95, en los micro motores de 0.2 a 0.65.

El factor de potencia nominal de los motores asincrónicos, igual a la relación de la potencia activa a la potencia total consumida de la red,

$$\cos \phi_1 = \frac{P_1}{\sqrt{P_1^2 + Q_1^2}} \quad (13)$$

también aumenta al aumentar la potencia y frecuencia de rotación de los motores; **para una potencia mayor de 1kW él constituye 0.7-0.9; en los micro motores 0.3-0.7.**

La corriente en vacío del motor de inducción para la tensión igual a la nominal ( $U_1=U_{1n}$ ) constituye una parte de la corriente nominal considerablemente mayor que en el transformador. La relación entre la corriente en vacío y la nominal ( $I_0/I_{1n}$ ) aumenta al disminuir la potencia y la frecuencia de rotación y para los motores 1 hasta 100 kW de potencia varía entre los límites de 0.5 a 0.25; en los micro motores, desde 0.5 hasta 1.0.

La velocidad del rotor y la del campo magnético se mueven a diferente velocidad y se caracteriza por el deslizamiento (S)

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1} \quad (14)$$

donde:  $n$ = velocidad del rotor.

## VII. TRANSFORMACIÓN ELECTROMECAÁNICA DE ENERGÍA EN EL MOTOR DE INDUCCIÓN. PÉRDIDAS.

En el régimen de motor la velocidad angular del rotor no supera la

del campo,  $S < 1$ , de la red se consume la potencia activa

$$P_1 = m \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \phi, \quad (15)$$

donde:  $\varphi =$  ángulo entre la tensión y la corriente del devanado del estator.

Parte de la potencia consumida, se desprende en forma de calor en el devanado del estator.

$$P_{elec1} = m_1 \cdot R_1 \cdot I_1^2 \quad (16)$$

Parte de la potencia correspondiente a las pérdidas magnéticas, se desprenden en forma de calor en el circuito magnético del estator.

$$P_{mag} = m_1 \cdot I_o \cdot E_1 \cdot \cos \beta_o \quad (17)$$

La potencia restante se transmite por vía electromagnética a través del entrehierro del estator al rotor.

$$P_{em} = P_1 - P_{elec1} - P_{mag} \quad (18)$$

Entre esta potencia y el momento electromagnético existe una proporcionalidad relacionada con la velocidad angular del campo.

$$P_{em} = M_{em} \cdot \omega_1 \quad (19)$$

La potencia electromagnética se representa en forma de dos potencias:

$$P_{em} = P_{elec2} + P_{mec} \quad (20)$$

Las potencias  $P_{elec2}$ ,  $P_{mec}$  representan las pérdidas eléctricas en el devanado del rotor y la potencia mecánica desarrollada por el momento electromagnético al desplazarse el rotor a su velocidad angular.

$$P_{mec} = M_{em} \cdot \omega \quad (21)$$

La potencia mecánica útil ( $P_2$ ), que se transmite por el eje a la máquina operadora, es menor que la mecánica en las pérdidas mecánicas y en las adicionales en los devanados, relacionadas con los armónicos superiores de las corrientes y los campos magnéticos,

$$P_2 = P_{mec} - P_{fric} - P_{ad} \quad (22)$$

El rendimiento se determina como la relación de la potencia útil a la consumida desde la red,

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad (23)$$

Del circuito primario se consume la potencia reactiva.

$$Q_1 = m_1 \cdot I_1 \cdot U_1 \cdot \text{sen} \varphi_1 \quad (24)$$

En la formación de los campos de dispersión del primario y del secundario se emplean las potencias reactivas.

$$q_1 = m_1 \cdot I_1^2 \cdot x_{\sigma 1} \quad (25)$$

$$q_2 = m_1 \cdot I_2^2 \cdot x_{\sigma 2} \quad (26)$$

La potencia reactiva

$$Q_m = m_1 \cdot I_o^2 \cdot x_m \quad (27)$$

Se emplea en la formación del campo magnético fundamental de la máquina.

Para el análisis del motor de inducción en régimen permanente

se emplea el circuito equivalente, preferiblemente con los bornes de la rama de magnetización sacada a los terminales, reducido al trabajo del motor con el rotor fijo.

El motor de inducción con datos nominales determinados puede cargarse durante la explotación de distinta manera y funcionar en la banda de cargas de marcha en vacío hasta la nominal. Por esta razón es necesario que tenga un rendimiento alto no solo para la carga nominal, sino también a carga incompleta, que compone más de 0.5 de la nominal. Al aumentar el rendimiento disminuye la potencia activa consumida por el motor ( $P_1 = P_2 / \eta$ ); al aumentar el factor de potencia disminuye la potencia total consumida por él ( $S_1 = P_1 / \cos \phi_1$ ) a cuenta de la disminución de la potencia reactiva.

$$Q_1 = S_1 \cdot \text{sen} \phi_1 = P_1 \cdot \tan \phi_1 \quad (28)$$

Lo uno y lo otro conduce a la disminución de la corriente consumida de la red

$$I_1 = \frac{S_1}{m_1 \cdot U_1} = \frac{P_2}{m_1 \cdot U_1 \cdot \eta \cdot \cos \phi_1} \quad (29)$$

## VIII. CONCLUSIONES

Existen varias formas de limitar y controlar la demanda reactiva en los motores de inducción.

- Mediante la limitación del trabajo en vacío o giro en vacío de los motores, con dispositivos de interrupción. Es de destacar que no siempre la desconexión es lo

más favorable, por lo que necesita de un análisis anterior.

- Mediante la conexión de condensadores estáticos al circuito del motor, individualmente o en grupo, previo análisis.
- Por medio de la reducción de la tensión de alimentación, siempre que el estado de carga lo permita y la vía para lograrlo no sea de elevado costo.
- Con el cambio del motor por otro de menor capacidad, en el caso de sobrediseñamiento, esto se realiza después de valorar el criterio de sustitución. Esta fase tiene mayor importancia durante la inversión inicial o cuando se tenga motores en almacén de la potencia adecuada, pues una vez instalado resulta poco económico o factible la sustitución.
- Los motores de alto factor de potencia, admiten régimen de carga más bajo, sin que se deteriore el valor del factor de potencia, por tanto, los motores de inducción de bajo factor de potencia nominal son los que hay que observar más de cerca con respecto a su régimen de carga.
- Los motores sobrecargados también consumen mayor cantidad de energía reactiva, debido al aumento de la corriente y por tanto del flujo de dispersión.
- La tensión por encima de su valor nominal permitido es perjudicial debido al incremento del consumo de reactivo y por tanto

- el empeoramiento del factor de potencia. Al disminuir la tensión se incrementa la corriente, se reduce el consumo de energía reactiva y disminuyen las pérdidas en el hierro.
- Los motores eléctricos en potencia nominal trabajan con buen grado de eficiencia y factor de potencia.
  - Los motores con rotor en cortocircuito, de las máquinas asincrónicas trifásicas, son los más baratos, sencillos, confiables y seguros en su funcionamiento.
  - Los motores eléctricos con conexión estrella-triángulo pueden ser accionado con carga parcial (1/3 de la carga nominal) en conexión estrella. Para ello es necesario un conmutador.
  - Se debe evitar el funcionamiento de los motores eléctricos en vacío.
  - El accionamiento en grupo se ha de sustituir por un accionamiento independiente.
  - Los motores eléctricos, correspondiendo a las características de las máquinas de trabajo, se han de seleccionar por los tipos de regímenes nominales (régimen permanente, de corta duración, etc.) en caso de igual potencia nominal, un motor eléctrico para régimen de corta duración es más pequeño, ligero, barato y económico que los de régimen permanente.
  - Los motores eléctricos con alto número de revoluciones, tienen un mejor factor de potencia que los de más bajo número de revoluciones, un mal factor de potencia repercute negativamente sobre la economía energética de la Empresa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BARRETO GARCÍA, R. "Potencia reactiva en los sistemas electroenergéticos", 1980.
- [2] GAICEANU, M. "Active power compensator of the current harmonics based on the instantaneous power theory", *Annals of Dunarea de Jos*, 2005.
- [3] IVANOV-SMOLENSKI, A.V. *Máquinas Eléctricas*, (1988).
- [4] KAWECKY, L. y NIEMIEROWKZ, T. "Simulación del arranque en frecuencia, óptimo en tiempo, de un motor de inducción para investigar la influencia de los transitorios electromagnéticos en el tiempo de arranque". *Acta mexicana de Ciencia y Tecnología, Vol XII*, 1997.
- [5] LONDOÑO, C., & RAMÍREZ, J. L. "Energy Efficiency Standards of Induction Motors, ¿Are you Prepared Latin America?" *Tecno Lógicas*, 2013.
- [6] MCPHERSON, G., & LAMORE, R. *An introduction to electrical machines and transforms*. USA, 2005.
- [7] ROJAS, L., & ROMERO, I. "Comportamiento del motor de inducción por cambio de frecuencia empleando la simulación dinámica". Santa Clara, Cuba, 1999.

- [8] ROMERO RUEDA, I. "Evaluación energética de motores de inducción a través del modelo de motor agregado". *Ingeniería Energética*, 2012.
- [9] SAINI, A. "Controlling the Fluctuations of Wind Power By SMES Using Optimized Coil Size". *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 2014.
- [10] SINDHU, M. R., & ANEESH, P. "Dynamic Harmonic and Reactive Power Compensation with an Adaptive Shunt Active Filter for Variable Speed Induction Motor Drive". *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, 2014.
- [11] STEPHEN J, C. *Máquinas eléctricas*. México: McGraw-Hill, 2012.
- [12] VIEGO, F., & PERCY, R. "Determinación IN-SITU del factor de potencia y la eficiencia de motores asincrónicos a cargas parciales". *Ingeniería Energética*, 2014.
- [13] VOLDEK, A. *Máquinas Eléctricas*. Moscú, 1990.
- [14] YUVARAJA, T., y MAZUMDER, S. "Optimization Based on Reactive Power in Frequency AC Generating System". *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 2014.

# Can You Take Advantage of Rainwater to Reduce Water Consumption at the Salesian Polytechnic University Headquarters Guayaquil?

---

(¿Se puede aprovechar las aguas lluvias para la reducción de consumo de agua potable en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil?)

Tania Catalina Rojas Párraga\*

**Abstract**— The development of this article presents the research for the exploitation of the rain waters focused educational institutions of the city of Guayaquil, describes some methods that contribute to the implementation and to the use of this vital resource featuring also the possible uses and scenarios of supply and demand of water resources in educational institutions, in addition establishes requirements for infrastructure for the exploitation of the water rain. This can be used thanks to the fact that our country enjoys advantages by his well defined climatic seasons during the months of the year and we have identified the summer and winter, focusing in the winter where commonly brings abundant rainfall that frequently falls in the months of January

through April and that sometimes is recorded until the month of may with this background, it is interesting to take advantage of this resource in the activities of cleaning and irrigation of the ins... We observed that in many places it accumulates without being taken advantage of.

The retrieved data is to the city of Guayaquil, is also important to take into consideration that the approach in the use for those activities that do not require water, to avoid having to make more use of waters rains that certainly some capture impurities that are in the environment or cause the contact surfaces where will be held the collection.

**Keyword**— Water rains, collectors, saving and consumption.

\* Tania Rojas Párraga es Máster en Gestión de la Productividad y la Calidad, Ingeniero Industrial, docente tiempo completo de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana. Además, es miembro del Grupo Interdisciplinar de Investigación en Matemática Aplicada (GIIMA).

## I. INTRODUCCIÓN

**E**cuador es un país con agua suficiente en términos nacionales y con cuatro veces más agua superficial que el promedio per cápita mundial. Como afirma uno de los mayores concededores de la materia, Antonio Gaybor indica que “el problema es que está mal distribuida, que la contaminación crece y que las fuentes de agua se destruyen de manera acelerada” [1].

El consumo de agua y la contaminación crece constantemente por el aumento de la población en las últimas décadas y también por el incremento de actividades productivas excesivamente demandantes de agua, que están orientadas al mercado externo. La acelerada explotación del agua y de la mano de obra en el medio rural, sumada a la concentración de los recursos hídricos y de la tierra. El Municipio de Guayaquil confirma que existen elevados índices de contaminación que están comprobados con los datos evaluados de los años 2007, las aguas de las piscinas de sedimentación registran contaminación con níquel de hasta 0,01161 miligramos por litro (mg/l) lo que supera el límite permisible establecido por el Texto Unificado de la Legislación Ambiental (0,025 mg/l). Asimismo, la concentración de mercurio alcanza los 0,0076 mg/l cuando lo permitido es 0,0002 mg/l. en la Costa por efecto de la erosión permanente en la Sierra y sus estribaciones; ade-

más de las reiteradas inundaciones en el litoral ecuatoriano. El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida [1].

Mediante esta investigación la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil y las instituciones educativas o las organizaciones públicas o privadas que se dediquen a otras actividades tendrán un documento que ayudará a la orientación y servirá como un mecanismo para aprovechar las aguas lluvias, el lector podrá utilizar este documento como guía para ejecutarlo en las instalaciones de la entidad que se pretende ayudar a realizar un ahorro en el consumo de agua potable.

Se debe recalcar que el consumo del agua en el planeta cada vez es mayor y el desperdicio es incontrolable. Lo cual se genera algunas de las interrogantes que se plantean a continuación entre las cuales tenemos: ¿Cómo podemos contar con una alternativa para disminuir los consumos de agua potable?, ¿cómo podemos reducir el consumo de agua potable en las instituciones educativas?, ¿podemos reducir el consumo de agua potable mediante el aprovechamiento de las aguas lluvias durante la etapa invernal?

Es preciso mencionar que el ser humano requiere de un mínimo de tres litros de agua potable por día

para su consumo y un total de veinte litros para cocinar y lavar platos, para su higiene personal y lavar ropas, dependiendo de los usos y las costumbres, así como del clima. El suministro de agua potable para la población y el tratamiento de aguas servidas es de suma importancia en la gestión del agua. Por esta razón, la meta 10 de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) aprobados por la Asamblea General de las Naciones Unidas contempla “reducirá la mitad, para 2015, el porcentaje de personas que carecen de acceso al agua potable” [1].

Además las cifras de concentración del agua, los procesos de privatización, no muchos pero sí importantes, como la privatización del agua en las ciudades de Guayaquil y Machala, es un proceso en disputa permanente, y era entendible que la gente comience a reclamar el agua como un derecho humano fundamental porque eso es muy sentido para los sectores populares, no tanto en ciudades como Quito, pero en ciudades como Guayaquil la escasez y la privatización te organizan; con el hecho de tener el agua más cara porque recibes del tanquero, en la ciudad de Quito la ciudadanía se acostumbró a que el agua llegue por la llave, no se piensa de dónde viene y todo el proceso vital que eso implica, entonces eso explica por qué en unas zonas es más fuerte que en otras [2].

Los datos registrados que se utilizarán para el conocimiento de la

cantidad de agua que está latente para el aprovechamiento de las lluvias corresponden a los obtenidos por el Instituto Oceanográfico de la Armada INOCAR de las precipitaciones que se han registrado mensualmente en la ciudad de Guayaquil durante los últimos 5 años.

## II. DESARROLLO

La propuesta para el aprovechamiento de las aguas lluvias se basará en la implementación de las estructuras que permitan realizar el proceso de recolección y almacenamiento de las aguas básicamente este sistema se encuentra integrada por los siguientes componentes: captación, conducción y almacenamiento (Abdulla y Al-Shareef). Pero dependiendo de los usos para los cuales esté diseñado el sistema y su complejidad, existen otros componentes adicionales, como por ejemplo el interceptor de las primeras aguas, el sistema de distribución (por gravedad o por bombeo) y el tratamiento (desinfección, cuando el agua es para consumo humano) (Texas Water Development Board), los cuales representan mayores costos, pero dependerá del uso final que desea darle la institución que aplicará esta guía. A nivel industrial en otros países se llegan aprovechar hasta 6 000 m<sup>2</sup> de cubierta para captar alrededor de 4 820 m<sup>3</sup> de agua lluvia al año, con lo cual se satisface el 75% de la demanda actual de agua potable de la edificación; para

posteriormente potabilizarla en una planta de tratamiento, el sistema proporciona agua potable para todas las necesidades del almacén durante todo el año [3].

En cuanto al aprovechamiento a nivel educativo, solamente son conocidas las experiencias en el Edificio de Postgrados de Ciencias Humanas de la sede Bogotá de la Universidad Nacional, que cuenta con un sistema de cubierta protegida con grava en la cual se capta agua lluvia que es llevada a un tanque subterráneo, desde el cual se bombea agua para la descarga de los inodoros, y alimentar las fuentes y los espejos de agua, también existe el caso aplicado en la Pontificia Universidad Javeriana, en donde se realizaron estudios para evaluar la viabilidad técnica y económica de utilizar agua lluvia para el lavado de fachadas del Campus Universitario [4].

En el desarrollo de la investigación no se encontró información donde se realice hincapié del uso de las aguas lluvias en algún lugar del Ecuador ni de las regiones de la costa ecuatoriana, a través de este artículo se trata de desarrollar el planteamiento conceptual y analítico sobre cómo podemos aprovechar las aguas lluvias para usos no potables en las instituciones educativas que en la actualidad demandan de agua potable para el uso de las actividades que consumen continuamente en los mantenimientos de las instalaciones y los sanitarios que no

necesitan cumplir con parámetros químicos de calidad para realizar estas actividades.

Los beneficios de almacenar y utilizar el agua lluvia son los siguientes:

- En algunos sistemas no requieren de energía para operar.
- El agua lluvia es gratis, los únicos costos son los de recolección, almacenamiento y distribución.
- Alta calidad físico-química del agua lluvia
- Facilidad en la construcción pues se pueden utilizar materiales de la zona, además implica bajas frecuencias de mantenimiento.
- El uso final del agua recolectada está situado cerca de la fuente, eliminando la necesidad de sistemas de distribución complejos y costosos.
- El agua lluvia no entra en contacto con el suelo y las rocas donde se disuelven las sales y minerales, por lo tanto, es suave y puede reducir significativamente la cantidad de jabones y detergentes para la limpieza.
- Se reduce en cierta medida las inundaciones y la erosión.
- El agua lluvia es ideal para la irrigación de los jardines y cultivos.
- Al recolectarse el agua lluvia, se reduce el caudal del alcantarillado pluvial, evitando así el

- ingreso de altos volúmenes a los sistemas de tratamiento de agua.
- La recolección y utilización del agua lluvia reduce los costos pagados a las empresas prestadoras del servicio debido a la disminución de los consumos de agua potable.
  - Es una tecnología que se está utilizando por ser económica, social y ambientalmente aceptable.

Las principales desventajas que presenta la utilización de las aguas lluvias son:

- El agua captada depende de la precipitación del lugar y la variabilidad del clima, la cual puede ser incierta.
- Los altos costos iniciales de construcción del sistema (especialmente del tanque de almacenamiento), lo que puede volverlo inaccesible para algunas instituciones.

Para el proceso inicial de implementación se debe considerar, tres aspectos principales:

- a) El cálculo de los volúmenes disponibles de agua lluvia en las zonas urbanas en las áreas donde se encuentran ubicadas las instituciones educativas.
- b) La evaluación del potencial de ahorro de agua potable de acuerdo con el volumen de agua lluvia captado y

- c) La estimación del presupuesto para la construcción del sistema y la proyección del ahorro generado al utilizar la solución propuesta.

### III. RESULTADOS

Dentro de la aplicación de este tipo de recolección tenemos los siguientes datos que corresponde a la ciudad de Guayaquil proporcionados por el Instituto Oceanográfico de la Armada INOCAR la tabla 1 y el gráfico 1, nos muestran las precipitaciones obtenidas durante los meses de los años 2011-2012-2013-2014 y 2015 mediante lo cual podemos observar y comparar que durante el año 2012 la precipitación anual fue de 1205.6 lt/m<sup>2</sup> y de los que del año 2015 se registra una precipitación de 969.8 lt/m<sup>2</sup>. Además, podemos comprobar que a partir de los años 2012 hasta el 2015 las precipitaciones se han mantenido durante los meses de enero a mayo en cada uno de esos años y además que en los meses de diciembre han decaído las precipitaciones a cero durante los últimos 3 años según los datos obtenidos. En el gráfico 1 se visualiza que el mes con mayores precipitaciones ocurre en marzo en cada uno de los años.

Tabla 1  
Precipitaciones mensual de lluvia en la ciudad de Guayaquil  
milímetros ( LT/M2)

	2011	2012	2013	2014	2015
Enero	102,1	350,2	109,3	168,8	84,3
Febrero	161,2	73,5	169,8	122,1	66
Marzo	29,9	400,8	365,8	87,8	330,3
Abril	203,5	204,6	72,6	11,8	298,6
Mayo	0	174	1,3	155,2	190,6
Junio	11,5	0	0	0	0
Julio	7,2	0	0	0	
Agosto	0	0	0	0	
Septiembre	0	0	0	1,2	
Octubre	1,8	0,6	0	2,8	
Noviembre	0	0	0	0	
Diciembre	15	1,9	0	0	
TOTAL	532,2	1205,6	718,8	549,7	969,8

Fuente: INOCAR <http://www.inocar.mil.ec/>

Elaboración: Tania Rojas

Gráfico 1



Fuente: INOCAR <http://www.inocar.mil.ec/>

Elaboración: Tania Rojas

Conociendo los datos anteriores nos permite realizar una proyección de las precipitaciones que obtendremos en los próximos 2 años mostrada en la tabla 2 para poder realizar los cálculos correspondientes y establecer los volúmenes de almacenamiento que serán necesarios para acumular el agua recolectada [5].

Tabla 2  
Proyecciones de precipitaciones mensual  
de lluvia en la ciudad de Guayaquil para  
los años 2016 - 2017  
Milímetros ( Lt/m<sup>2</sup>)

Meses	2016	2017
Enero	97,84	76,14
Febrero	75,98	61,8
Marzo	329,26	358,04
Abril	157,44	157,18
Mayo	212,94	249,18
Junio	0	0
Julio	0	0
Agosto	0	0
Septiembre	0	0
Octubre	0	0
Noviembre	0	0
Diciembre	0	0
TOTAL	873,46	902,34

Fuente: INOCAR <http://www.inocar.mil.ec/>  
Elaboración: Tania Rojas

#### IV. DISCUSIÓN

La tabla 2 proyecta que durante el año 2016 aproximadamente se puede aprovechar 873.46 Lt/m<sup>2</sup> de agua lluvia, pero se debe considerar que la recolección se la podrá realizar a través de los techos, aun-

que las primeras lluvias servirán para limpiar las áreas de contactos es decir aprovecharemos un 80% del agua lluvia es decir 698 768 Lt/m<sup>2</sup>. Considerando los espacios promedios que ocupan las instituciones educativas en la ciudad de Guayaquil son de aproximadamente 1 cuadra es decir 10 000 metros cuadrados, aunque las áreas cubiertas corresponden a un 36% es decir 3 600 metros cuadrados por lo tanto nos permite disponer de esa área de la cual obtenemos lo siguiente:

$$698.768 \text{ Lt/m}^2 \times 3600 \text{ m}^2 = 2515564,8 \text{ litros}$$

Equivalentes a 2515,565m<sup>3</sup> de agua recolectada

En el caso del año 2017 tenemos una proyección de precipitación de lluvia 902,34 Lt/m<sup>2</sup> de los cuales se aprovecharán de forma similar a lo considerado en el año 2016 con lo equivalente de aprovechamiento de 180% que corresponde a 721,87 Lt/m<sup>2</sup> que para ese año se estima aprovechar en las cubiertas que miden en promedio 3 600 metros cuadrados obteniendo lo siguiente:

$$721,87 \text{ Lt/m}^2 \times 3600 \text{ m}^2 = 2598739,2 \text{ litros}$$

Equivalentes a 2598,739 m<sup>3</sup> de agua recolectada

Revisando los costos que cobra la empresa Interagua por cada metro cubico de agua potable de acuerdo a los rangos de consumos como lo muestra a continuación la tabla N°3 nos permitirá obtener una proyección de los costos que se ahorrarían.

Tabla 3  
Valor por m<sup>3</sup> a mayo-2015

Agua potable		Cargo fijo	
Rango de consumo m <sup>3</sup>	Valor por m <sup>3</sup> US\$	Diámetro de la guía	Valor por US\$
1-15	\$ 0,312	1/2"	1,34
16-30	\$ 0,462	3/4"	8,96
31-60	\$ 0,654	1	23,02
61-100	\$ 0,882	1 1/2"	38,37
101-300	\$ 0,980	2"	38,37
301-2500	\$ 1,504	3"	63,95
2501-5000	\$ 1,921	4"	191,85
5001 o más	\$ 3,138	6" o más	255,80

Fuente: INTERAGUA <http://www.interagua.com.ec/>  
Elaboración: Tania Rojas

Es decir que tomando como referencia que 1 metro cúbico equivale a 1 000 litros y revisando las referencias que una persona por consumo promedio por uso del sanitario necesita 20 litros diarios, podemos proyectar el ahorro con respecto a este consumo por persona que integra las instituciones educativas u organizaciones, además de considerar que por promedio en limpieza de pisos se consume por metro cuadrado 1 litro de agua y en el riego de áreas verdes un aproximado de 2 litros por metro cuadrado.

El agua potable se calcula por rangos de consumo, de tal manera que el cliente pagará por cada uno de los primeros 15 metros cúbicos de agua potable (Rango de 1-15), el valor arriba indicado en la tabla 3, por cada uno de los siguientes

15 m<sup>3</sup> (Rango de 16-30), el valor arriba mencionado y así sucesivamente, el valor total a facturarse por Agua Potable será la sumatoria de los valores generados en cada rango de consumo. Ejemplo: si el consumo es de 25 metros cúbicos, los primeros 15 metros cúbicos están ubicados en el primer rango y los siguientes 10 metros cúbicos corresponden al segundo rango [6].

La tabla 4 muestra un resumen de los metros cúbicos de agua que pueden ser recuperados durante los años proyectados 2016 y 2017, se calculará los costos de acuerdo a los indicados por la empresa Interagua mostrados en la tabla 3; también se mostrará los costos promedio en el caso que el establecimiento tenga primaria y secundaria, contando con 3 paralelos en cada nivel y 40 estu-

diantes por paralelo, se conoce que tendrían en un total de 12 niveles nos da un total de 1 440 personas, como habíamos indicado durante el desarrollo el consumo por uso de sanitario estaba en promedio por persona de 20 litros por día.

Tabla 4  
Valor ahorrado por aprovechamiento de agua lluvia

Año	m <sup>3</sup>	Costo/ m <sup>3</sup>	Total ahorrado
2016	2 515,565	1 503	\$3 780,89
2017	2 598,739	1 503	\$3 905,90
		Total	\$7 686,80

Fuente: Autor

Elaboración: Tania Rojas

La tabla 5 nos permite observar para cuantos meses tendremos abastecimiento si aplicamos la recolección de las aguas lluvias con la finalidad de usar los inodoros. Observamos que lo mostrado para el año 2016 se contaría con una cobertura para usar en 3,97 meses y para el año 2017 tendremos una cobertura para 4,10 meses, cabe señalar que los meses están considerados de 22 días laborables.

Tabla 5  
Proyección de números de meses de duración de agua lluvia

m <sup>3</sup> de agua lluvia recolectada	Consumo m <sup>3</sup> de Agua potable por mes en sanitarios	Proyección N° de meses para consumir
2 515,565	633,6	3,97
2 598,739	633,6	4,10

Fuente: Autor

Elaboración: Tania Rojas

Luego de este análisis es necesario indicar que de acuerdo a las políticas del Estado ecuatoriano el período académico en las instituciones educativas de la región costa comienza en el mes de mayo y se extiende hasta los últimos días del mes de febrero por lo tanto en ese rango se registra que los consumo son elevados es decir se toma como referencia un período de 10 meses, como nos muestra la tabla N° 5 ese consumo es en promedio de 633,6 metros cúbicos mensualmente, por lo tanto de acuerdo a lo calculado disponemos para el año 2016 una cobertura de 3,97 meses que representaría un ahorro del 41,8% del consumo total de agua usada en los inodoros del total del 6 019,2 metros cúbicos que necesita durante ese período de clases, y en el 2017 corresponde a un ahorro del 43,17% del consumo global durante el período normal de clases.

Se debe considerar además que el proceso inicial para establecer la condiciones e infraestructura que necesitará como inversión inicial la Universidad Politécnica Salesiana estarán cubiertas durante los 2 primeros años ya que corresponde a la colocación de canalones y tuberías que deberá llegar al reservorio de almacenamiento que solo será necesario para los meses de marzo y abril además será necesario una cisterna o tanques de almacenamiento además de filtros que servirán para poder retener algún objeto o impureza que pueda obstruir las tuberías o los desagües.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ACOSTA, A., y MARTINEZ, E. “El agua, un derecho humano fundamental. Agua; Un derecho humano fundamental”, 2010. [Online]. Disponible: <http://www.rosalux.org.ec/attachments/article/199/agua-acosta.pdf#page=5>.
- [2] CABRERA MENDEZ, RUBI NATALI, ORELLANA MANCHENO, YAHAIRA GABRIELA y MORENO, ÁLVARO. “Proyecto de una propuesta para la provisión del servicio de agua potable y colector de aguas lluvias en la zona periférica del cantón El Triunfo.”, [Online]. Disponible: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/1215>, 2009.
- [3] PACHECO MONTES, MARGARITA. “Avances en la Gestión Integral del Agua Lluvia (GIALL): contribuciones al consumo sostenible del agua, el caso de Lluviatl”. *Rev. Int. sostenibilidad, Tecnol. y humanismo*, 2008.
- [4] TORRES, ANDRÉS, MÉNDEZ FAJARDO, S., LARA BORRERO, JAIME A., ESTUPIÑÁN, JORGE LUIS, ZAPATA GARCÍA, OVIDIO HÉCTOR, TORRES MURILLO, OSCAR MAURICIO. “Hacia equipamientos urbanos sostenibles: aprovechamiento de aguas lluvias en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana en Bogotá”. *Cuad. Vivienda y Urban.*, p. 5(9), 2013.
- [5] INOCAR. “Precipitaciones en Guayaquil”, 2015. [Online]. Disponible: [www.inocar.mil.ec](http://www.inocar.mil.ec).
- [6] INTERAGUA. “Valores por metros cúbicos de agua”, 2015. [Online]. Disponible: [www.interagua.com.ec](http://www.interagua.com.ec).

# Introducing a Plant Layout Performance Index: Methodology and Case Study

---

(Índice de desempeño del layout de plantas industriales: metodología y estudio de caso)

Pablo Alberto Pérez Gosende\*

**Abstract**— In spite of the vast amount of scientific research related to the facility layout problem, only a limited literature has focused on plant layout evaluation. Thus, little interest has also been taken to industrial facilities relayout. In this context, the study introduces an index to evaluate the existing plant layout performance by identifying its positioning between the ideal and anti-ideal scenario. The resultant index value could facilitate to industrial operation managers the making of strategic relayout decisions without requiring deep mathematical knowledge. The procedure to obtain the index is illustrated in a case study carried out at a company of the metal components processing industry in Ecuador.

**Keywords**— Layout Performance Index, Facility Layout, Facility Layout Evaluation, Facility Relayout, Metal Components Processing Industry.

## I. INTRODUCCIÓN

La distribución espacial de plantas industriales, también conocida con el término anglosajón *layout*, puede definirse como el proceso de ordenamiento físico de todos los factores de producción que conforman el sistema productivo de forma que se cumplan adecuada y eficientemente las metas de la organización. En el marco de las estrategias de operaciones empresariales, la distribución en planta es considerada una de las decisiones de diseño de mayor importancia [1],[2].

\* Pablo Alberto Pérez-Gosende es Ingeniero Industrial y Magister en Administración de Empresas Gestión de la Producción y los Servicios. Actualmente es profesor de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador en su Sede Guayaquil y miembro del Grupo de Investigación Socio-económica y Empresarial (GISEE) de esa institución (e-mail: pperezg@ups.edu.ec).

De igual forma, tiene una repercusión significativa en la eficiencia de los sistemas de manufactura y su nivel de productividad [3]-[8].

El problema de la distribución en planta (*Facility Layout Problem, FLP*) ha sido clasificado como NP-completo de acuerdo a la Teoría de la Complejidad, pues no existe un algoritmo que proporcione una solución óptima en un tiempo polinómico razonable [9],[10]. Sin embargo, a pesar de este grado de complejidad, distintos autores han aportado soluciones aceptables en tiempos de cálculo realistas, aplicando desde técnicas exactas hasta las técnicas heurísticas más vanguardistas.

Generalmente, las estrategias de resolución del FLP han sido aplicadas al caso de plantas completamente nuevas. No obstante, en la práctica el problema de la redistribución de la planta (*Facility Relayout Problem, FRLP*) es más frecuente y en la literatura se le ha prestado menor atención [11].

Las empresas necesitan readaptarse constantemente a las necesidades de los mercados y esta dinámica requiere que se disponga de distribuciones espaciales suficientemente flexibles [12]. Se han reportado algunos síntomas que pueden indicar la necesidad de una redistribución. Entre estos, vale destacar la presencia de cuellos de botella en más de una de las operaciones del proceso, congestión de materiales o empleo inapropiado del espacio, inactividad

o sobrecarga en las estaciones de trabajo, mano de obra calificada realizando labores de poca complejidad, presencia de estrés y malestar entre los trabajadores, incidencia de accidentes laborales y dificultad en el control de las operaciones y el personal [1],[2].

La necesidad de una redistribución se presenta cuando se detectan oportunidades de mejora de la productividad como resultado de un proceso de evaluación del *layout*. A pesar de la amplia literatura científica que aborda el FLP, son pocas las investigaciones que abordan esta etapa, y no existen referencias de algún procedimiento que permita diagnosticar objetivamente el problema de la redistribución espacial.

Generalmente, en la evaluación de alternativas se han empleado con éxito técnicas de decisión multicriterio (*Multiple Criteria Decision Making, MCDM*) [12]-[18]. Sin embargo, estas ofrecen únicamente medidas relativas que solo tienen sentido si se comparan varias alternativas. Por tanto, no son de utilidad para evaluar el desempeño del *layout* actual de una planta, pues no permiten diagnosticar la necesidad de una redistribución. Solo Neumann y Fogliatto [19] propusieron un índice para la evaluación del *layout* existente que se enfoca en la medición de la flexibilidad, pero lamentablemente adolece del mismo problema indicado anteriormente para las técnicas MCDM.

Además de lo anterior, la mayoría de los métodos de decisión multicriterio requieren de un alto conocimiento por parte del analista, a la vez que demandan un alto esfuerzo de recopilación de datos, y en ocasiones, un alto esfuerzo de cómputo. Estas razones hacen que tales herramientas no sean utilizadas por los gerentes de operaciones a nivel empresarial.

Por otra parte, la solución del FRLP es tanto o más compleja que la distribución espacial para una planta nueva, dado que existen limitaciones y objetivos adicionales. Implementar cambios en una planta existente requiere de inversión adicional y retrasos o interrupción total de los planes de producción durante el tiempo que dure la re-distribución. Sin embargo, dado que los cambios en el *layout* tienen un efecto importante en la productividad, las decisiones de mejora de la distribución espacial son vitales para mantener un adecuado nivel de competitividad de la organización [20]. De ahí la importancia que las empresas cuenten con una herramienta que les permita evaluar el desempeño de su distribución actual. De esta manera podría diagnosticarse la necesidad de una re-distribución de la planta, al identificarse oportunidades de mejora que podrían redundar en reservas de productividad.

Frente a esto, esta investigación presenta un Índice de Desempeño del *Layout* (IDL) que permite eva-

luar el desempeño actual de la distribución espacial de instalaciones industriales, en menor tiempo que los métodos propuestos en la literatura, sin requerir un conocimiento matemático profundo.

## II. MÉTODOS

A continuación, se presenta el procedimiento seguido para la determinación del Índice de desempeño del *Layout* (IDL).

Primeramente, se identificaron los centros de actividad de la organización mediante revisiones de los planos de planta, entrevistas a expertos y observación directa. Luego se desarrolló una matriz cuadrada orientada de las intensidades de transporte parciales ( $t$ ) entre cada par de centros de actividad  $i$  y  $j$ .

$$t = \begin{bmatrix} 0 & t_{12} & t_{13} & t_{14} & \dots & t_{1n} \\ t_{21} & 0 & t_{23} & t_{24} & \dots & t_{2n} \\ t_{31} & t_{32} & 0 & t_{34} & \dots & t_{3n} \\ t_{41} & t_{42} & t_{43} & 0 & \dots & t_{4n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{n1} & t_{n2} & t_{n3} & t_{n4} & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

A continuación, se desarrolló la matriz triangular no orientada de las intensidades de transporte totales ( $T$ ), considerando  $T_{ji} = t_{ij} + t_{ji}$ .

$$T = \begin{bmatrix} 0 & t_{12} + t_{21} & t_{13} + t_{31} & t_{14} + t_{41} & \dots & t_{1n} + t_{n1} \\ 0 & 0 & t_{23} + t_{32} & t_{24} + t_{42} & \dots & t_{2n} + t_{n2} \\ 0 & 0 & 0 & t_{34} + t_{43} & \dots & t_{3n} + t_{n3} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & t_{4n} + t_{n4} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

Posteriormente, se desarrolló una matriz triangular con los valores modales de las valoraciones de un grupo de expertos sobre las relaciones de cercanía de naturaleza cualitativa entre cada par de centros de actividad (R).

$$R = \begin{bmatrix} 0 & r_{12} & r_{13} & r_{14} & \cdots & r_{1n} \\ 0 & 0 & r_{23} & r_{24} & \cdots & r_{2n} \\ 0 & 0 & 0 & r_{34} & \cdots & r_{3n} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & r_{4n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

Se considera un experto a la persona que tiene un conocimiento especial respecto a un tema específico [21]. El criterio clave para su selección es el nivel de conocimiento o grado de experticia en la temática objeto de investigación [22].

A los expertos seleccionados se les presentó una matriz de doble entrada para que valoraran la importancia de la adyacencia entre cada par de centros de actividad ( $R_{ij}$ ) de la siguiente forma:  $R_{ij}=10$  si es extremadamente importante que los centros de actividad  $i$  y  $j$  sean adyacentes;  $R_{ij}=5$  si esta relación de adyacencia es importante;  $R_{ij}=2$  si tiene una importancia ordinaria;  $R_{ij}=0$  si es irrelevante, y, por último,  $R_{ij}=-10$  si es indeseable. También se les pidió que especificaran los criterios subjetivos que justifican el valor asignado en cada caso.

A continuación, se desarrolló una matriz triangular de adyacencia entre los centros de actividad de acuerdo a la distribución espacial actual (X). El coeficiente binario de adyacencia ( $x_{ij}$ ) toma un valor de uno si los centros de actividad son adyacentes y cero si no lo son.

$$X = \begin{bmatrix} 0 & x_{12} & x_{13} & x_{14} & \cdots & x_{1n} \\ 0 & 0 & x_{23} & x_{24} & \cdots & x_{2n} \\ 0 & 0 & 0 & x_{34} & \cdots & x_{3n} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & x_{4n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

A juicio del autor, el nivel de importancia relativa de los criterios cuantitativos respecto a los cualitativos debe ser identificado. En empresas de manufactura, es muy recomendable asignar un mayor peso a las intensidades de transporte entre los centros de actividad respecto a otros criterios de orden cualitativo. Esto se sustenta en la muy razonable idea de que, al localizar los centros de actividad de mayor flujo de forma adyacente, se minimizan las distancias recorridas por el objeto de trabajo durante todo el proceso de producción.

Con la información suministrada por la matriz triangular no orientada de las intensidades de transporte totales (T), la matriz de interrelaciones cualitativas (R) y la matriz de adyacencia (X), se procedió a calcular el Índice de Desempeño del

*Layout* (IDL) mediante la siguiente relación matemática:

$$IDL = \frac{\alpha \cdot Ifo + (1 - \alpha) \cdot Ifs}{100} \quad (1)$$

Donde  $\alpha$  representa el nivel de importancia relativa del flujo de trabajo (factor objetivo) respecto a los factores de cercanía subjetivos. Ifo es el Índice de flujo operativo entre los centros de actividad considerados en el estudio e Ifs representa el Índice de las relaciones subjetivas de adyacencia entre los centros de actividad.

El Ifo y el Ifs se formulan como sigue:

$$Ifo = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (T_{ij} \cdot x_{ij})}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n T_{ij}} \cdot 100 \quad (2)$$

$$Ifs = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (R_{ij} \cdot x_{ij})}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n R_{ij}} \cdot 100 \quad (3)$$

$T_{ij}$  es la intensidad de transporte del objeto de trabajo entre el par de centros de actividad  $i$  y  $j$ . En el mismo caso,  $X_{ij}$  representa el coeficiente binario de adyacencia, y  $R_{ij}$ , por su parte, la valoración de los factores subjetivos de cercanía de acuerdo al juicio de expertos.

El Ifo, representa el porcentaje del flujo total de materiales que está siendo transportado de forma óptima entre los centros de actividad,

pues recorren la menor distancia posible dada su condición de adyacentes ( $X_{ij}=1$ ). Su complemento (1-Ifo), permite cuantificar las reservas de mejora de la distribución espacial actual respecto a la solución óptima ideal, que supone adyacencia entre todos los pares de centros de actividad que tienen un flujo material distinto de cero entre sí (entiéndase óptima, pero no necesariamente factible desde el punto de vista geométrico).

El Ifs, por su parte, representa el nivel de bondad de la distribución actual de acuerdo a las relaciones de adyacencia ideales establecidas por el juicio de los expertos involucrados en el estudio. Este índice es particularmente importante cuando entre los centros de actividad, dada la naturaleza del sistema productivo en cuestión, no existe un flujo material tangible o este es irrelevante. De igual manera, su complemento (1-Ifs) reviste especial importancia, dado que constituye una medida de las reservas de mejora de la distribución espacial relacionada con el comportamiento actual de aquellos factores que no por ser subjetivos dejan de ser relevantes y que pueden impactar negativamente en el logro de la eficacia y la eficiencia de la organización.

El IDL, por su parte, permitirá identificar el posicionamiento de la distribución espacial bajo análisis, en un intervalo real que toma valores entre cero y uno. Un IDL cerca-

no a cero indicará que el *layout* se acerca al anti-ideal o escenario más desfavorable, que es aquel donde los centros de actividad están dispuestos de forma caótica en el espacio fabril sin ningún tipo de relación cualitativa y/o cuantitativa que justifique su adyacencia o contigüidad. Por su parte, un IDL cercano a la unidad, indicará que el *layout* se acerca a la mejor distribución espacial posible, es decir, a la óptima ideal, que supone adyacencia entre todos los centros de actividad que mantienen flujo de materiales entre sí, o tienen algún otro tipo de relación de naturaleza cualitativa.

Este posicionamiento entre el *layout* anti-ideal y el óptimo ideal, permite la identificación de oportunidades de mejora de la distribución en estudio y, en consecuencia, reservas de mejora de la productividad del trabajo. Particularmente, si el IDL calculado fuese muy desfavorable ( $IDL < 0.6$ ), la gerencia podría iniciar estudios que permitan la generación de nuevas alternativas de *layout*, e implementar aquella variante que cumpla con las restricciones de espacio y de capital, a la vez que mejore el Índice de Desempeño del *Layout*.

### III. RESULTADOS

En este apartado se muestra la aplicación del Índice de Desempeño del *Layout* propuesto, en un caso real. La empresa pertenece al sector metal-mecánico de la ciudad de Guayaquil y se dedica a la producción de sistemas de bombeo, calentadores de agua, lavaderos en acero inoxidable, tanques de presión, carretillas y tejas de Cinc.

Mediante entrevistas y observación directa se identificó que la empresa tiene una producción intermitente por lotes y su configuración espacial es por procesos. Toda la actividad productiva se realiza en nueve centros de actividad.

Mediante los reportes de operaciones que maneja la organización, se determinaron las intensidades de transporte que se presentaron entre los centros de actividad durante el año 2014, expresadas en toneladas por año ( $t/año$ ). Con esta información se desarrolló la matriz cuadrada orientada de las intensidades de transporte parciales ( $t$ ) que se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1  
Matriz cuadrada orientada de las intensidades de transporte entre centros de actividad (t/año)

$\begin{matrix} j \\ i \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	22,2	0	7,1	4,5	0	0	0	0
2	0	0	5,4	13,2	0	0	0	0	8,9
3	7,2	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	28,2	0	0	0	5,8
5	2,3	0	0	0	0	0	0	52,1	0,5
6	0	0	0	0	0	0	0	39,8	8,9
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	29,5	24,6	0	0	0	0	0	0
9	0	0	6,7	0	0	0	0	0	0

Con la matriz  $t$  como insumo, aplicando la relación  $T_{ji}=t_{ij}+t_{ji}$ , pudo obtenerse la matriz triangular no orientada de las intensidades de transporte

totales ( $T$ ) que se representa en la Tabla 2, la cual considera el flujo de ida y vuelta, en caso de existir, entre cada par de centros de actividad.

Tabla 2  
Matriz triangular superior no orientada de las intensidades de transporte totales (t/año)

$\begin{matrix} j \\ i \end{matrix}$	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	22,2	0	7,1	4,5	0	0	0
2	0	0	5,4	13,2	0	0	0	0
3	7,2	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	28,2	0	0	0
5	2,3	0	0	0	0	0	0	52,1
6	0	0	0	0	0	0	0	39,8
7	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	29,5	24,6	0	0	0	0	0

A continuación, se hizo una selección de ocho expertos, todos trabajadores de la organización y con más de 5 años de experiencia. Esto permitió asegurar que la totalidad de candidatos conocieran a fondo los procesos que tienen lugar en la empresa. Los expertos mediante una hoja de trabajo facilitada por el moderador, sometieron a su juicio

las relaciones de adyacencia entre cada par de centros de actividad considerados en el estudio. Una vez concluida esta actividad, se procedió a desarrollar la matriz de relaciones cualitativas entre los centros de actividad considerando la moda como medida de tendencia central. Estos resultados se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3  
Matriz de interrelaciones cualitativas totales entre centros de actividad

i \ j	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	5	0	10	0	5	0	0
2		0	0	0	5	-10	0	0
3			0	0	10	-10	5	10
4				0	2	0	0	0
5					0	-10	10	0
6						2	0	0
7							2	-10
8								0

Los criterios que justifican estas relaciones subjetivas de adyacencia identificadas por los expertos fueron: mantener la higiene, la seguridad y satisfacción de los trabajadores, facilitar el control y la supervisión del trabajo, facilitar el uso de espacios

y/o equipos compartidos y minimizar la movilidad de personal común.

La Tabla 4 representa las relaciones de adyacencia entre los centros de actividad en la distribución espacial actual, indispensable para el cálculo de los índices Ifo e Ifs.

Tabla 4  
Matriz de relaciones de adyacencia entre centros de actividad

i \ j	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	0	1	0	0	0	0	0
2		1	1	1	0	0	0	0
3			0	1	1	0	0	0
4				1	0	0	1	0
5					1	1	1	1
6						1	0	0
7							0	1
8								1

Una vez realizados los cálculos, considerando una importancia relativa del flujo de trabajo sobre los factores cualitativos del 80% ( $\alpha=0.80$ ), el índice de flujo operativo obtuvo un valor de 47.81% y el índice de las relaciones subjetivas de adyacencia

fue de 7,69%. El IDL por su parte, arrojó un valor de 39,79%.

#### IV. DISCUSIÓN

Entre los cálculos presentados en la sección anterior, el valor obtenido por el Ifo implica que el flujo de trabajo en la distribución espacial

actual, está alejado del escenario óptimo en un 52,19%. Esto significa que el *layout* actual cumple de manera limitada con el principio de circulación y el de la mínima distancia recorrida posible, por lo que admite mejoras.

El valor obtenido por el Ifs indica que el *layout* actual está muy alejado de la variante de ordenamiento espacial ideal establecida por el juicio de los expertos, pues admite una mejora de hasta el 92,31%. Al comparar este valor con el del Ifo, puede deducirse también que la distribución espacial actual prioriza el flujo de materiales respecto las relaciones cualitativas entre los centros de actividad.

Esto demuestra que la política de gestión empresarial de la organización ha estado alineada a obtener elevados volúmenes de producción, restándole importancia a la higiene, la seguridad y satisfacción de los trabajadores, facilitar el control y la supervisión del trabajo, facilitar el uso de espacios y/o equipos compartidos y minimizar la movilidad de personal común.

Los valores obtenidos por el Ifo y el Ifs hacen que el IDL tenga un valor de 39,79%. Esto significa que el sistema productivo objeto de estudio tiene unas reservas de mejora de su *layout* del 60,21% ( $1 - \text{IDL} \times 100$ ). Ante esta situación, una redistribución espacial es inminente para optimizar el tiempo de fabricación y los costos, aumentar la productividad y

contribuir a la competitividad de la organización. Es importante que en la re-distribución a realizar se prioricen aquellos cambios que impacten positivamente en el índice de desempeño, siempre que lo permitan las restricciones de espacio y de capital.

Como ha podido observarse hasta aquí, la principal contribución científica del IDL es que permite evaluar el desempeño de la distribución espacial actual de una planta industrial existente, con una distribución espacial óptima ideal que considera adyacencia entre todos aquellos centros de actividad que tienen flujo material entre sí y que, a su vez, satisfacen criterios cualitativos relevantes establecidos mediante el juicio de expertos. De esta forma, se conoce el posicionamiento del *layout* bajo análisis, en un intervalo real que parte de la situación más desfavorable (*layout* anti-ideal, donde  $\text{IDL}=0$ ) hasta la mejor organización espacial posible (*layout* óptimo ideal, donde  $\text{IDL}=1$ ), permitiendo la identificación de oportunidades de mejora. Incluso el IDL podría utilizarse también en la selección de la mejor distribución espacial entre un grupo de alternativas obtenidas mediante cualquier método de generación de *layouts*.

De acuerdo a este autor, un valor de IDL inferior a 0,6 es un indicativo de la necesidad de una redistribución espacial de la planta objeto de estudio, pues evidentemente las actividades con mayor flujo de

materiales no están lo más próximas posible (incumpliendo el principio de la mínima distancia recorrida), ni alineadas de acuerdo a la secuencia con la que se tratan, elaboran o montan los materiales (principio de la circulación). De tal manera, puede afirmarse que el Índice de Desempeño del *Layout* aquí desarrollado, puede sustentar la toma de decisiones relativas al reordenamiento o re-distribución espacial de los centros de actividad de una organización, permitiendo la priorización de aquellos ajustes que involucren menores desembolsos de dinero y que tengan un mayor impacto positivo en la productividad del sistema.

Otra contribución de importancia del indicador aquí propuesto, es que discrimina los criterios cuantitativos de los cualitativos, permitiendo al proyectista decidir cuál de ellos debe tener una mayor repercusión en la decisión final. Esto lo sitúa en una posición ventajosa respecto al clásico método SLP de Muther [10] o al método del Proceso Analítico Jerárquico de Saaty (AHP) [17].

Es importante destacar que esta investigación no cubre la determinación de las oportunidades de mejora de la organización espacial de los factores productivos a nivel de detalle dentro de cada centro de actividad, quedando pendiente dicho análisis para futuras investigaciones.

## V. CONCLUSIONES

Un procedimiento para determinar las reservas de mejora de la distribución en planta de instalaciones de manufactura ha sido presentado en esta investigación. La metodología expuesta busca calcular un Índice de Desempeño del *Layout* que permite posicionar el sistema productivo objeto de estudio en un intervalo real que parte del escenario ideal al anti-ideal, basado en el comportamiento simultáneo de factores cuantitativos y cualitativos. En el caso de estudio práctico aquí abordado, existe un 60,21% de oportunidades de mejora del *layout*, lo que demuestra la existencia de importantes reservas de productividad.

## REFERENCIAS

### BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CHASE, R.B., y ACOBS F.R.J. *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros*. Mc Graw Hill: México, 2014.
- [2] KRAJEWSKI, L.J., MALHOTRA, M. K., y RITZMAN, L.P. *Operations management: processes and supply chains*. Prentice Hall: New York, 2015.
- [3] VASUDEVAN, K. y SON, Y.J. "Concurrent consideration of evacuation safety and productivity in manufacturing facility planning using multi-paradigm simulations". *Comp Ind Eng*, vol. 61, no. 4, pp. 1135-1148, 2011.
- [4] GARCÍA-HERNANDEZ, L., ARAUZO-AZOFRA, A., SALAS-MORERA, L., PIERREVAL, H. y CORCHADO, E. "Recycling Plants Layout Design by Means of an Interactive Genetic Algorithm". *Intell Autom Soft Co*, vol. 19, no. 3, pp. 457-468, 2013.

- [5] RIPON, K.S.N., y TORRESEN, J. "Integrated job shop scheduling and layout planning: a hybrid evolutionary method for optimizing multiple objectives". *Evolving Systems*, vol. 5, no. 2, pp. 121-132, 2014.
- [6] SADEGHPOUR, F., y ANDAYESH, M. "The constructs of site layout modeling: an overview". *Can J Civil Eng*, vol. 42, no. 3, pp. 199-212, 2015.
- [7] KANAGANAYAGAM, K., MUTHUSWAMY, S. y DAMODARAN, P. "Lean methodologies to improve assembly line efficiency: An industrial application". *Int J Ind Syst Eng*, vol. 20, no. 1, pp. 104-116, 2015.
- [8] OLIVO-GARCÍA, L.G. "Análisis y rediseño de la distribución espacial del área de envasado de café liofilizado en una planta de la ciudad de Guayaquil". Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, Guayaquil, 2015.
- [9] GAREY M.R. y JOHNSON, D.S. *Computers and intractability: a guide to the theory of NP-completeness*. Freeman: San Francisco, 1979.
- [10] DIEGO-MAS, J. A. "Optimización de la distribución en planta de instalaciones industriales mediante algoritmos genéticos: aportación al control de la geometría de las actividades". Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2006.
- [11] KULTUREL-KONAK, S. "Approaches to uncertainties in facility layout problems: perspectives at the beginning of 21st century". *J Intell Manuf*, vol. 18, no. 2, pp. 273-284, 2007.
- [12] EMAMI, S. y NOOKABADI, A.S. "Managing a new multi-objective model for the dynamic facility layout problem". *Int J of Adv Manuf Tech*, vol. 68, no. 9-12, pp. 2215-2228, 2013.
- [13] ARUNKUMAR, N., BARNABAS, S.G., KUMAR, N.D. y KAMATCHI, T. "Facility Layout Selection For The Blood Inventory Using PROMETHEE II Method". *Int J Eng Res App*, vol. 2, no. 4, pp. 1161-1166, 2014.
- [14] TORTORELLA, G.L. y FOGLIATTO, F.S. "Planejamento sistemático de layout com apoio de análise de decisão multicritério". *Revista Produção*, vol. 18, no. 3, pp. 609-624, 2008.
- [15] SHAHIN, A. y POORMOSTAFA, M. "Facility layout simulation and optimization: an integration of advanced quality and decision making tools and techniques". *Modern Applied Science*, vol. 5, no. 4, pp. 95-111, 2011.
- [16] NAGAPAK, N. y PHRUKSAPHANRAT, B. "Cellular manufacturing layout design and selection: a case study of electronic manufacturing service plant". *Proceedings of the International Multi Conference of Engineers and Computer scientists. Hong Kong*, 2011.
- [17] GAO, Z., YOSHIMOTO, K. y OHMORI, S. "Application of AHP/DEA to Facility Layout Selection". *International Joint Conference on Computational Science and Optimization (CSO)*. Huangshan, 2010, pp. 252-254.
- [18] YANG, L. DEUSE, J. y JIANG, P. "Multiple-attribute decision making approach for an energy-efficient facility layout design". *Int J of Adv Manuf Tech*, vol. 66, no. 5-8, pp. 795-807, 2013.
- [19] NEUMANN, C.S.R. y FOGLIATTO, F.S. "Sistemática para avaliação e melhoria da flexibilidade de layout em ambientes dinâmicos". *Gestão e Produção*, vol. 20, no. 2, pp. 235-254, 2013.

- [20] HAN, K.H., BAE, S.M., y JEONG, D.M. "A Decision Support System for Facility Layout Changes". *WSEAS International Conference: Recent Advances in Computer Engineering Series*. Vienna, 2012, pp. 79-84.
- [21] MARTINO, J.P. *Technological forecasting for decision-making*. Mc Graw Hill: New York, 1993.
- [22] SOURANI, A. y SOHAIL, M. "The Delphi method: review and use in construction management research". *Int J Const Educ Res*, vol. 11, no. 1, pp. 54-76, 2014.

# Analysis of the Influence of Nutritional Traffic Light on the Decision to Purchase Consumer Food Products

---

(Análisis sobre la influencia del semáforo nutricional en la decisión de compra del consumidor en productos alimenticios)

Nicolás Sumba Nacipucha\*, Jorge Cueva Estrada\*\* y  
Tania Yaguana Herrera\*\*\*

**Abstract**— Since some time now, the lifestyle and thinking of Ecuadorians have been influenced by the environment created by the Ecuadorian government through information campaigns to raise awareness for changes in eating habits, one of the strategies used to achieve this objective. It was the implementation of the nutritional traffic light, which allows the observation summarizes the level of critical components in the packaging of processed food products. Some companies saw this as a threat to their sales levels due to high levels of critical components in their products, while other companies supported in the founda-

tion of marketing reformulated their products and adapt their advertising campaigns to use this product reformulation as a differential competitive advantage, they understood that in order to influence the purchase decision process must develop products that meet the basic needs of new customers adding nutrition and health attributes.

**Keywords**— Consumer, Purchase Decision, Marketing, Nutritional Semaphore.

## I. INTRODUCCIÓN

La sociedad ecuatoriana se ha caracterizado por una gas-

\* Nicolás Sumba es Máster en Administración de Empresas, profesor de la Universidad Politécnica Salesiana. [nsumba@ups.edu.ec](mailto:nsumba@ups.edu.ec)

\*\* Jorge Cueva es Máster en Administración de Empresas, profesor de la Universidad Politécnica Salesiana, [jcueva@ups.edu.ec](mailto:jcueva@ups.edu.ec).

\*\*\* Tania Yaguana es Máster en Administración de Empresas con mención en sistemas de información empresarial, profesora de la Universidad Politécnica Salesiana, [tyaguana@ups.edu.ec](mailto:tyaguana@ups.edu.ec).

tronomía exquisita y variada pero desequilibrada, abundante en carbohidratos, como el arroz y un bajo de consumo de fibra y frutas, lo cual ha derivado en una sociedad afectada con problemas de diabetes, obesidad e hipertensión, según la investigación realizada por el Ministerio de Salud y el INEC en La Encuesta Nacional de Salud (Ensanut) dio como resultado que en el país 414 514 personas mayores de 10 años sufren de diabetes (MSP/INEC, 2014).

El Estado ecuatoriano observó con preocupación el incremento de los índices de estas enfermedades en la sociedad, y con la finalidad de mejorar la salud de los ciudadanos estableció en el plan nacional del buen vivir los siguientes objetivos específicos dentro del objetivo estratégico Mejorar la vida de la población:

c. Fortalecer y desarrollar mecanismos de regulación y control orientados a prevenir, evitar y controlar la malnutrición, la desnutrición y los desórdenes alimenticios durante todo el ciclo de vida. (...)

e. Normar y controlar la difusión de información calórica y nutricional de los alimentos, a efectos de que el consumidor conozca los aportes de la ración que consume con respecto a los requerimientos diarios recomendados por la autoridad nacional en materia de salud y nutrición (SENPLADES, 2013, p.147).

Por lo tanto, es importante establecer estrategias que ayuden a lograr el alcance de los objetivos antes mencionados. En el Ecuador desde mayo

de 2014 todos los alimentos procesados deben colocar en sus etiquetas el semáforo nutricional establecido por La Agencia Nacional de Regulación, Control y vigilancia sanitaria, con el objetivo de proporcionar a la ciudadanía información clara sobre el producto que está adquiriendo, según la Ing. Diana Rodríguez, Directora ejecutiva ARCSA.

El reglamento ecuatoriano RTE INEN 022 (1r) Rotulado de Productos Alimenticios Procesados, Envasados y Empaquetados expedido el 21 de marzo del 2014 establece los requisitos que debe cumplir el rotulado de productos alimenticios procesados, envasados y empaquetados con el objeto de proteger la salud de las personas y estandarizar el uso y presentación del semáforo nutricional en los productos. El reglamento indica que se debe colocar en la etiqueta del producto un:

sistema gráfico con barras horizontales de colores rojo, amarillo y verde, según la concentración de los componentes.

a) La barra de color rojo está asignada para los componentes de alto contenido y tendrá la frase ALTO EN ...

b) La barra de color amarillo está asignada para los componentes de medio contenido y tendrá la frase: MEDIO EN ...

c) La barra de color verde está asignada para los componentes de bajo contenido y tendrá la frase: BAJO EN ...

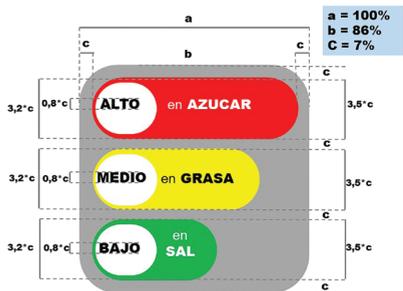


Figura 1

Sistema gráfico del Semáforo Nutricional  
 Fuente: Ministerio de Industrias y Productividad, 2014

**Porcentajes reales de las barras tamaño relativo**

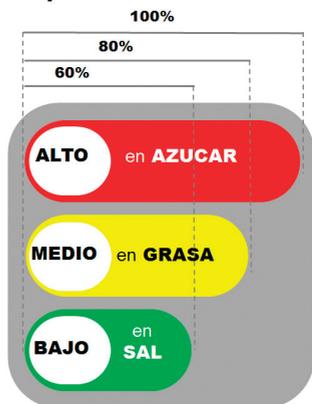


Figura 2

Sistema gráfico del Semáforo Nutricional  
 Fuente: Ministerio de Industrias y Productividad, 2014

En los últimos años el Estado ecuatoriano se encuentra motivando a sus habitantes a realizar más ejercicio, alimentarse adecuadamente y llevar una vida sana, esta campaña emprendida por el país se ha posicionado en las personas ya que es notorio el aumento de actividad física en la población así también la aparición de clientes con

conciencia responsable al momento de adquirir productos comestibles para su familia, según lo expuesto por (Schiffman, Lazar, & Wisenblit, 2010, p. 310) “Otra función importante de la familia en lo que se refiere a comportamiento del consumidor, consiste en establecer un estilo de vida adecuado para sus miembros.

En el proceso de decisión de compra al adquirir productos comestibles, el consumidor responsable del núcleo familiar pasa por diferentes etapas, según (Kotler & Keller, 2012, p. 166): “Reconocimiento del problema, búsqueda de información, evaluación de alternativas, decisión de compra y comportamiento post compra”, en la evaluación de alternativas el consumidor busca productos que satisfagan su necesidad básica y que brinden beneficios adicionales para el bienestar del núcleo familiar.

En la actualidad el consumidor responsable del núcleo familiar quien generalmente es la madre de familia, según (Solomon, 2008), es la encargada de realizar las compras en los supermercados y tiendas ecuatorianas, se encuentra frente a diversas marcas de productos que satisfacen las mismas necesidades alimenticias, pero con diferentes indicadores de componentes críticos en los semáforos nutricionales al momento de seleccionar un producto para su hogar.

La propuesta del buen vivir del Gobierno ecuatoriano, sumado con campañas de concientización de buenos hábitos nutricionales, han motivado al consumidor responsable de adquirir los productos alimenticios para el hogar, que preocupado por el bienestar del núcleo familiar analicen el semáforo nutricional antes de decidir alguna compra, según la investigación realizada por (Kantar Worldpanel, 2014) en las ciudades de Quito y Guayaquil se obtuvo que el 69% de los hogares encuestados indicaron que revisan el semáforo nutricional antes de realizar la compra, y de este porcentaje de hogares un 29% indican que han cambiado su hábito de consumo debido a la información del semáforo nutricional.

Por los factores y porcentajes expuestos, las empresas se han visto obligadas a adaptarse al entorno actual del mercado ecuatoriano, para lo cual han decidido reformular el contenido nutricional de sus productos como parte de una estrategia de marketing que ofrece a los nuevos clientes con conciencia nutricional responsable, productos que satisfagan la misma necesidad básica pero con beneficios adicionales de salud (Orozco, 2015). Siempre han existidos productos light pero quien podría entender 50 gramos de azúcar por cada 100 ml de bebida, esta información nutricional es muy complicada para el consumidor común que ahora cuenta con la

ayuda de los semáforos nutricionales para tomar la decisión de compra de productos comestibles

Entonces se debe pensar en desarrollar productos capaces de ofrecer a los clientes: Necesidad básica (satisfecha) + beneficio adicionales (Salud + alimentación + nutrición) = producto multiatributo que según (Lambin, Galluci, & Sicurello, 2009) “es un conjunto de servicios secundarios, necesarios o añadidos, que constituyen elementos distintivos entre las marcas y que son susceptibles de influir en las preferencias de los compradores” (p.100).

## II. METODOLOGÍA

La presente investigación es de carácter descriptiva, la cual se centrará en realizar un estudio actualizado sobre la influencia del semáforo nutricional al momento de realizar las compras de productos alimenticios por parte del consumidor responsable del grupo familiar.

Los hogares de la ciudad de Guayaquil según el (Instituto Nacional de Estadística y Censos, INEC, 2011) en total son 614 453, a esta población se le aplicó la fórmula para determinar el tamaño muestra para poblaciones infinitas, considerando que el tamaño de la población es mayor a 100 000, con lo cual se obtuvo como resultado una muestra formada por 384 hogares. Se aplicó un muestreo probabilístico, dividiendo el tamaño muestral entre ocho supermercados repartidos a lo

largo de la ciudad de Guayaquil, tomando una muestra de 50 familias por cada supermercado, lo cual garantizó la inclusión de todos los estratos sociales de la ciudad, dado que la alimentación y nutrición es de interés común.

El estudio se desarrolló durante los primeros cuatro días del mes de octubre de 2015 considerando que las compras familiares se realizan los primeros días de cada mes, con el monto mensual asignado a la compra de alimentos para el grupo familiar.

### III. RESULTADOS

En primer lugar, se desarrolló el proceso de observación en supermercados de la ciudad de Guayaquil con el objetivo de identificar la aplicación del semáforo nutricional en las diferentes marcas de los productos alimenticios procesados. Los resultados de la observación fueron los siguientes:

1. Existen productos que utilizan su semáforo nutricional como una ventaja competitiva ubicándolo en la parte frontal de sus envolturas, debido a que sus componentes críticos han pasado de niveles rojo a amarillo, e incluso a verde. La frase “Ahora con semáforo amarillo e incluso verde” se está popularizando por parte de las empresas en sus campañas de promoción y publicidad. Dado que han decidido reformular sus productos, todo esto con el afán de cubrir

la necesidad de nuevos clientes interesados en la salud (Orozco, 2015).

2. Otras marcas utilizan como estrategia el desarrollo de productos sustitutos con semáforos nutricionales aceptables, una bebida gaseosa de color negro muy reconocida a nivel mundial no modificó la composición de su principal producto aun cuando su nivel de azúcar en el semáforo es rojo, en su lugar desarrolló un producto sustituto con niveles de azúcar en amarillo utilizando un endulzante natural que garantiza mantener el sabor original, y de esta forma presentar una nueva alternativa de compra para los consumidores interesados en mantener un nivel saludable de vida.
3. Identificando grupos familiares se observó que tres de cada cinco consumidores responsables observan los semáforos nutricionales de los productos, esto se ve directamente relacionado al tiempo dedicado para realizar las compras, que según el INEC en promedio son dos horas semanales (Instituto Nacional de Estadística y Censos, INEC, 2012).

Posteriormente se analizó el comportamiento de los consumidores responsables del grupo familiar frente al semáforo nutricional a través de una encuesta desarrollada en supermercados de la ciudad.

El nivel de conocimiento acerca de la utilidad del semáforo nutricional por parte de los consumidores es del 97%, estas cifras se ven sustentadas por las campañas informativas y de concientización realizadas por el Gobierno nacional.

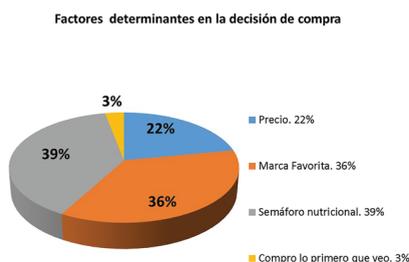


Figura 3

Conocimiento del Semáforo Nutricional  
Fuente: Autores

Entre los factores más importantes que influyen en la decisión de compra del consumidor, están el semáforo nutricional y la marca, con el 39% y 36% respectivamente; estas cifras demuestran el interés del consumidor por adquirir productos saludables y la influencia generada por las propagandas de concientización e información desarrolladas por el Estado. Un 22% de la muestra determinó que el precio es el factor de influencia más importante en la decisión de compra del consumidor, y apenas un 3% realiza una compra sin análisis previo. Estos porcentajes se ven reflejados en el siguiente gráfico.

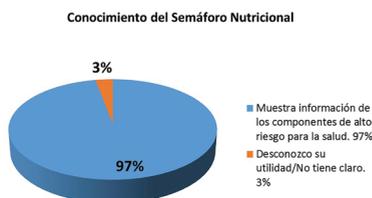


Figura 4

Factores determinantes en la decisión de compra

Fuente: Autores

#### IV. CONCLUSIONES

- El presente artículo tiene como línea de investigación: el marketing y la publicidad y deja como reflexión estar siempre a la custodia y estudio del mercado, los expertos del marketing comprenden que la supervivencia de las organizaciones comerciales se logra mediante la adaptación y diferenciación de sus productos aprovechando la oportunidad brindada por el mercado, el cual concibió un cliente preocupado de su salud y nutrición.
- La marca ha sido desde siempre un escudo de protección para las empresas, ya que ha influenciado en la decisión de compra de los consumidores incluso sobre el precio; es por esto que las empresas deben sostener sus marcas adaptando sus productos o desarrollando productos sustitutos que se ajusten al mercado cambiante y satisfagan las nuevas necesidades de los consumidores.

- En la adaptación de sus productos las organizaciones comerciales no deben olvidar aprovechar cualquier oportunidad que les brinda el mercado y utilizarla como una ventaja competitiva diferencial, como es el caso de algunas empresas que reformularon sus productos por la aparición del semáforo nutricional, y utilizaron esta adaptación como una estrategia de diferenciación del resto de competidores, incluso desafiando a los líderes de la línea.

## REFERENCIAS

### BIBLIOGRÁFICAS

- [1] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC). (11 de Noviembre de 2011). *Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC)*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2015, de [http://www.inec.gob.ec/tabulados\\_CPV/28\\_Promedio%20de%20Personas%20por%20Hogar.xls](http://www.inec.gob.ec/tabulados_CPV/28_Promedio%20de%20Personas%20por%20Hogar.xls)
- [2] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC). (Marzo de 2012). *Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC)*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2015, de [http://www.inec.gob.ec/sitio\\_tiempo/presentacion.pdf](http://www.inec.gob.ec/sitio_tiempo/presentacion.pdf)
- [3] KANTAR WORLDPANEL (25 de Noviembre de 2014). *Kantar Worldpanel*. Obtenido de <http://www.kantarworldpanel.com/la/Noticias/Ecuador-Infomacin-nutricional-en-empaques-cambia-hbitos>
- [4] KOTLER, P., y KELLER, K. *Dirección de Marketing* (Decimocuarta ed.). México, México: Pearson Educación, 2012.
- [5] LAMBIN, J.-J., GALLUCI, C., y SICURELLO, C. *Dirección de Marketing*. Gestión estratégica y operativa del mercado (Segunda ed.). México D.F., México: McGraw Hill Educación, 2009.
- [6] MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y PRODUCTIVIDAD. *Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 022 (IR)*. Quito.
- [7] MSP/INEC. *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición*. Quito: MSP/INEC, 2014.
- [8] OROZCO, M. (27 de Febrero de 2015). *Los colores amarillo y verde ganan espacio en la etiqueta de alimentos*. Obtenido de <http://www.elcomercio.com/actualidad/etiquetado-productos-colores-advetencia-nutricion.html>
- [9] SCHIFFMAN, L., LAZAR, L., & WISENBLIT, J. *Comportamiento del Consumidor* (Décima ed.). México: Pearson Educación, 2010.
- [10] SENPLADES. (23 de Junio de 2013). *Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo*. Obtenido de [www.buenvivir.gob.ec](http://www.buenvivir.gob.ec)
- [11] SOLOMON, M. *Comportamiento del consumidor* (Séptima ed.). México: Pearson Educación, 2008.



# Benefit Analysis in Education by Applying the Tools E-Learning Platform Moodle Free Software in a School in the City of Guayaquil

---

(Análisis de los beneficios en la educación mediante la aplicación de las herramientas E-Learning de la plataforma de software libre Moodle en un centro educativo de la ciudad de Guayaquil)

Andrea Carolina Gonzaga Acuña\*

**Abstract**— Benefits of selecting a free educational software platform are showed in this article, as well as, an analysis of virtual tool Moodle and its advantages of using it, generating greater interaction between teachers and students, enabling to create a cooperative learning for knowledge generation. The usage of this educational platform changes the traditional teaching method, due to current processes are presented manually, will be implemented automatically, e.g. previously a lesson used to be made, it had to be printed and distributed to the students, now all school implements (paper, time,

ink) will be optimized using virtual tool Moodle, enabling to create one or some virtual lessons and to share with students.

Specially, Moodle makes a big difference between E-Learning tools because it is open source, which means its licensing allows accessing its source code and this is definitely its main advantage.

**Keywords**— E-Learning, Virtual Tool, Moodle, Open Source, Educational Platform.

\* Andrea Carolina Gonzaga Acuña es Ingeniera en Sistemas y estudiante de la Maestría en Auditoría en Tecnología de la Información de la Universidad Espíritu Santo. Actualmente es Administradora de los Ambientes Virtuales de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador en la Sede Guayaquil (e-mail: agonzaga@ups.edu.ec).

## I. INTRODUCCIÓN

Los cambios tecnológicos en la educación surgen con un crecimiento y alcance global logrando innovación y aceptación en las estrategias de planificación del conocimiento; la tecnología permite simplificar, automatizar y optimizar procesos en el trabajo para que dicho conocimiento pueda influir en la forma de aprender, logrando cambios en la competencia de las personas en el ámbito personal y profesional, sin embargo, el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), permite un enfoque sobre su factibilidad en la educación, en especial para la formación a distancia, la misma que utiliza el internet para complementar la enseñanza-aprendizaje, lo que nos conlleva al término Learning Management Systems (LMS); utilizando las plataformas existentes en el medio [1].

Por consiguiente podemos percibir en muchas experiencias las ventajas del uso de las TIC en los cursos impartidos demostrando la aceptación de los participantes e instructores, con la utilización de las tecnologías; esto permite lograr una interacción eficiente en los estudiantes con un seguimiento efectivo de los docentes, mejorando la comunicación en doble vía.

Dado que, se requiere alcanzar una innovadora adaptación de metodologías de enseñanza-aprendizaje, con el propósito de cumplir las nece-

sidades y prioridades que actualmente exige la educación en nuestra sociedad [2] mediante la utilización eficiente de las TIC, se requieren métodos de enseñanza que logren la participación del estudiante y del docente en el proceso de formación, según [3] de esta manera se obtendrá métodos pedagógicos adecuados que cumplan con las actuales necesidades de los estudiantes.

Por esta razón surge como la respuesta a la interrogante sobre el uso de plataformas en los centros educativos, para lo cual la decisión de elegir una herramienta LMS no es tarea sencilla y más aún al seleccionar una plataforma de código abierto como Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment (Moodle), debido a que otorga la independencia sobre el vendedor ya que el software se distribuye como código abierto y con licencia de libre edición.

Por lo tanto, para que se logre llegar a una educación innovadora en los centros educativos de la ciudad de Guayaquil, con el presente análisis se indican los beneficios de Moodle, con el objetivo de que si existe un docente o centro educativo interesado en reforzar el aprendizaje de sus estudiantes puedan optar por esta herramienta llamada Moodle.

Se analizará en el presente artículo la plataforma LMS llamado Moodle, una aplicación web donde se podrá gestionar cursos y ayudará a los educadores a crear comunidades

de aprendizaje en línea [5]. En el que se abordaran los siguientes temas (i) E-Learning; (ii) herramientas E-Learning; (iii) características de las plataformas E-Learning; plataformas de enseñanzas virtuales; (iv) Moodle.

## II. ASPECTOS CONCEPTUALES

Es necesario utilizar la tecnología y sus avances en el ejercicio académico de todo docente, dentro de un centro educativo, donde se busca mejorar la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje con técnicas para el estudio y la evaluación; permitiendo al estudiante adquirir conocimientos por medio del uso de las tecnologías, desarrollando estrategias de estudio, de esta forma se ha llegado a una alternativa de gran impacto como lo es la implementación de una herramienta educativa sin precedentes [4].

### A. E-Learning

La terminología E-Learning se ha transformado en un instrumento con aplicaciones de software alojadas en un servidor para controlar, gestionar y asignar las actividades de formación, es decir permite realizar los procesos de enseñanza y aprendizaje en función de cumplir con las necesidades de los implicados. McCormack y Jones definen al término eLearning como educación con internet, siendo un ambiente diseñado en la web en el cual los docentes y estudiantes logran enviar,

evaluar, realizar tareas para la educación [6]. En consecuencia esto nos lleva al uso del internet, mediante esta herramienta se permite gestionar el conocimiento adquirido; permitiendo la formación a distancia es decir la separación física entre el docente y el estudiante [7].

La fundación para el desarrollo de la función social de las comunicaciones (FUNDESCO) nos define al E-Learning como un sistema de impartición de estudios a distancia, en el que intervienen distintos elementos pedagógicos entre los cuales Marcelo et al. destaca el aprendizaje clásico es decir de forma presencial y la práctica del autoestudio, permitiendo el contacto en tiempo real por medio de videoconferencias o chats y los contactos diferidos [8] (tutores, foros de debate, correo electrónico).

### B. Características básicas de los E-Learning

En la actualidad hay gran cantidad de plataformas LMS, cada una de ellas con características especiales que suelen ser creadas por el desarrollador para agregarle algo de identidad y autenticidad a la plataforma. J.Badillo, L.Gimson et al. Indican que la función de los LMS es posibilitar la gestión y creación de cursos mediante la usabilidad del internet permitiendo que no sea obligación tener amplios conocimientos de programación [9][10].

Entre las características más destacadas, Clarenc detalla siete, de

las cuales deben cumplirse en todas las plataformas E-Learning [11], se detallan a continuación:

- (i) **Interactividad:** el usuario incrementa conciencia de que es el protagonista de su formación. Brinda herramientas de interacción sincrónica y asincrónica, como chat, foros, wiki u otros similares. También lo define como: “la capacidad de receptor para controlar un mensaje no-lineal hasta el grado establecido por el emisor, dentro de los límites del medio de comunicación asíncrono” [12].
- (ii) **Flexibilidad:** Se refiere a que el sistema E-Learning sea adaptable, permitiendo que se acople a una empresa, planes de estudio; es decir en donde se desee implementar, permitiendo realizar diversas adaptaciones a los cambios sin demasiados esfuerzo [13].
- (iii) **Escalabilidad:** Es el aumento de la capacidad de trabajo de la plataforma eLearning, por lo que le permite crecer sin perder la calidad en sus prestaciones [14].
- (iv) **Estandarización:** Posibilita la capacidad de utilizar cursos realizados por terceros; de modo que un estándar se encarga de garantizar el desempeño y la adaptación de componentes que fueron independientemente propagados [15].
- (v) **Usabilidad:** Es la factibilidad con la que se logra acceder a la plataforma, de esta forma el usuario es el que determina

la usabilidad de la plataforma, siendo medida por la accesibilidad, administración, diseño y navegación [16].

- (vi) **Funcionalidad:** Según los requerimientos y necesidades de los usuarios se mide la eficiencia y efectividad, la facilidad de instalación que se da entre requerimientos tecnológicos y de infraestructura, más el uso de los recursos del servidor [17].
- (vii) **Ubicuidad:** Permite el uso de las tecnologías con el cual se obtiene la información en todo momento y lugar; logrando estar presentes en distintos sitios al mismo tiempo, consiguiendo tener la información disponible en cualquier lugar y hora [18].

### *C. Herramientas de E-Learning*

Macías define que una plataforma de enseñanza virtual debe estar constituida por tres elementos [19]. Se los detalla a continuación:

Debe contener Instruccional Management System (IMS), el cual es un software que realiza funciones de servidor el encargado de colocar contenido educativo por medio de una red, la referencia [5] nos indica, que permite la colaboración entre profesor y estudiante obteniendo de esta manera el registro de la información de los resultados académicos obtenido por los aprendices [20].

Plataforma LMS permite desarrollar seguimientos, evaluaciones y tutorías a los estudiantes; también

se lo considera como un sistema de gestión de aprendizaje en el que se pueden organizar y distribuir los materiales de un curso [21].

Entornos virtuales de Enseñanza-Aprendizaje (EVEA), también se lo conoce con el nombre de Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) o Ambientes Virtual de Aprendizaje (AVA), Debido a esto, M.P Prendes indica que todos estos términos se

identifican con el concepto de LMS [22].

Para evaluar todas las prestaciones y componentes de un E-Learning es complejo llegar a un solo modelo de plataforma, pero de acuerdo a las necesidades de la institución y a las características indicadas anteriormente, se puede llegar a un análisis adecuado de la plataforma [13] como se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1  
Herramientas E-Learning

Herramienta	Elementos
Herramientas de administración	Página personal, Gestión de usuario, Gestión de la plataforma
Herramienta de participación y comunicación	Intercambio de archivos, Blog, Grupos, Wikis, Chat, Mensajería interna (individual o grupal)
Herramientas de contenido	Diseño instruccional, Contenido compartido
Herramienta Gestión de actividades	Tareas, Ejercicios, Gestión de calendario, Agenda
Herramienta de evaluación	Métodos de evaluaciones, Libro de calificaciones
Herramienta de soporte	Registro, Autenticación, Ayuda
Herramientas complementarias	Bloc de notas, Sistema de búsquedas de contenido de curso y foros

Fuente: Elaborado por el autor

#### D. Plataforma de enseñanzas

Es un software que permite la interactividad entre docentes y estudiantes mediante el uso de la web, estos entornos también se los conoce como EVA o como LMS [23]. Los LMS se los puede clasificar en software libre (permite su usabilidad sin necesidad de costos) y software privado (se lo usa mediante la utilización de licencia) [19], ver la Tabla 2 para más detalle.

Tabla 2  
Principales plataformas de enseñanza virtual según su tipo de software

LMS Software Libre	LMS Software Privado
Moodle	ECollege
Sakai	EDoceo
Claroline	Desire2Learn
Docebo	Blackboard
Dokeos	Skillfactory
Ilias	Delfos LMS
LRN	Prometeo

Fuente: Macías (2010)

### E. Plataforma Moodle

Moodle, es un sistema incorporado, robusto y seguro que permite la creación de ambientes virtuales para el aprendizaje personalizado [24], fue creada en 1999 por Martin Dougiamas, quien se desarrolló como profesor en la Universidad de Australiana de Curtin en la cual se difunde el idealismo de que el conocimiento se construye por el estudiante por medio de la participación activa en el proceso de su entorno social.

Se lo examina como un sistema de gestión de cursos de libre distribución Content Management System (CMS) el cual ayuda a los docentes creando comunidades de aprendizaje en la web o a su vez permite usarlo de forma tradicional en la educación [25] y [26]; el docente debe crear un ambiente para el estudiante permitiéndole construir y adquirir conocimientos en base a sus destrezas, en vez de difundir información que se estima que el aprendiz debe dominar [27].

Por lo tanto Moodle fue diseñada por educadores para docentes en su labor de formación en cuanto a la factibilidad de la creación de contenidos, ejercicios por internet con el propósito de generar una calidad de enseñanza adaptable al desarrollo y nuevas tecnologías [28].

## III. CASO DE ÉXITO HERRAMIENTA MOODLE CONCEPTUALES

Moodle está diseñado para que a nivel tecnológico sea un sistema relativamente fácil de manejar por parte del usuario final, con una gran escalabilidad, capacidad de personalización de la interfaz y un funcionamiento eficaz tanto con pequeños y grandes grupos de estudiantes, permitiendo la transferencia de datos de los mismos a una base de datos estable.

### A. Uso de la plataforma Moodle

En junio del 2015 Moodle tiene una diversa comunidad de usuarios: Por lo que se encuentra cerca de 34 millones de usuarios registrados en la plataforma; están repartidos en 214 países, con 49 222 sitios registrados en todo el mundo y se encuentra traducido en más de 120 idiomas. A continuación la Tabla 3 se detalla el índice de usabilidad:

Tabla 3  
Tabla de estadística de la usabilidad de moodle

Sitios registrados:	49,222
Países:	214
Cursos:	6 092 946
Usuarios:	56 989 532
Inscripciones:	122 010 209
Aportes del foro:	112 261 701
Recursos:	56 493 848
Preguntas de los cuestionarios:	224 000 573

Fuente: ([www.http://moodle.org/stats/](http://moodle.org/stats/))

Consecuentemente se detalla en la Tabla 4 el top 10 de los países inscritos en la plataforma Moodle:

Tabla 4  
Listado del top 10 de los países con mayor instalación

País	Inscripciones
Estados Unidos	8 263
España	3 978
Reino Unido	2 957
Brasil	2 757
Alemania	2 101
Portugal	1 834
México	1 456
Australia	1 186
Italia	1 053
Canadá	996

Fuente: ([www.http://moodle.org/stats/](http://moodle.org/stats/)).

### B. Beneficios Técnicos

Moodle está constituido por una tecnología compatible con otros programas, permitiendo que sea fácil de instalar, requiere de que exista una base de datos, el código está escrito en PHP bajo la licencia General Public License (GPL) siendo modificable para adaptarse a las necesidades del usuario, es decir se puede usar, copiar, modificar. Permite ser ejecutable sin modificaciones en los sistemas operativos: Unix, Linux, Windows, Mac OS X, entre otros sistemas operativos.

Cuenta con un sistema interno de actualización y reparación cada cierto tiempo de la base de datos; Se hace énfasis en la seguridad solidad que

nos brinda la plataforma, las cookies y formularios son revisados [29].

A continuación se detallan más beneficios técnicos que nos brinda la plataforma Moodle:

- (i) Es gratuito tiene licencia GPL;
- (ii) Permite tener un curso virtual con 40 000 estudiantes adjuntados;
- (iii) Se ejecuta sin modificaciones;
- (iv) Brinda flexibilidad para agregar o quitar funciones;
- (v) Se actualiza fácilmente de una versión anterior a la siguiente;
- (vi) Utiliza una base de datos (permite que sea compartida con otras aplicaciones);
- (vii) Contiene una completa abstracción de bases de datos.
- (viii) Genera seguridad solidad en toda la plataforma.

### C. Beneficios Pedagógicos

La plataforma a nivel pedagógico ofrece avances para el mundo educativo, demostrando autonomía en su utilización y que mediante el uso de una aplicación web se acceda a todo tipo de recursos didácticos con mayor frecuencia como lo son el chat, foros, mensajería, creación de actividades cooperativas, además pueden realizar un seguimiento de tareas o trabajos cumplidos por parte del estudiante en el aula virtual [30].

### D. Herramientas para el aprendizaje en Moodle

La plataforma Moodle nos brinda tres tipos de elementos con los que

se construye un sistema de ayuda en el aprendizaje.

**Elementos de comunicación:**

Dicho elemento posibilita la comunicación entre docente-estudiante o viceversa, de esta forma pueden plantear o consultar dudas de la materia, dado que permite desarrollar una efectiva comunidad de aprendizaje. Los elementos disponibles en Moodle se enlistan a continuación: (i) Correo Electrónico; (ii) Foros; (iii) Chats; (iv) Diálogos; (v) Reuniones.

**Elementos del procesamiento de la información:** Permite al docente transferir la información sobre el contenido del curso que se esté desarrollando, esto incluye todo tipo de textos, libros, apuntes, enlaces de páginas web. De esta forma brindan posibilidades al estudiante para que lean y estudien sobre el material analizado en clases. A continuación se detallan las actividades que se utilizan para el procesamiento de la información:

- Enlazar un archivo: se puede enlazar un recurso, sea de una página web o archivo, proporciona material como diapositivas, artículos, ejercicios, redirección de páginas web (videos, noticias);
- Etiquetas: Son textos, gráficos o elementos multimedia que se colocan en la página principal del curso los cuales permiten una estructura jerarquizada de la información presentada a los alumnos;

- Mostrar un directorio: Exhibe a los estudiantes una recopilación de noticias relacionadas en cada tema de la asignatura, además implica la incorporación de nueva documentación para los aprendices.

**Elementos de actividades:**

Estos elementos permiten que el estudiante realice trabajos en conjunto con los docentes por lo que las actividades son generalmente evaluables. Se presenta el detalle de cada actividad a continuación:

#### IV. CUESTIONARIO

Permite al docente crear cuestionarios con preguntas de opción múltiple, verdadero o falso, de respuesta corta y numérica, también puede controlar el número de veces en que se resuelve el cuestionario y tiempo límite (Ver Fig.1).

Los cuestionarios se califican automáticamente según criterio del docente siempre que se hayan almacenados. Los cuestionarios pueden utilizarse como para (i) Mini pruebas para tareas de lectura o al finalizar un tema, (ii) ofrece resultados inmediatos sobre el rendimiento del estudiante, (iii) pruebas finales, práctica de pruebas a base de pruebas anteriores.

Figura 1  
Ejemplo de cuestionario creado en Moodle de un centro educativo de la ciudad de Guayaquil, donde se observa una pregunta en verdadero o falso

## V. TAREA

El objetivo de esta actividad es evaluar al estudiante, el docente puede crear una tarea que posteriormente será revisada y calificada. A los estudiantes se les hace llegar textos, hojas de cálculo, material multimedia, etc. En adición las tareas pueden requerir que se complete un campo de texto o emular un reto del futuro profesional de los estudiantes. Otra ventaja de esta actividad es la realimentación, los docentes pueden enviar sus comentarios, hacer anotaciones o enviar audios o videos al estudiante para señalar los puntos a corregir. En la Fig. 2, se puede observar que la tarea puede ser evaluada con diferentes escalas como la numérica, alguna escala personalizada propia del docente o algo más avanzado como una rúbrica

## Entrega de material

Suba los dispositivos, archivos e información que requiere en el momento de la exposición.

### Grading summary

Participants	34
Submitted	9
Needs grading	9

[Viewgrade all submissions](#)

### Submission status

Submission status	No attempt
Grading status	Not graded

Figura 2

Ejemplo de tarea en Moodle asignada a los estudiantes de un centro educativo de la ciudad de Guayaquil. Se puede observar que aún no ha sido entregada ni calificada

## VI. CONSULTA

En esta actividad el docente plantea una pregunta a los estudiantes y especifica las posibles respuestas a la misma. Ver Fig. 3.

Una vez respondida el profesor decide publicar la respuesta correcta o no hacerlo. Al mismo tiempo puede decidir si muestra las respuestas de los estudiantes o no. La consulta se utiliza por lo general (i) para corroborar que la clase sea entendida por los alumnos; (ii) para estimular a los estudiantes a pensar mediante el planteamiento de una interrogante; (iii) para tomar decisiones grupales haciendo que los estudiantes ejerzan el derecho al voto.



Figura 3. Ejemplo de consulta rápida en Moodle realizada a los estudiantes de un centro educativo de Guayaquil para verificar nivel de conocimientos previos al inicio de un curso Ambiente virtual de Aprendizaje AVAC.

### E. Experiencia con la plataforma Moodle

Un centro educativo de la ciudad de Guayaquil hace uso de la plataforma Moodle su interés en la implementación de esta plataforma surgió a raíz de digitalizar su plan de estudios, de esta forma permitieron que sus estudiantes de modalidad presencial (estudiantes que asisten físicamente), semipresencial (cursos de formación) o distancia (clases virtuales) puedan contar y acceder con un espacio a los contenidos estudiados en clases, obteniendo un entorno colaborativo con bibliografía actualizada. El centro educativo después de un largo análisis comprobaron que Moodle era la opción más conveniente siendo esta la que más se acoplaba a los requerimientos.

A continuación se describe en la Tabla 5 las ventajas que se encontró en la plataforma Moodle:

Tabla 5  
Ventajas que ofrece la plataforma moodle en un centro educativo de la ciudad de Guayaquil

Ventaja	Descripción
Software libre	Permite la modificación del sistema, su diseño modular y sencillo facilita la comprensión y modificación del código.
Permite conocer los resultados del estudiante mediante actividades.	Median el uso de foros, lecciones, chat, entre otros le permite al docente obtener resultados los cuales le permite explorar nuevas estrategias de enseñanzas.
Estimula	Promueve a la realización de actividades no presenciales y al trabajo independiente.
Comunicación	Se logra la interacción entre usuarios, logrando facilitar la comunicación.
Disminuye las restricciones temporales y espaciales	Fomenta la independencia de horarios. Permite que puedan acceder desde cualquier lugar y hora.

Fuente: Elaborada por el autor.

### F. Formación del docente con la plataforma Moodle

La implementación del modelo E-Learning en el centro educativo, no conlleva solo la instalación de la plataforma Moodle en un servidor. La inclusión de la tecnología debe ir acompañada de un plan de inducción inicial y continua del docente, que incorpore todos los aspectos

relacionados a la utilización de la plataforma tecnológica y a innovadores métodos de aprendizaje con la implementación de tecnología.

En este caso los administradores de la plataforma Moodle del centro educativo se preocupan por la continua capacitación de los docentes en especial por aquellos docentes que por primera vez tienen que manipular una plataforma virtual; por consiguiente con la instrucción que se les brinda a los docentes se logra una innovación y renovación tanto en lo social, técnico y científico, conforme se va requiriendo en el rol del docente. Además permite desarrollar la práctica del manejo de la plataforma Moodle, el contenido de la capacitación les inculca nuevas tecnologías aplicadas a la educación.

De modo que el docente contextualiza al curso la utilización de diferentes herramientas tecnológicas para la atención de necesidades específicas de aprendizaje, que posteriormente haya reconocido en su desempeño como docente.

## VII. CONCLUSIÓN

En la selección de la plataforma Moodle el costo fue un punto decisivo por lo que es un software libre y abre la opción de acceder a recursos didácticos los cuales constantemente son actualizados. Además es una metodología educativa didáctica dirigida como herramienta al profesor para sus estudiantes, lo que posibilita descubrir los princi-

pios por sí mismo, permitiéndoles construir conocimiento elaborando la resolución de problemas reales. De esta forma se permite que este modelo educativo de aprendizaje se enfoque en el estudiante haciéndolo participar activamente en la generación de conocimiento con el uso de la plataforma Moodle, haciendo que los docentes se conviertan en guías, estimulando el trabajo autónomo mas la implementación de las herramientas tecnológicas, desarrollando un trabajo individual y colectivo.

De esta forma se configuran modelos de aprendizaje más centrados para el estudiante logrando que sean interactivos y que respondan a los nuevos planteamientos de una enseñanza flexible, proporcionando al alumno una variedad de medios y una participación activa. También permite desarrollar un entorno de aprendizaje que promueva la comunicación entre los docentes y alumnos, acoplando la educación con la experiencia, fortaleciendo el trabajo en equipo. Además se obtiene información y conocimiento que brindan las TIC.

Es un modelo que se ha establecido para ejecutarse como un formato estándar en cursos complementarios y de perfeccionamiento dentro de alguna modalidad de estudio y otras instituciones. Por consiguiente como se muestra en el análisis esta herramienta E-Learning puede ser aplicada en otros centros educativos, esto se debe al soporte continuo

y al desarrollo de nuevas versiones, que permite la compatibilidad, actualización de nuevas versiones, logrando que sea adaptable para cualquier ambiente educativo.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ADAM, M.R., VALLÉS, R.S., RODRÍGUEZ, G.I.M. “E-Learning: características y evaluación”. Ensayos *Econ.*, vol. 23, no. 43, pp. 143–159, 2014.
- [2] BARBERÁ, E. y BADÍA, A. “Educar con aulas virtuales”. *Orientaciones para la innovación en el proceso enseñanza*, (2004).
- [3] BETEGÓN SÁNCHEZ, L.B., FOSSAS OLALLA, M., MARTÍNEZ RODRÍGUEZ, E. y RAMOS-GON ZÁLEZ, MARÍA DEL MAR. “Entornos virtuales como apoyo a la docencia universitaria presencial: utilidad de Moodle”. *Anu. jurídico y económico Ecur.*, no. 43, pp. 273–302, (2010).
- [4] SEVERIN, E. “Tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en educación: marco conceptual e indicadores”, 2010.
- [5] GÓMEZ, F. “Plataformas virtuales y diseño de cursos”. Pontif. Univ. Católica Valparaíso. Recuper. [http://www.uvalpovirtual.cl/archivos/simposio2004/Francisca% 20Gomez](http://www.uvalpovirtual.cl/archivos/simposio2004/Francisca%20Gomez), vol. 20, 2004.
- [6] MCCORMACK, C. y JONES, D. “Building a Web-based education system”. *Tech. Commun.*, vol. 45, pp. 412–413, (1998).
- [7] RUIPÉREZ, G. “Educación virtual y eLearning”, 2003.
- [8] MARCELO, C., PUENTE, D., BALLESTEROS, M.A. y PALAZÓN, A. “E-Learning Teleformación”. *Diseño, Desarrollo y evaluación de la plataforma. Internet. Barcelona Gestión*, vol. 2002, (2000).
- [9] BADILLO, J. “Cómo está definida una plataforma E-Learning”. Documento Disponible en <http://www.Maest.com/editorial/como-estadefinida-una-plataforma-E-Learning>, 2007.
- [10] GIL, G.D., GIMSON, L., RAMÍREZ, J., ARIAS, D., SÁNCHEZ, E., FERNÁNDEZ, E., VERA, A. y ROMERO, D. “Plataformas E-Learning y su evaluación”. *III Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 2008.
- [11] CLARENC, C.A. “Tipos de LMS, características y requisitos”. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/100084618/Tiposde-LMS-caracteristicasyrequisitos-Procedimientos-para-seleccionar-un-LMS>, 2013.
- [12] BEDOYA, A. “¿Qué es interactividad?”. *Rev. Electrónica sinpapel.com*, 1997.
- [13] BONEU, J.M. “Plataformas abiertas de E-Learning para el soporte de contenidos educativos abiertos”. *Learn. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 36–47, (2007).
- [14] VILLACRÉS VALVERDE, E.J., PEÑAFIEL, S. y EUCLIDES, G. “Análisis de la productividad para agregar componentes en las herramientas LMS aplicado al desarrollo de un módulo orientado a la nueva gestión de calificaciones de la ESPOCH”, 2013.
- [15] CLARENC, C.A., CASTRO, S., LÓPEZ, C., MORENO, M. y TOSCO, N. “Analizamos 19 Plataformas E-Learning”. Lulul, 2013.
- [16] CHACÓN-RIVAS, M. y CASTRO, C.C. “Hacia un modelo de calidad para evaluación de plataformas abiertas LMS”. *EDUTECH*, 2010.

- [17] CHACÓN RIVAS, M., SOLANO FERNÁNDEZ, I. M. "Modelo de calidad para la evaluación de una plataforma LMS". En: Congreso Internacional EDUTEC 2009: sociedad del conocimiento y el medio ambiente: sinergia científica y las TIC generando desarrollo sostenible, 2009.
- [18] PAREDES VELASCO, M. "AULA: un Sistema Ubicuo de Enseñanza-Aprendizaje Colaborativo". *Inform. Educ. Comun.*, vol. 2, no. 4, 2006.
- [19] MACÍAS, D. "Plataformas de enseñanza virtual libres y sus características de extensión: desarrollo de un bloque para la gestión de tutorías en Moodle". Univ. Alcalá. Disponible desde Internet en <http://www2.uah.es/libreTIC/files/Tutorias.pdf>, 2010.
- [20] GRIFFITHS, D., BLAT, J., GARCÍA, R. y SAYAGO, S. "La aportación de IMS Learning Design a la creación de recursos pedagógicos reutilizables". *Rev. Educ. a Distancia*, vol. 4, no. 5, 2005.
- [21] FARLEY ORTIZ, L. "Campus Virtual: la educación más allá del LMS". *RUSC. Univ. Knowl. Soc. J.*, vol. 4, no. 1, 2007.
- [22] Prendes, M.P. "Plataformas de campus virtual de software libre: Análisis comparativo de la situación actual en las universidades españolas. Informe del Proyecto EA-2008-0257 de la Secretaría de estado de Universidades e Investigación". Murcia, España Univ. Murcia, Grup. Investig. Tecnol. Educ. Recuper. <http://www.um.es/campusvirtuales/informe.html>, (2009).
- [23] BELLOCH, C. "Entornos virtuales de aprendizaje". *Unidad Tecnológica. Educación*, 2010.
- [24] DOUGIAMAS, M., HUNT, T. y FOSTER, H. "Moodle Philosophy", 2009.
- [25] MARÍN-DÍAZ, V. y MALDONADO BEREÁ, G. "El alumnado universitario cordobés y la plataforma virtual Moodle", 2010.
- [26] GONZÁLEZ PAREJA, A., CALDERÓN MONTERO, S., HIDALGO SÁNCHEZ, R. y ROMERO M.C. "Utilización de la plataforma Moodle en la enseñanza". *XII Jornadas ASEPUMA*, vol. 10, 2004.
- [27] BECERRO, S.D. "Plataformas educativas, un entorno para profesores y alumnos". *Temas para la Educación.*, vol. 2, 2009.
- [28] VALENZUELA-ZAMBRANO B. y PÉREZ-VILLALOBOS, M.V. "Aprendizaje autorregulado a través de la plataforma virtual Moodle". *Educación*, vol. 16, no. 1, pp. 66-79, 2013.
- [29] COSANO RIVAS, F. "La plataforma de aprendizaje moodle como instrumento para el trabajo social en el contexto del espacio europeo de la educación superior". *Acciones e Investig. Soc.*, no. 1 Ext, p. 367, 2011.
- [30] REYES DOMÍNGUEZ LÁZARO, M. "Moodle, una plataforma formativa con gran proyección en los nuevos modelos de enseñanza". *DIM Didáctica, Innovación y Multimedia*, no. 19, pp. 1-14, 2010.
- [31] Moodle (2009), "Moodle.org: open-source community-based tools for learning", Disponible en <http://moodle.org/>, (2015).



# Marketing with QR Codes in Publicly Held Companies: Between Expectation and Reality, for Proper Implementation Proposal

---

(Marketing con códigos QR en las sociedades comerciales: entre la expectativa y la realidad, propuesta para una adecuada implementación)

Jorge Manuel Cueva Estrada\* y Nicolás Armando Sumba Nacipucha\*\*

**Abstract**— In the current globalized and competitive environment, companies must establish mechanisms to position to the consumer so it becomes urgently needed marketing and advertising strategies so that companies can maintain two-way communication with consumers. The use of the QR code as a marketing tool, and with the advent of mobile devices decoders programs allowed to apply different concepts such as digital marketing, green marketing and guerrilla marketing in a single creative strategy of advertising using current technology with low cost of development and implementation and friendly to the environment. The development

of the research of this article aims to describe the expectations of consumers regarding the use of QR codes, as well as describing the current reality that has this excellent marketing tool because of the application of good and bad strategies, for this cases apply to international and national levels were studied; the local environment was studied by observing the market and seeking input from consumers and experts to describe the current state of this technology in the market.

**Keywords**— Green Marketing, Digital Marketing, Guerrilla Marketing, QR Codes.

\* Jorge Cueva es Máster en Administración de Empresas, Diplomado superior en Marketing de Gerencia, Licenciado en Sistemas de Información, profesor de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, jcueva@ups.edu.ec.

\*\* Nicolás Sumba es Máster en Administración de Empresas, Ingeniero en Electrónica con mención en sistemas Computacionales, profesor de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, nsumba@ups.edu.ec

## I. INTRODUCCIÓN

En la competitividad del mercado actual y ante el incremento del uso de tecnologías y acceso a internet, las organizaciones están en la necesidad de adaptarse al mercado y establecer estrategias que hagan visible sus productos o servicios ante la gran cantidad de publicidad en medios tradicionales y no tradicionales generadas por grandes empresas. Para esto las organizaciones deberán utilizar herramientas y estrategias innovadoras que permitan establecer un marketing efectivo y de bajo coste.

Según Kotler y Armstrong (2007):

Hacer negocios en la nueva era digital exigirá un nuevo modelo de estrategia y práctica de marketing. Internet está evolucionando la forma en que las compañías generan valor para los clientes y forjan relaciones con ellos. (...) Así el marketing de hoy requiere un nuevo pensamiento y de nuevas acciones. Las compañías necesitan conservar la mayor parte de las habilidades y prácticas que funcionaron en el pasado. Sin embargo, también necesitarán añadir nuevas habilidades y prácticas importantes si esperan crecer y prosperar en el nuevo entorno (p. 558).

Es importante la implementación por parte de las organizaciones de nuevas herramientas para todo lo relacionado al marketing que involucren el uso de la tecnología y la interacción con sus clientes, actualmente los potenciales clientes de las organizaciones pasan muchas

horas conectados a un Smartphone o Tablet dejando en un segundo plano el uso de un medio tradicional como la televisión. Estos dispositivos móviles se han integrado tanto a la vida de los ciudadanos que algunos los consideran oficinas móviles.

El cambio climático presente a nivel mundial ha despertado la conciencia ecológica en los consumidores, lo cual ha tenido consecuencias directas tanto en el desarrollo de productos y en la forma de sus promociones y ventas por parte de las sociedades comerciales a nivel mundial con el objetivo de retener y captar a los usuarios involucrados cada vez con esta problemática (Campello et al., 2011, p. 14).

El uso desmesurado de publicidad impresa que se presenta en la actualidad y la aparición de la conciencia ecológica a nivel mundial, conlleva a las empresas al desarrollo de políticas y estrategias que permitan establecer relaciones de negocios amigables con el medio ambiente, y es aquí donde aparece el concepto de marketing ecológico que según Calomarde (2000):

Es un modo de concebir y ejecutar la relación de intercambio, con la finalidad de que sea satisfactorio para las partes en que ellas intervienen, la sociedad y el entorno natural, mediante el desarrollo, valoración, distribución y promoción por una parte de los bienes, servicios o ideas que la otra parte necesita, de forma que, ayudando a la conservación y mejora del medio ambiente, contribuyan al desarrollo sostenible de la economía y la sociedad (p. 22).

Levinson (2009) indica que el marketing de guerrilla “explica cómo los empresarios pueden usar marketing para generar máximos beneficios a partir de inversiones mínimas”, este tipo de definiciones relacionadas al marketing exige de los entendidos en el área del mercadeo y la publicidad desarrollar estrategias que maximicen el presupuesto limitado que disponen la mayoría de las organizaciones comerciales, ya que no es un misterio que algunos directivos de la administración empresarial mantienen el paradigma de considerar al marketing y la publicidad como un gasto y no una inversión.

Ante este escenario emergieron los códigos QR como una herramienta tecnológica que le permite a las empresas amalgamar la tecnología, el marketing ecológico y el marketing de guerrilla para de esta forma crear estrategias de publicidad, ventas o masificación de información que permita establecer vínculos directos de interrelación con el cliente y a su vez amigables con el entorno.

Un código QR es un sistema de almacenamiento de información, a la cual se accede a través de su decodificación por medio de un dispositivo tecnológico que capture imágenes y disponga del software adecuado. Una vez que se comenzó a popularizar esta herramienta de origen japonés creada por la compañía Denso Wave, se empezó a crear a nivel mundial un entorno

favorable para la máxima explotación de estos códigos en diferentes aspectos empresariales propiciado por los diferentes usos posibles para esta herramienta y el desarrollo de múltiples aplicaciones para decodificar los códigos QR por medio de dispositivos móviles como tabletas y Smartphone, los cuales son los dispositivos tecnológicos más utilizados en la actualidad.

Burgos y Cortés (2009) hacen una reflexión respecto a la gratuidad en los códigos QR “la aplicación para leer los códigos QR es gratuita. Sin embargo, para acceder a los contenidos es necesario el uso de internet móvil”, el cual es provisto por las operadoras de telefonía celular en cada país o región cuando el dispositivo móvil no esté conectado a una red local inalámbrica. El punto de vista de Estrade et al. (2013) señala que los códigos QR no deben ser colocados en lugares inaccesibles o sin conexión a internet tales como el metro o el autobús, sin embargo, al día de hoy se cuenta con servicio de datos e internet provisto por las operadoras telefónicas celulares con costos cada vez más accesibles a los consumidores, lo cual permite en la actualidad utilizar códigos QR en casi cualquier rincón de las poblaciones o ciudades.

## II. ANÁLISIS DEL ENTORNO

La creación de este entorno favorable para la aplicación de los códigos

gos QR ha permitido que se desarrollen a nivel mundial estrategias de éxito enfocadas en la publicidad, ventas y masificación de información. A continuación, se presentan estas aplicaciones:

#### *A. Aplicación a nivel internacional*

Homeplus, subsidiaria de Tesco (Revilla, 2014), es una cadena minorista de abarrotes en Corea del Sur, en el 2011 emprendió una estrategia innovadora que involucró a los códigos QR para extender su cuota de mercado en ese país, considerando que la sociedad surcoreana dedica gran cantidad de su tiempo al trabajo y tiene poca disposición a realizar compras en supermercados por las largas colas que se instalan en las cajas registradoras y la escasez de tiempo para realizar esta actividad.

Homeplus en su estrategia para ampliar su mercado y aumentar sus índices de ventas decidió acercar sus tiendas a los consumidores, instalando góndolas virtuales en la estación de metro Seolleung, estas góndolas virtuales no eran más que carteles diseñados con las imágenes de aproximadamente 500 de sus productos, brindando al consumidor la apariencia de estar frente a las perchas de la tienda, en la parte inferior de cada producto tenía asociado un código QR, el cual al ser escaneado mediante el Smartphone y la aplicación de la tienda Homeplus permitía realizar la compra de dicho producto, el mismo que sería enviado

directamente al domicilio registrado del consumidor.

Como resultado de estrategia, el número de visitas a la página web a través de Smartphone se incrementó en 10 287, el número de nuevos miembros registrados aumentó 76% y las ventas en línea se incrementaron 130%. Lo que hizo que Homeplus fuese el líder del mercado de ventas online y lo acercó mucho a ser el líder generando tanto de ventas online como offline.



Figura 1

Tienda virtual de Tesco en estación de metro Seolleung, Corea del Sur. Fuente: Tesco

#### *B. Aplicación a nivel nacional*

El Ecuador es un país lleno de riquezas por sus paisajes, flora, fauna y gastronomía, lo cual lo convierte en un importante destino turístico a nivel mundial, sin embargo, pocas personas en el globo terrestre están al tanto de esto. Con esta problemática, el Estado ecuatoriano con el fin de promover el turismo internacional en nuestro país y considerando que el Ecuador exporta 24 millones de toneladas de banana anualmente, emprendió a través del Ministerio

de Turismo la campaña “Embajador Banana”, la cual consiste en convertir cada banana que se exporta en un representante del Ecuador, el cual genere publicidad e inste a visitar el país. Esto se logra colocando un sticker con un código QR en cada banana de exportación, para que de esta forma cuando alguien compre una banana en el exterior pueda escanear el código QR y este le presenta en su Smartphone o Tablet un video promocional del Ecuador y lo direcciona la página web del Ministerio de Turismo para mayor información, lo cual ha permitido incrementar el número de turistas en el país y establecer un canal de comunicación a nivel internacional para mostrar al Ecuador como uno de los mejores destinos turísticos (T21, 2013, s.p.).



Figura 2  
Imágenes del video promocional de la campaña “Embajador Banana”. Fuente: Maruri Grey

### C. Análisis de caso local

En mayo del 2011 (Líderes, 2012, s.p.), Carlos Marqués y sus socios identificaron que los negocios locales carecían de un conocimiento

sobre el uso de los códigos QR como herramienta de mercadeo, por lo que decidieron lanzar QR Magazine, revista de distribución gratuita y que contó con tres ediciones y 25 000 ejemplares. Cada edición de QR Magazine se centraba en una entrevista a una persona famosa, la cual el usuario podía leer, y luego podía acceder mediante un código QR a visualizar el tras cámaras o contenido que no se publicó en el medio impreso. Adicionalmente la revista propuso una nueva forma de hacer publicidad a las empresas a través de la decodificación de los códigos QR, la revista presentaba estrategias que generaban curiosidad e interés en el lector, al final del proceso de escaneo el cliente en la mayoría de los casos obtenía un valor agregado como un descuento o una promoción especial por parte de la marca publicitada, previo a la entrega de información por parte del cliente tales como encuestas de satisfacción, registro de datos personales de interés para la empresa como correo electrónico, número de teléfono celular y redes sociales, información que puede ser utilizada posteriormente para continuar procesos de mercadeo por parte de las empresas.

Una vez revisados estos casos de aplicación de los códigos QR, se puede apreciar que la generación de: curiosidad, motivación e interés en el usuario, fueron el factor común utilizado para el desarrollo de estas estrategias, lo cual coincide con lo expues-

to en el estudio realizado por Cueva y Cevallos (2012) quienes recomiendan agregar el uso de los códigos QR en los planes de marketing apoyándose en estrategias que despierten el interés en el consumidor final.

En la investigación desarrollada por Gómez (2011), menciona varias formas de aplicación de los códigos QR: generación de cupones de descuento, acceso a información adicional acerca de un producto, interacción con el consumidor mediante concursos, aplicaciones de entretenimiento relacionados con las marcas de los productos, complemento de otras opciones de publicidad, punto de venta abierto las 24 horas del día al paso del consumidor y visitas virtuales a bienes inmobiliarios. En el mercado local, entre las publicidades tradicionales y no tradicionales poco a poco fueron apareciendo casos de aplicación de códigos QR por parte de las empresas en sus estrategias publicitarias, el personal de marketing de las organizaciones adquirió el conocimiento para el desarrollo e implementación de los códigos QR, debido a que es una herramienta de fácil implementación, pero al momento de desarrollar las estrategias de marketing descuidaron la explotación de los factores de éxito de los casos antes mencionados.

#### *D. Situación actual del mercado guayaquileño*

Después de revisar casos de aplicación de códigos QR en diferentes

situaciones y ubicaciones geográficas, es necesario analizar la situación actual de implementación de esta tecnología en el mercado local. Para obtener una visión general del entorno, se desarrolló el proceso de observación en supermercados de la ciudad de Guayaquil con el objetivo de identificar: productos que tengan asociados a sus empaques un código QR y el uso que se le da a esta tecnología.

Lamentablemente se pudo identificar una mínima cantidad de productos que usan los códigos y en general la estrategia de implementación estuvo mal desarrollada. Durante el proceso de observación fue complicado encontrar los productos que contenían un código QR, debido a que este estaba escondido entre toda la información de la envoltura del producto o sus dimensiones eran muy pequeñas para lograr una fácil observación por parte del cliente.

Otros factores comunes fueron simplemente la ubicación del código QR en el empaque sin ninguna información impresa a su alrededor que incentive el proceso de escaneo por parte del cliente, ¿Cómo el cliente sabe que tiene que escanear el código?! Si las empresas no comunican adecuadamente las promociones a sus clientes ¿Qué esperan obtener?!, adicional a esto los códigos QR fueron utilizados como simples links a direcciones web, que incluso no son sitios web adaptados para dispositivos móviles en el cual se explote la

interacción con el usuario mediante contenido multimedia que estimule al consumidor. ¿Dónde está la interacción con el cliente?! ¿Una página web es la información que el cliente desea recibir?!

Después de la observación, se puede concluir que los líderes del marketing de ciertas empresas locales no acertaron en el diseño adecuado de estrategias para la implementación de los códigos QR en la publicidad de sus productos, esta implementación que no despertó y motivó la curiosidad de los consumidores generó el desinterés por parte de las organizaciones y los clientes hacia el uso de los códigos QR.

### III. METODOLOGÍA

Con la conclusión del proceso de observación se procedió al desarrollo de una investigación de carácter descriptiva tanto cualitativa como cuantitativa con la aplicación combinada de las siguientes herramientas: encuesta, entrevista y observación, con el objetivo de determinar los factores que impidieron el éxito de los códigos QR como herramienta de publicidad, ventas y masificación de información.

Para alcanzar el objetivo propuesto se realizó el estudio de manera independiente del nivel de conocimiento del código QR por parte de los clientes y las aplicaciones de esta herramienta tecnológica por parte de las organizaciones mediante sus líderes del área de marketing.

La población de interés para la encuesta fueron los guayaquileños, hombres y mujeres potenciales clientes de las empresas entre 15 y 64 años de edad, que en valores porcentuales representan el 65.4% del total de habitantes de la ciudad de Guayaquil y en números de habitantes son 1 537 498 (INEC, 2014), se seleccionó este rango de edad ya que incluye a la mayoría de grupos objetivos de las organizaciones. Para seleccionar una muestra representativa se aplicó la fórmula de tamaño muestral para poblaciones infinitas (Triola, 2009) dando un número total de 384 habitantes a encuestar.

La encuesta fue desarrollada durante dos días en un sector muy comercial y concurrido de la ciudad de Guayaquil. Esto garantizó la selección aleatoria probabilística de los individuos objetos del estudio.

### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la aplicación de la encuesta como herramienta de investigación se obtuvo los siguientes resultados:

El 60% de los encuestados afirmó poseer un teléfono inteligente o dispositivo móvil con conexión a internet, este resultado es importante debido a que es el medio por el cual el cliente podrá obtener la información generada por el código. El estadístico obtenido demuestra que existe el mercado potencial para la aplicación de los códigos QR en la ciudad de Guayaquil por parte de las empresas.



Figura 3  
Potenciales clientes de las organizaciones con Smartphone

Fuente: Elaboración propia en base a cuestionarios

El 73% de los encuestados después de mostrarles una imagen del código QR, afirmaron haberlo visto anteriormente. Esta información es importante ya que se demuestra que el código QR, ha estado presente en el mercado local. De los encuestados que afirmaron haber visto el código, al preguntarles si lo había escaneado, se obtuvo como resultado que apenas el 39% realizó la decodificación. Esto demuestra la falta de motivación que tuvo el cliente para realizar la decodificación al momento de visualizar el código QR. En esta conclusión se ve expresado lo expuesto por Kotler y Keller (2006) que indican: “Los cuatro procesos psicológicos principales que influyen en las respuesta de los consumidores a los estímulos de marketing y del entorno son: motivación percepción, aprendizaje y memoria” (p.184), entonces es importante indicar que para que el cliente realice un esfuerzo (escanear el código) por mínimo que este sea, debe estar motivado o tener la percepción que al final de haber desa-

rollado el esfuerzo podrá recibir algún beneficio.

La razón principal por la cual los encuestados no realizaron el proceso de escaneo, aun habiendo visualizado el código, fue la falta de interés. Esto se traduce a la ausencia de una estrategia adecuada por parte de las sociedades comerciales para generar interés y motivación al cliente mediante la aplicación de los códigos QR, factores importantes según lo expuesto en el párrafo anterior. En contraste el motivo más relevante seleccionado por los encuestados que escanearon el código QR fue el de obtener información del producto o servicio adjunto al código, motivado por la curiosidad, factor que es un estímulo para desarrollar el proceso de escaneo, lo cual también se afirma en la investigación realizada por Murillo (2015) quien sostiene que una publicidad efectiva debe ser útil al consumidor y debe añadir valor. Al combinar estas características se logra una publicidad que el propio usuario quiere buscar.

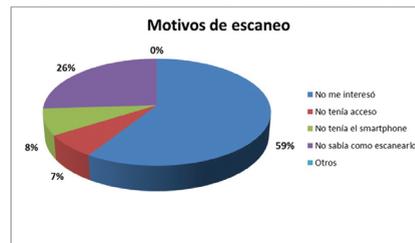


Figura 4  
Motivos de no escaneo por parte de los clientes

Fuente: Elaboración propia en base a cuestionarios

Como parte de la investigación cualitativa se desarrolló un sondeo aplicando entrevistas a líderes en el área del marketing, publicidad y ventas de las empresas de la ciudad de Guayaquil, un factor común entre los entrevistados es el conocimiento de los códigos QR como herramienta de publicidad, ventas y masificación de información, sin embargo, al preguntar si habían aplicado esta herramienta en sus empresas no todos tuvieron una respuesta afirmativa. Entre las personas que afirmaron haber aplicado esta herramienta se pudo determinar las siguientes conclusiones:

Una de las estrategias más utilizadas para la aplicación del código QR es el uso como un link o enlace a una página web, durante las conversaciones sostenidas con los expertos se pudo determinar que los enlaces a donde direccionaba los códigos QR a los usuarios fueron a la Fan Page de la organización en Facebook e incluso páginas institucionales no desarrolladas para dispositivos móviles, solo pocos entrevistados afirmaron haber desarrollado sitios web destinados exclusivamente a dispositivos móviles.

Otro error en la estrategia utilizada por los líderes que si implementaron códigos QR en sus organizaciones fue desarrollar un solo código QR en común para todos los productos o servicios de una empresa, lo cual definitivamente es una deficiencia en la decisión tomada. Ante esto surgen dos interrogantes

¿Es aconsejable agotar al cliente con toda la información empresarial cuando escanea el código QR en el empaque de un producto? o ¿solo se le debería brindar la información de su interés respecto de un producto en particular para no generar su aburrimiento?

Después de observar varias imágenes donde se muestran adecuadas aplicaciones de los códigos QR, aceptaron el error de no generar interés en el usuario ni agregarles valor a sus estrategias de publicidad basadas en esta tecnología. Este resultado concuerda con la observación desarrollada y la consulta a los consumidores.

## **V. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE CÓDIGOS QR COMO HERRAMIENTA DE MARKETING Y PUBLICIDAD**

Ante las realidades expuestas y el presente escenario que sugiere la pronta desaparición de los códigos QR del mercado, los autores invitan a los entendidos en marketing, ventas, publicidad, comunicación e imagen corporativa a explotar esta potente herramienta aplicando la creatividad en el desarrollo de estrategias que implementen códigos QR, basándose en los siguientes factores de éxito:

1. Motivar el escaneo del código QR.

Despertar la motivación del escaneo del código QR por parte del cliente dependerá de las estrategias promocionales que utilicen los líderes del área de marketing, tales como: Promociones, Descuentos, Concursos, Premios ligados a los productos de las compañías.

Los autores proponen el siguiente ejemplo de aplicación que motiva al escaneo del código QR: Un cliente pasa por alguna vitrina de alguna organización en horarios no comerciales, el consumidor podría observar un producto que tenga adjunto un código QR el cual al momento de ser escaneado generará un cupón de descuento para la compra de ese producto siempre y cuando se realice la compra al día siguiente, de esta forma existen grandes posibilidades de realizar una venta en horarios no comerciales, eliminando la presencia del vendedor. Esta estrategia motiva el escaneo por parte del cliente permitiendo a la empresa obtener información de interés del cliente previo a la emisión del cupón de descuento y con posibilidades de concretar la venta.

## 2. Despertar la curiosidad del consumidor

Este factor de éxito propone la creación de estrategias que generen curiosidad o deseo en el cliente por conocer la información que pueda presentar el código QR ubicado en algún producto o banner publicitario. Un ejemplo de aplicación propuesto por los autores es el uso del código QR en las carteleras de cine, donde el cliente podrá escanear el código adjunto a la cartelera y encontrar el tráiler de la película de su interés, de esta forma se aprecia el uso del QR por medio de la generación de curiosidad.

## 3. Provocar el interés del consumidor

La estrategia que proponen los autores es el uso de los códigos QR como una herramienta para brindar información de interés acerca del producto específico adjunto al código. Brindar información referente a los productos de manera interactiva, en formato multimedia y adaptable a dispositivos móviles permite comunicar amplia información acerca de la ventaja competitiva del producto de manera agradable a la vista del cliente. De esta forma el consumidor podrá acceder a información complementaria del producto que puede incidir en el proceso de decisión de compra. Los consumidores de alguna marca de whisky estarían interesados en conocer el proceso de añejamiento de la bebida, los bebedores de café estarían interesados en conocer el proceso de selección del grano, una madre de familia estaría interesada en conocer la forma de alimentación

de algún producto cárnico, estos son ejemplos de información de interés que se le puede brindar al usuario de forma visual y atractiva a través del código QR y que influenciaría en el proceso de decisión de compra.

Considerando que el código QR es una herramienta digital, las empresas pueden obtener información del cliente, quien voluntariamente la ingresará, debido a que se sentirá interesado, motivado y con curiosidad por la información o promociones que recibirá por su esfuerzo de escanear. Con la información obtenida los encargados del marketing en las organizaciones pueden retroalimentar sus estrategias hacia los factores de éxito, con los conocimientos obtenidos acerca de los gustos y preferencias de los clientes hacia sus productos. Mediante esta retroalimentación existirá un cliente plenamente atendido y una empresa en crecimiento que apuesta a la mejora continua, según la estructura propuesta en el gráfico 5.

Las empresas solo tienen una oportunidad para atraer la atención del cliente, la misma que no debe ser desaprovechada cansando a los consumidores con grandes cantidades de información que no es del interés del consumidor. Para los autores, un marketing sostenible que implemente códigos QR debe desarrollar estrategias publicitarias basadas en tres pilares fundamentales, como lo describe el siguiente

gráfico, producto de los resultados de la investigación realizada.



Figura 5

Factores de éxito en el uso de los códigos QR

Fuente: Elaboración propia.

La tecnología continúa avanzando y definitivamente surgen herramientas tecnológicas que pudieren implementarse en el marketing y que podrían causar una mejor impresión visual en los consumidores. Los autores invitan a los líderes de las sociedades comerciales a considerar los siguientes puntos: costo y tiempo de desarrollo e implementación de la nueva herramienta tecnológica versus costo y tiempo de desarrollo e implementación de los códigos QR



Figura 6

Código QR para obtener mayor información de los resultados

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la sección de conclusiones se responderán las

interrogantes planteadas en el cuerpo de esta investigación.

## VI. CONCLUSIONES

Fue muy interesante la expectativa que generó la aparición de las primeras aplicaciones de los códigos QR en el marketing, se podía pensar en un mundo infinito de aplicaciones, las cuales tenían como limitante solo la imaginación de los encargados del marketing. Ese fue el primer pensamiento ya hace más de 5 años atrás, pero en la actualidad el uso de esta potente herramienta cayó en malas estrategias de aplicación lo cual condujo al desuso por parte de las organizaciones comerciales y a la falta de interés por parte de los potenciales clientes. Después de estudiar el mercado actual, la presente investigación mencionará varios factores que incidieron en la no aceptación de las estrategias publicitarias utilizadas con códigos QR, desde un punto de vista expectante, pero aterrizando en la realidad.

El primer factor y el de mayor importancia bajo la opinión de los autores fue: la ausencia de indicaciones claras para realizar el proceso de escaneo del código QR en la gran mayoría de lugares o etiquetas de productos donde se habían colocado, ocasionando que el usuario pierda el interés de escanear el código debido al desconocimiento para realizar este proceso. Durante el trabajo de investigación se observó en las publicidades, que ninguna

organización quiso asumir la misión de enseñar qué aplicación utilizar y cómo realizar el proceso de escaneo de los códigos QR, quizás por el temor que ese conocimiento que adquiriera el usuario, pueda ser utilizado por otras organizaciones para su propio beneficio.

La primera expectativa del mercado fue observar la integración de los códigos QR de forma creativa a las publicidades tradicionales, de tal forma que llamen la atención y despierten el interés del cliente, mientras que en la realidad los códigos QR fueron integrados en los empaques de los productos sin ninguna estrategia creativa, provocando en el consumidor la falta de interés para decodificar el código QR.

La segunda expectativa del mercado fue nuevas estrategias publicitarias de parte de las organizaciones comerciales que le brinden valor agregado por el “esfuerzo” de realizar el proceso de escaneo, mientras que en la realidad las empresas consideraron este valor agregado como un gasto y no como una inversión, por lo que no implementaron esta estrategia.

La tercera expectativa del mercado fue el uso de los códigos QR como una puerta de enlace a diferentes aplicaciones creativas que permitan la interacción de la marca / producto con el cliente o que agilite el proceso de ventas, estableciendo un canal de comunicación de bidireccional CLIENTE ⇒ EMPRESA,

mientras que en la realidad y por las malas estrategias ahora los clientes vinculan a los códigos QR como un simple acceso a contenido web no multimedia de la empresa con información que el cliente ya conoce o no es de su interés, estableciendo un canal de comunicación unidireccional EMPRESA ⇒ CLIENTE.

La cuarta expectativa del mercado fue acceder mediante los códigos QR a enlaces con videos, contenidos multimedia e incluso páginas webs pero con la características de que sean adaptadas a dispositivos móviles, estos sitios webs debían ser exclusivos del producto de interés para el consumidor, mientras en la realidad los clientes fueron direccionados a páginas webs institucionales no adaptadas a dispositivos móviles, con información general de la empresa lo cual ocasionó malas experiencias para el cliente.

Los consumidores atraídos por la imagen sofisticada que generaba la ubicación del código QR en el empaque de los productos hicieron el “esfuerzo” de escanearlo, pero se encontraron con las malas aplicaciones de uso antes mencionadas, esto ha generado que el mercado se haya acostumbrado a observar el código QR como un elemento más del empaque del producto, sin alcanzar los objetivos por los cuales se les dio orientación hacia el marketing: interacción con el cliente, masificación de información y generación de publicidades creativas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BURGOS, ENRIQUE Y CORTÉS MARC. *Iniciate en el marketing 2.0 Los social media como herramientas de fidelización de clientes*. La Coruña: Netbiblo S.L. 2009.
- [2] CALOMARDE, JOSÉ V. *Marketing Ecológico*. Madrid: Ediciones Pirámide (Grupo Anaya, S.A.), 2000.
- [3] CAMPELLO et al. *Análisis de la evolución de la publicidad ecológica en prensa (2005-2007)*. Miguel Hernández Communication Journal, 1(2), 13-39, 2011.
- [4] CUEVA, JORGE y CEVALLOS, JAIME. *Estudio del código QR para el desarrollo de los planes de marketing y publicidad en las empresas del sector comercial de la ciudad de Guayaquil*. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador, 2012.
- [5] ESTRADE, J., et al. *Marketing digital Marketing Móvil, SEO y Analítica Web*. Madrid: Ediciones Anaya Multimedia, 2013.
- [6] GÓMEZ, A. “Códigos QR. Modmex PC”. Recuperado el 20 de agosto de 2015, de <https://books.google.com.ec/books?id=Wf3-AAAAQBAJ&pg=PA11&dq=Codigos+Qr&hl=es-419&sa=X&ved=0CB4Q6AEwAWoVChMIiL330ZDKxwIVBXceCh2j4AMo#v=onepage&q=Codigos%20Qr&f=false>, 2011.
- [7] INEC. “Así es Guayaquil cifra a cifra. Ecuador en cifras”. Recuperado el 20 de Agosto de 2015, de [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Infografias/asi\\_esGuayaquil\\_cifra\\_a\\_cifra.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Infografias/asi_esGuayaquil_cifra_a_cifra.pdf), 2014.

- [8] KOTLER, PHILIP y ARMSTRONG GARY. *Marketing Versión para Latinoamérica*. México: Pearson Education, 2007.
- [9] KOTLER, PHILIP y KELLER, KEVIN. *Dirección de marketing*. México: Pearson Education, 2006.
- [10] LEVINSON, J. *Marketing de guerrilla*. Tercera Edición. Nueva York: Morgan James Publishing LLC, 2009.
- [11] MARURI GREY. (Productor). BANANA AMBASSADOR Eng mix OK. [Vimeo]. De <https://vimeo.com/104563436>, 2014.
- [12] MURILLO, ANDRÉS. “Diseño y desarrollo de un sistema de información turística y transporte urbano mediante tecnología NFC y código QR”. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador, 2015.
- [13] REVILLA, CARLOS. “Homeplus: Si el cliente no va a ti, ¡anda por él!. Semana Económica”. Recuperado el 20 de Agosto de 2015, de <http://semanaeconomica.com/casosde-marketing/2014/10/27/homeplus-si-el-cliente-no-va-a-ti-anda-por-el/>, octubre 2014.
- [14] LÍDERES. “Sus códigos QR capturan al empresario”. *Líderes*. Recuperado de <http://www.revistalideres.ec/lideres/codigos-qr-capturan-empresario.html>, 2012, noviembre.
- [15] T21. “Añaden códigos QR al plátano para fomentar turismo en Ecuador”. T21. Recuperado de <http://t21.com.mx/tecnologia/2013/07/23/anaden-codigos-qr-platano-fomentar-turismo-ecuador>, 2013, Julio.
- [16] TRIOLA, MARIO. *Estadística*. México: Pearson Education, 2009.
- [17] TESCO [Majed Alsaseed]. “Tesco: Homeplus Subway Virtual” Store (Movie). [Archivo de Video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=nJVoYsBym88>, 2011, junio 22.

# Using Video as a Tool for Teaching and Learning of Mathematics in the Early Levels of Higher Education

---

(El uso del vídeo como herramienta para la enseñanza y aprendizaje de la matemática en los primeros niveles de educación superior)

Roberto David López Chila\*

**Abstract**— In this article the video forum as an effective technological tool for teaching and learning of Mathematic to be used by Dicent in the early levels of university, so that they capture, understand and apply the knowledge gained in the classroom.

The result of the implementation of the proposed tool is attention, acceptance, concentration and increasing the student's ability to modify their environment with mathematic studies.

It quotes experts in education at all levels and people who have had the experience to analyze and implement the educational video as a teaching tool to improve the quality of mathematic teaching.

The evidence shown is the imple-

mentation of an activity called “forum video” which takes place in 4 of the 5 periods analyzed in the Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, in the first three levels of the careers of engineering systems, industrial and as in business administration, where relevant results were obtained and a significant impact in improving marks and the increase in the number of approved students.

**Keywords**— Mathematic Education, Educational Tools, Educational Video, Video Forum.

## I. INTRODUCCIÓN

**E**n la enseñanza de las matemáticas por su naturaleza compleja se han tenido que idear

\* Roberto David López Chila es Máster en Administración de Empresas, Ingeniero en Electrónica con mención en Sistemas Computacionales, profesor titular auxiliar de la carrera Administración de Empresas de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, sede Guayaquil. Además, es miembro del Grupo de Investigación en Enseñanza – Aprendizaje de las Ciencias para la Ingeniería (GIEACI).

estrategias y métodos para lograr que el estudiante de cualquier nivel de educación capte, entienda y aplique tales conocimientos, además de persuadir su atención, aceptación, concentración y hasta cierto punto hacerle entender que el uso de las matemáticas podría modificar su entorno. Siendo el objeto de estudio el proceso de enseñanza – aprendizaje de la matemática en los primeros niveles de pregrado en la educación superior.

El presente artículo tiene el afán de implementar al vídeo foro como una alternativa de herramienta tecnológica a tomarse en cuenta a la hora de impartir clases de matemáticas en los primeros niveles de pregrado de educación superior, fundamentando el proceso de enseñanza aprendizaje de las matemáticas a través de las tecnologías educativas, para un aumento de la calidad de la misma, claro está que no soluciona toda la problemática del entendimiento de la matemática como tal.

Esta herramienta tecnológica persigue aumentar la motivación que el docente tiene al momento de la apertura de un capítulo de estudio, puesto que el estudiante al estar motivado y más aún al saber para qué sirve lo que va a estudiar; elevando sus expectativas y por ende las posibilidades de que el estudiante se mantenga concentrado, sobre todo cuando se aborde la parte teórica del tema la cual le puede resultar muy tediosa en su aprendizaje.

Teniendo en cuenta la discalculia o dificultades en el aprendizaje de las matemáticas (DAM) o cualquier otro tipo de desorden médico que puedan incidir en el rendimiento del estudiante, se puede lograr mejores resultados en él con la implementación de dicha herramienta en el aula, a pesar de que se haya tenido experiencias negativas previas a lo largo del estudio de las matemáticas.

En este documento se fomenta una enseñanza orientada al alumno, aumentando en los docentes la motivación al estudio de las matemáticas, de tal modo que los docentes implementen la herramienta de vídeo foro para crear un ambiente colaborativo y motivador en el aula.

El aprendizaje colaborativo mediante las TIC tiene la filosofía pragmática y experimentadora que se caracteriza por anteponer la acción antes que el pensamiento humano. En el libro *Filosofía para todos* se menciona que “las TIC contribuyen al desarrollo del aprendizaje colaborativo siempre y cuando sean bien comprendidas y adecuadamente utilizadas” [1].

No se pretende reemplazar al maestro en sus ponencias teóricas ni su experiencia expuesta en clase, siendo el objetivo que el docente identifique entre lo concreto y lo abstracto del entorno de las matemáticas, mediante la aplicación en la vida cotidiana de los diferentes temas de estudio, usando el vídeo didáctico e ilustrativo donde

se conectan varios sentidos del ser humano para su entendimiento.

## II. ANTECEDENTES

Tomando en cuenta los trabajos realizados en “las nuevas tecnologías y el aprendizaje de las matemáticas” [2], y “aprender a enseñar matemáticas: los vídeos como instrumento metodológico en la formación inicial de profesores” [3], los cuales ofrecen una pauta inicial para el presente artículo entre los varios trabajos que se han realizado acerca de las metodologías y recursos que se pueden usar en el aula de clases.

En el análisis hecho en “actitudes relevantes y parámetros influyentes en el rechazo de las Matemáticas” [4], donde se menciona que el 78% considera que la matemáticas le sirve en la vida cotidiana y en el artículo ¿Por qué del rechazo a las Matemáticas? [5], el 30% de los alumnos encuestados se señala que su rechazo a la matemáticas es debido a la forma de enseñanza por parte de los profesores.

Estos dos últimos trabajos mencionados se desarrollan en un entorno cercano (Universidad Politécnica Salesiana Ecuador sede Guayaquil) en el cual se realiza la implementación de la herramienta didáctica a la que se refiere el presente artículo. Esto proporciona el patrón de comportamiento para entender que el estudiante sabe que la matemática sirve para la vida cotidiana, pero así mismo un porcentaje importante de los estu-

diantes ven como un problema que el docente no logre un impacto positivo en su aprendizaje en el aula.

notar que, con estos postulados y resultados de investigación, la preocupación del docente en la actualidad de crear un ambiente propicio para obtener un impacto positivo en el aprendizaje del docente.

En el artículo “estrategias para atenuar el efecto de la fobia a la matemática en la escogencia de carreras de ingeniería. Reporte de dos experiencias a nivel internacional” [6], donde se realizan estrategias como “Clases maestras” (masterclasses) implementadas en la Universidad del Oeste de Inglaterra (UWE), y el campamento “Operación Catapulta” del Instituto de Tecnología Rose Hulman (RHIT), en estos dos programas se muestra a los estudiantes la importancia de la matemáticas en la vida diaria.

Con estas estrategias implementadas en el aula se puede alcanzar atenuar el efecto de la fobia a las matemáticas, el cual debe ser el factor inicial a tener en cuenta al comenzar los estudios de las matemáticas en los primeros niveles de pregrado en la universidad.

Una las dificultades o desventajas que se menciona en el artículo “Las TIC en el aula: percepciones de los profesores universitarios” se muestran: “la dependencia tecnológica para el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje, la limitación de la creatividad, la pérdida de tiempo

en los procesos y el idioma extranjero” [7].

Otras desventajas que se puede referir son:

- Las desigualdades económicas: limitan el acceso a la tecnología por nivel socioeconómico.
- Exceso de información no verificada: en la red encontramos mucha información que no tiene fuentes fidedignas y poco verificadas.
- Aprendizajes incompletos y superficiales: en muchas ocasiones el docente se limita a reproducir información sin su respectivo análisis y repercusión en su entorno.

Teniendo en cuenta estos antecedentes se desarrolla una herramienta efectiva para mejorar la enseñanza de las matemáticas mediante el uso de las TIC y así posibilitar el adecuado uso de las mismas.

### III. BASES TEÓRICAS

#### *A. La enseñanza y aprendizaje de las matemáticas*

Se debe entender el contexto que enmarca la enseñanza y aprendizaje de la matemática, para de allí partir a metodologías y herramientas, para ello se ha tomado las teorías citadas en el aprendizaje para las matemáticas en su análisis en la investigación sobre el aprendizaje de las Matemáticas: antecedentes, donde se menciona:

Teoría del aprendizaje de Thorndike (1932). Es una teoría de tipo asociacionista, y su ley del efecto fue muy influyente en el diseño del currículo de las matemáticas elementales en la primera mitad de este siglo. A esta teoría se opuso Brownell (1935, 1947), que defendía la necesidad de un aprendizaje significativo de las matemáticas cuyo principal objetivo debía ser el cultivo de la comprensión y no los procedimientos mecánicos del cálculo. Por otro lado, Piaget (1950), reaccionó también contra los postulados asociacionistas, y estudió las operaciones lógicas que subyacen a muchas de las actividades matemáticas básicas a las que consideró prerequisites para la comprensión del número y de la medida.

Otros autores como Ausubel (1963, 1968), Bruner (1960, 1966), Gagné (1968, 1977) y Vygotsky (1979) también se preocuparon por el aprendizaje de las matemáticas y por desentrañar que es lo que hacen realmente los niños cuando llevan a cabo una actividad matemática, abandonando el estrecho marco de la conducta observable para considerar cognitivos internos [8].

Estas teorías pueden ser consideradas para el desarrollo del entendimiento de las matemáticas como ciencia que persigue el conocimiento de fenómenos ocurrientes en la naturaleza, así mismo las estrategias usadas desde la perspectiva que cada uno de los autores tiene de las matemáticas. También debemos tomar en cuenta conceptos más simples pero apegados a la situación actual en la que se desenvuelve la enseñanza de las matemáticas como se menciona a continuación:

Enseñanza. Una enseñanza efectiva de las matemáticas requiere comprensión de lo que los estudiantes conocen y necesitan aprender, y por tanto les desafían y apoyan para aprenderlas bien. Aprendizaje. Los estudiantes deben aprender matemáticas comprendiéndolas, construyendo activamente el nuevo conocimiento a partir de la experiencia y el conocimiento previo [9].

Por ello la temática de la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas es un arte que un maestro fortalece alrededor del tiempo.

### *B. Herramientas para la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas*

Las herramientas que se usan para la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas son diversas incluso similares a las que se podrían usar para la impartición de cátedras de cualquier materia, aquí se enuncian algunas tomadas de Fundamentos de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas para maestros.

- Los propios libros de texto, cuadernos de ejercicio, pizarra, lápiz, papel e instrumentos de dibujo o la calculadora.
- Cuando se enseña a los niños a contar, se puede usar como recurso los propios dedos de las manos, piedrecillas, regletas Cuisenaire (Son un versátil juego de manipulación matemática utilizado en la escuela. Se utilizan para enseñar una amplia variedad de temas matemáticos, como las cuatro operaciones bá-

sicas, fracciones, área y demás.), material multibase, etc.

- Juegos habituales, tales como la oca, parchís, ruleta, dominó, dados, cartas, pueden ayudar a los niños a comprender la idea de azar y probabilidad.
- Recursos didácticos más sofisticados incluyen los documentales grabados en vídeo sobre aspectos concretos de las matemáticas, los programas didácticos de ordenador y recientemente los recursos en Internet [9].

### *C. TIC en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas*

Las nuevas tecnologías de la comunicación y la información (TIC) han dado novedosas herramientas para la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, que sabiéndolas usar pueden resultar efectivas, mencionamos algunos de estos medios [2]:

- Televisión
- Computadoras personales
- Micro computadoras
- Macro computadoras
- Proyector de cristal líquido
- Satélites
- Telefonía convencional y celular
- Microondas
- Internet
- Intranet
- Software

En este orden de cosas se puede mencionar lo que se plantea en “vídeo como herramienta didáctica

ha sido un recurso tecnológico de gran difusión en la formación del profesorado” [3].

Así mismo como señala en “El Video en el Aula I El Video como Mediador del Aprendizaje” [10], se puede considerar como uno de los instrumentos tradicionales en la relación de la formación, perfeccionamiento de dicho profesorado y este puede usarlo como:

- El vídeo como mediador del aprendizaje.
- El vídeo como instrumento de conocimiento.
- El vídeo como evaluador del proceso de enseñanza-aprendizaje.

El vídeo educativo se define como “aquel que cumple un objetivo didáctico previamente formulado. Esta definición es tan abierta que cualquier vídeo puede considerarse dentro de esta categoría” [11], el cual distingue tres niveles de niveles de potencialidad expresiva: alta, media y baja los cuales se clasifican por el objetivo que persigue el vídeo expuesto en aula.

En el artículo “¿Qué conocimientos y concepciones movilizan futuros maestros analizando un vídeo en el aula?”, se menciona que “el uso del vídeo en sesiones de clase aporta al realismo en las discusiones teóricas de las aulas del magisterio, contribuyendo a la vinculación entre la teoría y la práctica” [12], resaltándose la importancia del aprendizaje de los estudiantes en la introducción

de contenidos nuevos, puesto que esto orienta a la construcción de los significados que luego se emplean en los problemas de aplicación.

En la búsqueda de la motivación del docente en el estudio de las matemáticas nos podemos valer del conjunto de: “actividades de cátedra, visualización de vídeos, proyección de diapositivas, actividades de campo, entrevistas a personalidades locales, etc.” [13]. Hoy en día el vídeo educativo no es un recurso aislado, esta herramienta se encuentra conectada con otros recursos tecnológicos como el internet, que amplía la disponibilidad de tiempo y espacio para su uso en el aula, así como el teléfono móvil que agiliza la producción del vídeo por parte del estudiante.

Uno de los objetivos de estudio de las matemáticas en cualquier nivel de educación es el que se persigue que el estudiante pueda interpretar numéricamente los acontecimientos que ocurren en su entorno para así poder resolver problemas cotidianos. Debido que los temas que se tratan en matemáticas están compuestos por una serie de signos, cálculos, propiedades, axiomas y demás, no se debe pretender que el estudiante aprenda de memoria todo esto, puesto que hoy en día los ordenadores pueden obtener y mantener esta información. Los ordenadores no deben reemplazar al ser humano en su capacidad de razonamiento y de transformación de su habitat, y una de esas estrate-

gias es que el estudiante acerque sus conocimientos a la vida cotidiana, en este caso mediante la exposición y realización de un vídeo.

#### IV. METODOLOGÍA

La Investigación es tipo descriptiva, los resultados son mostrados cuantitativamente y cualitativamente. La población está compuesta por 825 alumnos de 5 periodos distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 1  
Distribución de alumnos  
evaluados por periodos

Periodo	No. de alumnos
1	67
2	172
3	158
4	204
5	224

Fuente: Elaboración propia.

La investigación se desarrolla en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, en los tres primeros niveles de pregrado en las carreras de ingenierías en sistemas e industrial, así como en la de administración de empresas; a los alumnos asistentes a las materias impartidas por el investigador como: Álgebra lineal, Cálculo diferencial, Matemáticas aplicada I, Matemáticas aplicada II y Matemáticas aplicada III.

Cada periodo tiene una duración de 6 meses aproximadamente. La actividad del foro video se realiza dos veces en el periodo, una a mitad del periodo y la otra al finalizar el mismo.

El foro vídeo se basa en el modelo constructivista del aprendizaje, en cual se construye el conocimiento académico en los dicentes y el conocimiento profesional en los docentes. En el artículo Características de la enseñanza constructivista en docentes de Matemática, se menciona “El aprendizaje del alumno como una construcción interior, que sea significativa para él, insertando los nuevos conceptos con sus conceptos previos y cuyo propósito sea facilitar y potenciar al máximo ese procesamiento interior del alumno con miras a su desarrollo” [14]. La herramienta propuesta ayuda al propósito del modelo constructivista.

En la siguiente ilustración se muestra la visión basada el modelo constructivista del aprendizaje que tiene la herramienta del vídeo foro, el cual tiene como propósito un aprendizaje significativo en el dicente.



Ilustración 1  
Visión constructivista de la herramienta  
vídeo foro

### *A. Preparación del vídeo a exponer en clases*

El vídeo en el aula de clases puede ser una herramienta de gran apoyo, pero se debe tener en cuenta qué resultados se quieren obtener con su implementación y con base a lo indicado escoger el vídeo o los vídeos idóneos para exponer en clase. En el caso de este artículo perseguimos que el estudiante mediante el vídeo tenga material histórico, teórico, práctico y de aplicaciones a la vida cotidiana, esto en algunos casos se puede conseguir en uno o más vídeos. Los pasos que se sigue en esta metodología son los siguientes:

1. Anuncio en la clase anterior o al inicio de la presente clase que se va proyectar un(os) vídeo(s) como apertura de un nuevo tema a tratar.
2. Verificar el perfecto funcionamiento de la imagen y sonido del vídeo a exponer.
3. Dar una breve introducción por parte del profesor acerca del vídeo y que conocimientos previos tienen los estudiantes acerca del tema.
4. Proyección del vídeo, si es necesario se puede detener para dar una breve explicación.
5. Al finalizar el vídeo el docente hace explicaciones y /o reflexiones concluyentes del mismo, de igual forma se hacen preguntas a los estudiantes o se recepta cualquier comentario.

Algunos consejos a tener en cuenta en lo que respecta al vídeo y su proyección son:

- 1) Antes de exponerlo a los estudiantes, el docente debe ver el vídeo completo para determinar si va a usar el vídeo completo o parte de él, por qué y para qué escogió dicho vídeo.
- 2) No hay que caer en el error de querer proyectar todo el vídeo en una sola clase si el(los) vídeo(s) duran más de 60 minutos. Los chicos no tienen la misma retentiva y no habría tiempo para comentar sobre la actividad.
- 3) No hay que reemplazar la clase con un vídeo, sino que hay que aprovechar el mismo para enriquecer la enseñanza aprendizaje de la matemática.
- 4) Mantener el orden en el aula.

### *B. Actividad de realización de un vídeo como tarea para los estudiantes*

Como algo complementario a la herramienta de proyección de vídeo en clase, se puede enviar a modo de tarea, ya sea como parte de la nota o como actividad de asignación de puntos extras en su nota total de aprovechamiento, la descarga de vídeos con ciertos parámetros especificados en la tarea o la realización de un vídeo de autoría de los estudiantes de aplicaciones en la vida cotidiana de un tema estudiado o que se vaya a estudiar. Para esta actividad se ha seguido los siguientes pasos:

Ingreso del tema y lineamientos actividad en algún repositorio o aula virtual ya sea de la institución o de algún medio público web.

Indicar a los alumnos donde se encuentra la actividad, así como las fechas de apertura y cierre de la misma.

Se anima a los estudiantes a revisar las publicaciones de los videos de sus compañeros y realizar comentarios acerca de estos.

El docente califica la actividad y se realizan comentarios a modo de retroalimentación de los videos para su corrección según sea el caso.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A. Análisis de resultados del video como herramienta de enseñanza de la matemática en los primeros niveles de pregrado la universidad

Se ha recabado datos que representan las calificaciones de los estu-

diantes de 5 periodos distintos, en materias como cálculo diferencial en la carrera ingenierías de sistemas e industrial en el periodo 1, matemáticas aplicada I, II y III, en los periodos 2, 3, 4, 5 en la carrera de administración de empresas. Las calificaciones son sobre 100 puntos, esta se divide en dos parciales de 50 puntos cada uno, y estos a su vez divididos por aprovechamiento de 30 puntos y un examen de 20 puntos. La actividad está planificada como foro de participación de los estudiantes y esta influye en un máximo de 5 puntos en el aprovechamiento.

La siguiente tabla está diseñada de tal manera que se pueda revisar la influencia que tiene la participación de la actividad con respecto al rendimiento de los estudiantes, debido a esto se señala el número de estudiantes que están dentro de un determinado rango de notas, así como los aprobados y reprobados al final del periodo.

Tabla 2  
Rendimiento en calificaciones y participación de actividad de foro de videos de estudiantes en 5 diferentes periodos en materias de matemáticas de los primeros niveles de universidad

Rango de notas	Período 1			Período 2			Período 3			Período 4			Período 5		
< 60	17			47	60	60%	26			71	93	46%	72	93	42%
>= 60 y < 70	23	40	60%	13	60	60%	12	38	24%	22	93	46%	21	93	42%
>= 70 y < 70	14			50	87	34%	56			57	86	42%	50	95	42%
>= 75 y < 70	9	23	34%	37			33	89	56%	29			45		
>= 85 y < 70	3			16			9			10			13		
>= 95	1	4	6%	9	25	6%	22	31	20%	15	25	12%	23	36	16%
Reprobados	40	60%		60	35%		38	24%		93	46%		93	42%	
Aprobados	27	40%		112	65%		120	76%		111	54%		131	58%	
Participaciones foro	0	0%		112	65%		194	61%		184	45%		235	52%	
Total estudiantes	67			172			158			204			224		

Fuente: Elaboración propia.

*B. Primer análisis: Relación entre aprobados y participaciones en foro de vídeos*



Ilustración 2  
Relación entre aprobados y participaciones en foro de vídeos

Fuente: Elaboración propia.

Se puede analizar en la ilustración 1 que cuando se implementó la actividad de vídeo foro del periodo uno al dos, hubo aumento de un 20% en los estudiantes aprobados.

Siguiendo la línea de tiempo en los diferentes periodos, podemos revisar las diferencias entre el primer periodo donde no se había implementado la actividad con un 40% de aprobados y los periodos 2, 3, 4 y 5 en que, si la hubo, en estos la tasa de aprobados fue superior, teniendo un promedio del 60%.

Cuando hubo una baja de participaciones del periodo 3 al 4 del 60% al 50% también lo hubo en el número de aprobados, pero se logró un repunte de estos en el periodo 5 del 10% con respecto al periodo 4, debido a la implementación de una nueva modalidad en la actividad del foro, en la cual se exigía a los estu-

diantes que los vídeos subidos a la plataforma virtual sean de su autoría.

*C. Segundo análisis: Relación entre notas excelentes y participaciones en foro de vídeos*

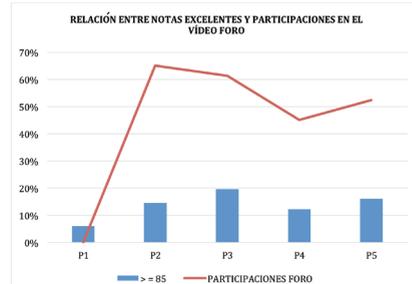


Ilustración 3  
Relación entre notas excelentes y participaciones en foro de vídeos

Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 2 se puede analizar el nivel de excelencia de las calificaciones, en este caso escogiendo el rango de notas superiores o iguales a 85 puntos sobre 100 con respecto a la participación en la actividad de foro. En este punto se puede revisar la influencia de las participaciones en el foro de vídeos.

En el periodo 1 donde no se realizaba la actividad hubo un 5% de notas excelentes y cuando se implementó la actividad del vídeo foro subió a 15% en el periodo 2. En el periodo 4 se puede evidenciar la influencia de la actividad, debido que al bajar las participaciones en el foro video también bajan las notas excelentes en un 5% con respecto al periodo anterior.

## V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la implementación del vídeo foro en los primeros niveles de educación superior durante 5 periodos, da la pauta que la enseñanza orientada al alumno ayuda a identificar las brechas que existen entre lo concreto y lo abstracto del entorno de las matemáticas, aumentando en los dicentes la motivación en su estudio, logrando esto mediante la exploración de la aplicación de los temas estudiados en la vida cotidiana, lo cual el estudiante expone en el foro video.

En la ilustraciones 1 y 2, reflejan el impacto que tiene actividad tanto en el número de estudiantes aprobados, así como en la mejora de las calificaciones, las cuales son directamente proporcionales a las participaciones por parte de los estudiantes en la actividad del vídeo foro. Vale recalcar que la actividad otorga un máximo de 5 puntos sobre 100 en el periodo, es decir que no es un puntaje relevante para aprobar la materia, pero si resulta una herramienta efectiva para la enseñanza de matemáticas en los primeros niveles de educación superior, por consiguiente se refleja un sensible aumento en el número de estudiantes aprobados.

Se concluye que esta actividad puede ser acoplada a la realidad que atraviesa el maestro en el aula. También se acota que esta actividad provee un “nivel de trabajo en grupo, nivel de descubrimiento de

las nuevas dimensiones de la realidad y nivel de experimentación de una nueva forma de expresión” [15]. Finalmente, esta herramienta genera sinnúmero de expectativas en su implementación, tanto en los maestros como en los alumnos, creando un ambiente colaborativo y motivador en el aula.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AGUILAR, F., BOLAÑOS, R., y GUILLERMO, G. *Filosofía para todos*. Cuenca, Ecuador: Abya-Yala, 2013.
- [2] MACÍAS FERRER, D. “Las nuevas tecnologías y el aprendizaje de las matemáticas”. *Revista Iberoamérica de la educación (Versión Digital)*, 42(4), 1-17. Obtenido de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2262624>, abril 2007.
- [3] LINARES CÍSCAR, S., y SÁNCHEZ GARCÍA, V. “Aprender a enseñar matemáticas: los videos como instrumento metodológico en la formación inicial de profesores”. *Revista de Enseñanza Universitaria* (13), 29 - 44. Obtenido de [http://institucional.us.es/revistas/universitaria/13/art\\_3.pdf](http://institucional.us.es/revistas/universitaria/13/art_3.pdf), 1998.
- [4] TORRES, J. C., y TORRES REYES, S. “Actitudes relevantes y parámetros influyentes en el rechazo de las Matemáticas”. *Primer Congreso Salesiano de Ciencia Tecnología e Innovación para la Sociedad* (págs. 33-44). Guayaquil: Editorial Universitaria Abya - Yala. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9506>, 2014.
- [5] LÓPEZ, A. “¿Por qué del rechazo a las Matemáticas?” *Primer Congreso Salesiano de Ciencia Tecnología e Innovación para la Sociedad* (págs. 45-52). Guayaquil: Editorial Universitaria

- Abya - Yala. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9506>, 2014.
- [6] CARRANZA R., C. “Estrategias para atenuar el efecto de la fobia a la matemática en la escogencia de carreras de ingeniería. Reporte de dos experiencias a nivel internacional”. *Revista digital Matemática, Educación e Internet*, 15(1), 1-7. Obtenido de [http://tecdigital.tec.ac.cr/revistamatematica/AportesPe/RevistaDigital\\_Carranza\\_V15\\_n1\\_2014/index.html](http://tecdigital.tec.ac.cr/revistamatematica/AportesPe/RevistaDigital_Carranza_V15_n1_2014/index.html), febrero de 2015.
- [7] RIASCOS, S. C., ÁVILA, G. P., y QUINTERO, D. M. “Las TIC en el aula: percepciones de los profesores universitarios”. *Educación y Educadores*, 12(3), 150. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/eded/v12n3/v12n3a08.pdf>, 2009.
- [8] RUIZ AHMED, Y.M. “Aprendizaje de las matemáticas”. *Temas para la educación revista digital para profesionales de la enseñanza* (14), 1-8. Obtenido de <http://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8451.pdf>, mayo 2011.
- [9] GORDILLO, J., BATANERO, C., y FONT, V. “Fundamentos de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas para maestros. Granada, España. Obtenido de Proyecto Edumat-Maestros”. Matemáticas y su Didáctica para Maestros: [http://www.pucrs.br/famat/viali/tic\\_literatura/livros/fundamentos.pdf](http://www.pucrs.br/famat/viali/tic_literatura/livros/fundamentos.pdf), febrero 2003.
- [10] DE PABLOS PONS, J., y CABERO ALMENARA, J. “El Video en el Aula I. El Video como Mediador del Aprendizaje” *Revista de educación*. (291), 351-370, 1990.
- [11] BRAVO RAMOS, L. “¿Qué es el vídeo educativo?” *Comunicar: Revista científica de Comunicación y Educación*, IV(6). Obtenido de <http://www.revistacomunicar.com/index.php?contenido=detalles&numero=6&articulo=06-1996-20>, marzo de 1996.
- [12] CLIMENT, N., ROMERO CORTÉS, J. M., CARRILLO, J., MUÑOZ CATALÁN, M. C., y CONTRERAS, L. C. “¿Qué conocimientos y concepciones movilizan futuros maestros analizando un vídeo en el aula?” *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 16(1), 13-36. Obtenido de <http://www.clame.org.mx/relime/201301a.pdf>, marzo 2013.
- [13] LUCCA, A. M. *Issuu*. Obtenido de [http://issuu.com/mconceptuales/docs/art19\\_asignif\\_matematica/%201,2011](http://issuu.com/mconceptuales/docs/art19_asignif_matematica/%201,2011).
- [14] HERNÁNDEZ, A. “Características de la enseñanza constructivista”. *ReviCyHLUZ Revistas científicas y humanísticas*, 10(3). Obtenido de <http://www.produccioncientificaluz.org/index.php/omnia/article/view/7117/7106>, 2004.
- [15] IGADO, M. F. “El vídeo y su papel didáctico en Educación Primaria”. *Comunicar* (2), 92. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/158/15800214.pdf>, 1994.

# The Student Performance as a Result of the Preparation of a Class Using Cooperative Learning

---

(El aprendizaje cooperativo en la preparación de una clase y el rendimiento de los estudiantes)

Enrique Caballero Barros\* y Joe Llerena Izquierdo\*\*

**Abstract**— The purpose of this study was to improve the performance of students using cooperative learning for the preparation and presentation of a class of resistive circuits. Were 14 students aged between 18 and 20 years following the systems engineering career. Students are registered in the field of electrotecnia for the second semester and the topic is a unit of resistive circuit elements. The procedure followed in this study was as follows: (1) Students formed groups according to their preference. (2) the subject had to prepare and file was assigned. (3) The class students prepared using cooperative learning with their respective evaluations and doubts were elucidated in a meeting with the teacher prior to the development of the class. (4) The students presented the class designation or-

der of presentation was made by the teacher. (5) The exhibitors at the end of class assessed their peers and in turn their classmates and the teacher evaluated them. To accept or reject the null hypothesis that the paired t test gave a value of  $t = 117.75$  was used. The results show that students who are exposed to this teaching model significantly improve learning acquired through use of cooperative learning.

**Keywords** — Cooperative learning, class preparation, performance.

## I. INTRODUCCIÓN

De los retos importantes del siglo XXI en lo que respecta a cooperación son los siguientes: 1) La necesidad de emprendedores creativos y 2) La creciente importancia de las relaciones interperso-

\* Enrique Javier Caballero Barros, es Magister en Enseñanza de la Física, actualmente investigador de la Universidad Politécnica Salesiana, su email: [ecaballero@ups.edu.ec](mailto:ecaballero@ups.edu.ec).

\*\* Joe Frand Llerena Izquierdo, es Magister en Sistemas de Información Gerencial, actualmente investigador de la Universidad Politécnica Salesiana, su email [jllerena@ups.edu.ec](mailto:jllerena@ups.edu.ec).

nales; el aprendizaje cooperativo es un recurso de suma importancia en el aula de clase para poder alcanzar estos retos [1]. Cuando hablamos de aprendizaje cooperativo está implícito la presencia de un grupo que busca el bien común, en nuestro caso, un grupo que busca aprender [2]. El empleo del aprendizaje cooperativo por parte de los docentes fomenta entre los estudiantes las relaciones afectivas, mayor compromiso y responsabilidad con los integrantes de grupo con el fin de cumplir una tarea dada, así como también la colaboración para el aprendizaje de contenidos, logrando de esta manera una interacción educativa docente-alumno y alumno-alumno [3].

En el aprendizaje individualista el estudiante puede alcanzar su objetivo de acuerdo a su propia capacidad y esfuerzo [4] (Enesco, 1992); y en el aprendizaje competitivo, los estudiantes piensan que pueden alcanzar su objetivo sólo si los demás compañeros no lo pueden hacer [5]; todo esto contrasta mucho con el aprendizaje cooperativo.

Existen cuatro tipos de aprendizaje cooperativo: aprendizaje cooperativo formal, informal, grupo de bases cooperativas y la controversia constructiva [6]. En este caso trabajamos el aprendizaje cooperativo formal ya que se alinea al estudio realizado. Sin embargo, si los docentes no planifican adecuadamente las actividades grupales a realizar por parte de los estudiantes, puede desencadenar una

serie de situaciones y dificultades en el momento de alcanzar los objetivos de clase planteados. Es muy común en estos grupos de trabajo probar que sólo un estudiante trabaja, además, si parte del trabajo es una exposición oral, los chicos sólo aprenden la sección previamente distribuida por ellos, entre otras cosas, lo que logra evidenciar la ausencia notable de un trabajo cooperativo.

Por lo tanto, el propósito de este estudio es mejorar el rendimiento de los estudiantes utilizando el aprendizaje cooperativo en la preparación y presentación de una clase de electrotecnia.

#### *A. Aprendizaje Cooperativo*

La cooperación es una actividad realizada por un grupo de personas para lograr objetivos comunes. El aprendizaje cooperativo consiste en un grupo reducido de estudiantes los cuales trabajan en conjunto para aprender [7]. Dentro de las tres estructuras del aprendizaje (individualista, competitiva y cooperativa) no sólo están incluidas las actividades a efectuar por cada miembro del grupo, sino también la estructura de la autoridad y la del reconocimiento; en el primero se refiere al nivel de autonomía que tendrán los estudiantes para elegir la forma de trabajar y en el segundo o sea la estructura de reconocimiento se refiere a que, los resultados y por ende la recompensa, beneficiarán a todos y cada uno de los integrantes [8].

### *B. Preparación de clases*

La preparación de una clase requiere del conocimiento del contenido de la asignatura que se va a enseñar y el conocimiento pedagógico que es la forma en que se va a presentar el contenido a los estudiantes. En este caso el triángulo: contenido, profesor y estudiante, el profesor es sustituido por los estudiantes. El beneficiado de la presentación son los estudiantes ya que los estudiantes aprenden a hablar en público, aprenden a realizar presentaciones y lo que es más importante aprenden el contenido que tienen que enseñar [9].

### *C. Evaluación por pares*

La evaluación por pares tiene el propósito de evaluar a los estudiantes por parte de sus propios compañeros utilizando una rúbrica facilitada por el profesor. Al evaluar a sus compañeros que están haciendo la presentación de la clase ellos prestan más atención a la clase y también se logra una mayor comprensión de lo enseñado [10].

### *D. Hipótesis*

La hipótesis de investigación H1: La diferencia entre la media de la prueba de entrada y la prueba de salida en el aprendizaje de circuitos eléctricos resistivos es mayor que cero.

La hipótesis nula  $H_0$ : La diferencia entre la media de la prueba de entrada y la prueba de salida en

el aprendizaje de circuitos eléctricos resistivos es igual a cero.

## **II. MÉTODO**

### *A. Sujetos*

Los sujetos fueron 14 estudiantes de la carrera de Ingeniería en sistemas registrados en el curso de electrotecnia quienes prepararon una clase empleando el aprendizaje cooperativo.

### *B. Tareas y materiales instruccionales*

La tarea instruccional fue la unidad de circuitos eléctricos resistivos que se dictó durante 10 horas de clase, utilizando el aprendizaje cooperativo.

### *C. Instrumentos*

La prueba de entrada al igual que la prueba de salida constó de 5 preguntas y se calificó sobre 10.

### *D. Procedimiento*

El procedimiento seguido durante este estudio fue el siguiente: (1) Los estudiantes formaron los grupos de acuerdo a su preferencia; (2) Se asignó el tema que tenían que preparar y presentar; (3) Los estudiantes prepararon la clase utilizando el aprendizaje cooperativo con sus respectivas evaluaciones y sus dudas fueron dilucidadas en una reunión con el profesor previo al desarrollo de la clase; (4) Los estudiantes presentaron la clase, la designación del orden de exposición fue hecha por el

profesor; (5) Los expositores al final de la clase evaluaron a sus compañeros y a su vez sus compañeros y el profesor los evaluaron a ellos.

#### E. Análisis de datos

En el análisis de los datos se utilizó la prueba t emparejada con un nivel de significación de 0.05.

Tabla 1  
Estadística de la prueba entrada y salida

	Número	Media	Desviación estándar	Max.	Min.
Prueba de entrada	14	3.5	1.70	6.0	0.0
Prueba de salida	14	89.43	1.45	92.00	86.00

Finalmente, la prueba t emparejada dio un valor de  $t = 117.75$ , con  $df = 13$  y un valor de  $p < 2.2 \times 10^{-16}$ . Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación.

### IV. CONCLUSIONES

En este estudio se comprobó que los estudiantes mejoran significativamente su rendimiento cuando son expuestos al aprendizaje cooperativo. Un punto a destacar en este proceso es el hecho de que los estudiantes son los responsables de su aprendizaje y por supuesto se vuelven autónomos.

Además, se evidencia mejoras sustanciales en las relaciones interpersonales, tales como la solidaridad, respeto mutuo, la responsabilidad y ayuda recíproca, inclusive en estu-

### III. RESULTADOS

En la Tabla I se muestran el número de sujetos, la media, la desviación estándar, la calificación más alta y la calificación más baja.

diantes que al inicio del curso habían tenido un rendimiento bajo [11]. El aprendizaje cooperativo es una técnica de aprendizaje activo en la cual para alcanzar objetivos comunes es primordial que los estudiantes trabajen juntos para incrementar su propio aprendizaje y el de sus compañeros; por lo cual se sugiere que sea usada en el salón de clases.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] JHONSON, D. W. y JHONSON, R. T. *Cooperative Learning in 21st Century. Anales de Psicología*, 841-851, 2014.
- [2] SCHMUCK, R. y SCHMUCK, P. *Group processes in the classroom*. Boston: McGraw-Hill, 2001.
- [3] COLL, C., & SOLÉ, I. *La interacción profesor/alumno en le proceso de enseñanza y aprendizaje*. Madrid: Alianza, 1990.

- [4] ENESCO, I. *El trabajo en equipo en primaria. Aprendiendo con iguales*. Madrid: Alhambra Longman, 1992.
- [5] DEUTSCH, M. "A theory of cooperation and competition". *Human Relations*, 129-152, 1949.
- [6] JOHNSON, D., JOHNSON, R. Y HOLUBEC, E. *Cooperation in the classroom*. Edina, Minnesota: Interaction Book Company, 2013.
- [7] JOHNSON, D., JOHNSON, R. y HOLUBEC, E. *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Buenos Aires: Paidós, 1999.
- [8] ECHEITA, G. *El aprendizaje cooperativo. Un análisis psicosocial de sus ventajas respecto a otras estructuras de aprendizaje*. Madrid: Siglo XXI, 1995.
- [9] WEIMER, M. "FACULTY FOCUS Higher Ed Teaching Strategies", Magna Publications: <http://www.facultyfocus.com/articles/teaching-and-learning/student-presentations-do-they-benefit-those-who-listen/>, 21 de febrero de 2013.
- [10] SANDLER, P. M. y GOOD, E. "The Impact of Self and Peer-grading on Student Learning". *Educational Assessment*, 1-31, 2006.
- [11] JOHNSON, D., y JOHNSON, R. *Cooperation and competition. Theory and research*. Minnesota: Interacción Book Company, 1989.



# Forecasting of Foliar Fertilizers Sales in an Agrochemical Plant

---

(Pronóstico de la demanda de fertilizantes foliares en una industria agroquímica)

Diana Portugal Córdoba, Fernando Medina Muñoz\* y Pablo A. Pérez Gosende\*\*

**Abstract**—The competitive situation of production and sales of foliar fertilizers in Ecuador, clearly requires the use of management tools to ensure or facilitate an understanding of future demand and allow operational decision-making under uncertain market conditions. Among these management tools there are the forecasting techniques. In this paper it is described in detail the process of foliar fertilizers sales forecasting for an agrochemical business for the period 2015. After using five time-series models, the one that best fits the historical data was the linear regression. Given the presence of a seasonal component in the pattern of demand, the monthly forecast was made by a multiplicative seasonal method.

**Keywords**—Sales forecasting, foliar fertilizers, time-series models.

## I. INTRODUCCIÓN

Un principio fundamental para las organizaciones es la racionalización de los recursos. Hoy en día ninguna empresa con alta o baja demanda de productos puede darse el lujo de malgastar recursos económicos y mucho menos cuando se enfrenta a una coyuntura complicada como la que atraviesa nuestro país.

En la actualidad, la estimación de ventas es la base de prácticamente la totalidad de las decisiones comerciales que toman las empresas [1].

Pequeñas y grandes industrias a nivel mundial emplean distintos métodos de pronóstico de la demanda, como punto de partida para la planificación de sus producciones de bienes y servicios [2]. Estas estimaciones, dada la presencia de un componente aleatorio, casi nunca son exactas [3], pero constituyen

\* Diana Portugal Córdoba (e-mail: dportugal@est.ups.edu.ec) y Fernando Medina Muñoz (e-mail: fmedinam@est.ups.edu.ec) son estudiantes de sexto (6to) ciclo de la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.

\*\* Pablo A. Pérez Gosende es Ingeniero Industrial y Magister en Administración de Empresas Gestión de la Producción y los Servicios. Es profesor de la Carrera de Ingeniería Industrial en la misma institución (e-mail: pperezg@ups.edu.ec).

una referencia necesaria acerca del comportamiento del mercado.

Una sobreestimación de la demanda implicará altos inventarios con su consecuente pérdida de valor en el tiempo. Una subestimación del nivel de ventas generaría la pérdida de clientes o un bajo nivel de servicio. Frente a esto, la selección y monitoreo del modelo de pronósticos de preferencia es de vital importancia para disminuir los costos de producción y mantener un adecuado nivel de competitividad.

Existen varios métodos estadísticos que permiten realizar estimaciones de la demanda. Entre ellos los modelos de series históricas y la regresión lineal son bastante populares [4].

En este estudio, con el objetivo de realizar el pronóstico de la demanda de fertilizantes foliares, se utilizaron cinco métodos de series históricas, y se seleccionó aquel en donde se minimizan las medidas de error. La demanda de fertilizantes tiene un carácter estacional, pues sus niveles de ventas dependen de las condiciones climáticas [5]. Para contrarrestar el componente estacional, la demanda mensual de fertilizantes para el año 2015 se realizó mediante un método estacional multiplicativo.

## II. MÉTODOS

La base fundamental para el pronóstico de la demanda de fertilizantes foliares fue la recopilación de

datos de la industria agroquímica en estudio correspondientes a los últimos siete períodos (años) de ventas realizadas.

Con el objetivo de definir el comportamiento de la serie, se tabularon los datos y se procedió a realizar una gráfica de los últimos cuatro años, a modo de ejemplo, para la verificación de puntos mínimos y máximos de las ventas a lo largo de cada período.

Luego se procedió a realizar las proyecciones de demanda anuales de fertilizantes mediante la aplicación de cinco técnicas cuantitativas de pronóstico que analizan los datos recopilados de los últimos siete años de gestión.

La aplicación de dichos modelos de series de tiempo, depende del horizonte de tiempo que se va a pronosticar, la disponibilidad de los datos, la precisión requerida y el tamaño del presupuesto de pronóstico [6].

Para el análisis del Promedio Móvil Simple se parte de la siguiente formulación matemática:

$$F_{t+1} = \frac{(D_t + D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-n+1})}{n} \quad (1)$$

En donde  $F_{t+1}$  es el pronóstico para el siguiente período.  $n$  representa el número de períodos a considerar en el estudio y  $D_t$  es la demanda real del período  $t$ .

La principal desventaja de este método es que todos los elementos individuales se deben manejar como

información porque un nuevo período de pronóstico comprende agregar datos nuevos y eliminar los anteriores.

Con respecto al análisis del Promedio Móvil Ponderado, se tiene que:

$$F_{t+1} = w_1 \cdot D_t + w_2 \cdot D_{t-1} + \dots + w_n \cdot D_{t-n+1} \quad (2)$$

Donde  $w_1$  representa la ponderación dada a la ocurrencia real para el período  $t$ , y  $w_n$  es la ponderación para el período  $t-n+1$

Otro método a utilizar es la Suavización exponencial simple (sin ajuste de tendencia) que viene dada por:

$$F_{t+1} = F_t + \alpha \cdot (D_t - F_t) \quad (3)$$

Aquí,  $F_t$  es el pronóstico suavizado exponencialmente para el período  $t$ , y  $\alpha$  es la constante de suavización establecida por el analista.

Para reducir el impacto de error que ocurre entre la realidad y el pronóstico a consecuencia del impacto de la tendencia, se utilizará también el método de Suavización exponencial doble, también conocido como Suavizamiento exponencial incluida la tendencia [6].

$$FIT_t = F_t + T_t \quad (4)$$

$$F_{t+1} = FIT_t + \alpha \cdot (D_t - FIT_t) \quad (5)$$

$$T_{t+1} = T_t + \beta \cdot (F_{t+1} - FIT_t) \quad (6)$$

En este modelo  $T_t$  representa la tendencia suavizada exponencialmente para el período  $t$ .  $FIT_t$ , por su parte, es el pronóstico incluida la tendencia para el período  $t$ . La constante de suavización del pronóstico se representa con la letra  $\alpha$ , y  $\beta$  indica el valor de la constante de suavización de la tendencia.

Por último, se probará modelo de Regresión Lineal, mediante el método de los mínimos cuadrados, cuya ecuación se representa en la forma  $Y = a + bx$ .

Como estadígrafos de evaluación de errores de pronóstico, se utilizaron: la desviación media absoluta (MAD, del inglés *Mean Absolut Deviation*), el sesgo (BIAS en inglés), el error cuadrático medio, (MSE, del inglés *Mean Squared Error*), la desviación estándar ( $\sigma$ ) y el error porcentual medio absoluto (MAPE, del inglés *Mean Absolut Percentage Error*).

El pronóstico para el año 2015, resultará de la aplicación del método cuyas medidas de error sean más cercanas a cero, lo cual ofrece una mayor confianza en la estimación de la demanda futura.

Como se sospecha de la presencia de un patrón estacional, la demanda para cada mes del año se estimará mediante el método estacional multiplicativo referido por Krajewski [7].

### III. RESULTADOS

Después de la recopilación de datos en el Departamento de Ventas

de la empresa objeto de estudio, estos fueron tabulados como se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1  
Demanda mensual de fertilizantes foliares (2008-2015)

		Años						
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ventas (Miles de sacos de 50 Kg)	Ene.	312	242	264	254	350	367	343
	Feb.	249	230	240	249	335	288	314
	Mar.	286	277	268	274	346	304	343
	Abr.	304	259	271	237	342	389	349
	May.	279	250	306	289	369	346	350
	Jun.	226	240	275	274	325	369	329
	Jul.	229	239	293	311	340	351	335
	Ago.	236	243	296	346	360	345	357
	Sep.	244	242	302	296	319	309	353
	Oct.	260	268	311	301	346	356	370
	Nov.	234	258	281	254	354	361	388
	Dic.	279	322	347	329	374	339	346
Total	3 138	3 070	3 454	3 414	4 160	4 124	4 177	

Los valores de demanda están expresados en miles de sacos de 50 Kg cada uno, dado que esta es la medida agregada que utiliza la planta.

Por su parte, el gráfico de las series históricas de la demanda de fertilizantes foliares durante los últimos siete años (2008-2014) se presenta en la Fig. 1. Allí se observa que el comportamiento de las ventas de los fertilizantes foliares se caracteriza por ser estacional, pues de forma sistemática se presentan discretos puntos de máximo en los meses de diciembre y enero y puntos de mínimo en febrero. En los

meses restantes las ventas fluctúan entre 250 000 y 400 000 sacos de 50 Kg cada uno.

No se muestra de forma aparente tendencia al crecimiento por lo que se asume que predomina el componente horizontal y las variaciones pudieran estar asociadas al componente aleatorio.

Al modelar el promedio móvil simple sobre el conjunto de datos se evaluaron 3 posibles opciones: a dos, a tres y por último a cinco años. Entre ellas la primera resultó ser la mejor opción, dado que minimiza las medidas de error consideradas en el

estudio. Los pronósticos de demanda obtenidos se muestran en la Tabla 2.

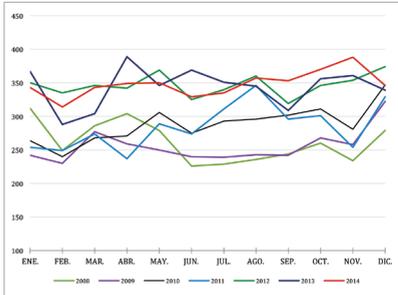


Fig. 1: Serie histórica de la demanda de fertilizantes foliares (2008-2014)

Como puede observarse, el modelo comenzó a aplicarse a partir del 2010, pues la empresa no guarda registros de ventas de los años 2006 y 2007, necesarios para hacer las estimaciones de 2008 y 2009 respectivamente de acuerdo al modelo (ver ecuación 1).

Tabla 2

Pronóstico de demanda mediante el promedio móvil simple.

AÑO	VENTAS	$F_t$	$E_t$
2008	3.138	-	-
2009	3.070	-	-
2010	3.454	3.104,00	350,00
2011	3.414	3.262,00	152,00
2012	4.160	3.434,00	726,00
2013	4.124	3.787,00	337,00
2014	4.177	4.142,00	35,00

En la aplicación del promedio móvil ponderado se realizaron varias asignaciones de pesos o ponderaciones, escogiéndose 0.35 para el mes

más reciente ( $w_1$ ) y 0.65 para el segundo mes inmediato anterior ( $w_2$ ), porque mostraron los valores de error más cercanos a cero. Los pronósticos de demanda obtenidos para este modelo se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3

Pronóstico de demanda mediante el promedio móvil ponderado

AÑO	VENTAS	$F_t$	$E_t$
2008	3.138	-	-
2009	3.070	-	-
2010	3.454	3.093,80	360,20
2011	3.414	3.319,60	94,40
2012	4.160	3.428,00	732,00
2013	4.124	3.898,90	225,10
2014	4.177	4.136,60	40,40

Para la aplicación del método de suavizamiento exponencial se tomó una constante de suavización exponencial  $\alpha=0,21$ , dado que este resultó ser el valor que minimizó las medidas de error consideradas en el estudio. En este caso, los pronósticos de demanda obtenidos se muestran en la Tabla IV.

Tabla 4

Pronóstico de demanda mediante el método de suavizamiento exponencial simple.

AÑO	VENTAS	$F_t$	$E_t$
2008	3.138	3.178,00	-40,00
2009	3.070	3.151,33	-81,33
2010	3.454	3.097,11	356,89
2011	3.414	3.335,04	78,96
2012	4.160	3.387,68	772,32
2013	4.124	3.902,56	221,44
2014	4.177	4.050,19	126,81

El modelo de suavizamiento exponencial con ajuste de tendencia

se aplicó con un coeficiente  $\alpha=0,21$  y un coeficiente de ajuste de tendencia  $\beta=0,12$ . Al igual que en los casos anteriores, estos valores mostraron las medidas de error (MAD, BIAS, MSE,  $\sigma$  y MAPE) más cercanas a cero. La Tabla V muestra los resultados que arrojó el modelo.

Por su parte, la aplicación del modelo de regresión lineal arrojó la siguiente ecuación de regresión:  $Y=2800,86+211,82 \cdot X$ .

Una vez aplicado el modelo sobre el conjunto histórico de datos se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 4.

Tabla 5  
Pronóstico de demanda mediante el método de suavizamiento exponencial con ajuste de tendencia

AÑO	VENTAS	$F_t$	$T_t$	$FIT_t$	$E_t$
2008	3.138	3.213,00	120,00	3.093,00	45,00
2009	3.070	3.135,75	157,19	3.292,94	-222,94
2010	3.454	3.081,15	-27,07	3.054,08	399,92
2011	3.414	3.434,00	303,47	3.737,47	-323,47
2012	4.160	3.430,17	36,12	3.466,29	693,71
2013	4.124	4.125,31	609,47	4.734,78	-610,78
2014	4.177	4.154,54	104,66	4.259,20	-82,20

Tabla 6  
Pronóstico de demanda mediante el método de regresión lineal

AÑO	VENTAS	$F_t$	$E_t$
2008	3.138	3.012,68	125,32
2009	3.070	3.224,50	-154,50
2010	3.454	3.436,32	17,68
2011	3.414	3.648,14	-234,14
2012	4.160	3.859,96	300,04
2013	4.124	4.071,79	52,21
2014	4.177	4.283,61	-106,61

La Tabla VII, por su parte, muestra los valores de las medidas de error para cada uno de los métodos aplicados en esta investigación.

Tabla 7  
Medidas de error para cada uno de los métodos de pronóstico empleados

AÑO	BIAS	MAD	MSE	$\sigma$	MAPE
Prom. móvil simple	1.501,93	1.501,93	11.279.018	242,69	36,87
Prom. móvil ponderado	290,42	290,42	421.718,9	276,16	7,44
Suavización exp. Simple	353,44	402,54	624.595,8	301,96	7,40
Suavización exp. doble	-20,15	475,60	2.030,52	10.167,2	9,03
Regresión Lineal	$-4,6 \cdot 10^{-13}$	198,1	$1,034 \cdot 10^{-24}$	442,70	3,92

Al analizar las medidas de error de los cinco modelos de pronósticos considerados, se observa que los menores valores de error MAD, BIAS, MSE y MAPE corresponden al modelo de regresión lineal. Esto permite concluir que este modelo es el más confiable para realizar los pronósticos de la demanda en el caso práctico objeto de estudio de acuerdo al comportamiento de sus series históricas.

De acuerdo a esto, para el año 2015 se pronostica un nivel de ventas de 4495 unidades agregadas (sacos de 50 Kg), o lo que es lo mismo, 224.75 toneladas de fertilizantes foliares.

Las estadísticas del MSE,  $\sigma$  y MAD proporcionan medidas de la variabilidad del error de pronóstico. Una MAD de 198.1 significa que el error de pronóstico promedio fue de 198 unidades en valor absoluto. El valor de  $\sigma = 442.69$ , indica que la distribución de los errores de pronóstico dentro de la muestra tiene una desviación estándar de 443 unidades aproximadamente. Un MAPE

de 3.92% implica que, en promedio, el error de pronóstico fue de más o menos 3.92% de la demanda real observada. Estas medidas se vuelven más confiables a medida que aumenta el número de períodos de datos.

Dado que el comportamiento de la demanda mensual es estacional, a partir del valor anual pronosticado mediante el método de regresión lineal, se aplicó el modelo estacional multiplicativo, permitiendo obtener los pronósticos de la demanda de fertilizantes foliares para cada mes del año 2015, tal como se muestra en la Tabla VIII. De ahí se deduce que, para el año en curso, las mayores ventas de fertilizantes foliares se esperan para los meses de octubre y diciembre, con valores de 20.05 y 20.1 toneladas métricas.

No es la primera vez que la demanda de fertilizantes, de forma general, se ha podido estimar con buena precisión mediante un modelo de regresión lineal. Tal es el caso propuesto por Usuga-Espinell [5]. Sin embargo, no existen referencias

de la utilización del método estacional multiplicativo de Krajewski ante la presencia de un patrón estacional en el caso de la comercialización de fertilizantes en el Ecuador.

Por esta razón, el modelo de regresión lineal aquí presentado para estimar las ventas anuales de la empresa objeto de estudio, así como los índices estacionales identificados para estimar las ventas mensuales, constituyen un antecedente del comportamiento del mercado de fertilizantes con características foliares en el país. Estos resultados pueden ser relevantes para que esta y otras empresas agroquímicas de la región, mejoren su gestión comercial y planifiquen eficazmente sus niveles de producción.

Tabla 8  
Pronóstico de demanda mensual mediante el modelo estacional multiplicativo de krajewski

MES	Índice estacional	Pronóstico
Ene.	0,98	367
Feb.	0,88	328
Mar.	0,96	361
Abr.	0,98	369
May.	1,00	375
Jun.	1,01	377
Jul.	1,01	379
Ago.	1,04	388
Sep.	1,01	377
Oct.	1,07	401
Nov.	0,99	370
Dic.	1,07	402

## IV. CONCLUSIONES

Como conclusión de este estudio se puede afirmar que el mejor modelo para el pronóstico de la demanda de fertilizantes foliares en la empresa objeto de estudio es la regresión lineal y las ventas pronosticadas para 2015 serán de 224.75 toneladas métricas de producto.

La confiabilidad que presenta este modelo es bastante aceptable ya que los resultados obtenidos presentan las menores medidas de error.

El método estacional multiplicativo fue utilizado para medir la demanda mensual en 2015. Mediante este se pudo determinar que las mayores ventas tendrán lugar en octubre y diciembre.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] HEIZER, J. y RENDER, B. *Dirección de la producción y de operaciones: decisiones tácticas*. Pearson: Madrid, 2008.
- [2] LOWE, L.S. y ROBERTS, C.R. "Current Dimensions in Sales Forecasting". *Marketing Horizons: A 1980's Perspective*, pp. 89-92, 2015.
- [3] QIU, R. y SHANG, J. "Robust optimisation for risk-averse multi-period inventory decision with partial demand distribution information", *Int. J. Prod. Res.*, vol. 52, no. 24, pp. 7472-7495, 2014.
- [4] KUO, R.J., TSENG, Y.S. y ZHEN-YAO CHEN. "Integration of fuzzy neural network and artificial immune system-based back-propagation neural network for sales forecasting using qualitative and quantitative data". *J. Intell. Manuf.*, vol. 1, no. 17, 2014.

- [5] USUGA-ESPINAL, S.T. “Metodología para la elaboración de pronósticos en la unidad de negocio de agroquímicos de una multinacional química integrando juicio humano con computador”. Tesis de maestría, Universidad de la Sabana, Colombia, 2014.
- [6] CHASE, R.B. y JACOBS, F.R. *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros*. Mc Graw Hill: México, 2014.
- [7] KRAJEWSKI, L.J. MALHOTRA, M. K. y RITZMAN, L.P. *Operations management: processes and supply chains*. Prentice Hall: New York, 2015.



# Teaching Behavior and its Incidence on Electricity Consumption

---

(El comportamiento docente y su incidencia en el consumo eléctrico)

Nadia Mercedes Mendieta Villalba\*

**Abstract**— The main objectives of this paper are, to raise awareness among the higher education institutions of Ecuador and other countries regarding the efficient and intelligent use of electrical energy and to know the applications of renewable energies as saving strategies, focusing and emphasizing on solar energy which is currently used by some universities, such as Universidad Politécnica Salesiana.

The investigation exposes university research projects that avoid the waste of electricity and provides practical saving tips in order to achieve saving energy efficiency. A survey applied to a sample of 189 teachers shows their conduct behavior, and importance given to the rationalization of electricity within the Politécnica Salesiana of Guayaquil, hence the urgent need to create a university environmental culture.

**Keywords**— Power Consumption, Teachers' behavior, Renewable Energy, University Project.

## I. INTRODUCCIÓN

La mayoría de las personas creen que la contaminación y el despilfarro energético lo generan las industrias, especialmente las de productos químicos o de petróleo, sin embargo, todos estamos involucrados en el problema. El determinante fundamental para reducir nuestros consumos de energía, sin renunciar al confort al que estamos acostumbrados, es asumir pautas de conducta en nuestros hogares o donde laboramos, la Universidad Politécnica Salesiana.

Sabemos que la energía es imprescindible y somos conscientes del innumerable valor que tienen los recursos que al ser transformados en electricidad, calor o combustible hacen más simple y agradable nues-

\* Nadia Mercedes Mendieta Villalba es Ingeniera Naval, Escuela Superior Politécnica del Litoral ES-POL Guayaquil-Ecuador; Máster en Administración de Seguridad Marítima, World Maritime University Malmö- Sweden y docente investigadora de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

tra existencia, estos medios son la clave para que nuestra universidad progrese dentro de la sociedad del buen vivir. Por lo cual, se requiere que todos los que conformamos la familia politécnica salesiana estemos concienciados respecto al ahorro de energía y su mejor gestión.

En el año 2014, la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil, pagó por consumo eléctrico la cantidad de \$ 238 207,10 a la Eléctrica de Guayaquil (información confidencial del Departamento Financiero). Por un lado, es notorio que en facturas de luz se escapa una gran cantidad de dinero mensualmente. Por otro lado, es prioritario saber que, además del precio monetario la energía tiene un costo social, especialmente cuando ha sido obtenida de un recurso carente, agotable y altamente contaminante como el petróleo, cuyo empleo indiscriminado aumenta el efecto invernadero en el planeta, genera cambios climáticos, acidifica los océanos y la calidad local del aire [1].

Adicionalmente, en la universidad no se han implementado mecanismos y registros para monitorear el consumo de energía, por lo cual la institución no puede evaluar periódicamente la reducción del consumo eléctrico, el uso eficiente de la energía y adoptar medidas al respecto.

Finalmente, la presente investigación analiza a través de una encuesta, las opiniones de los docentes, con el propósito de incen-

tivar la cultura ambiental dentro de la comunidad universitaria y que se tomen decisiones que fomenten la eficiencia energética.

## II. CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL ECUADOR

La distribución del consumo de energía eléctrica no es igual en todos los países del mundo, lo cual puede verificarse en la Figura 1, que presenta un mapa obtenido de la Agencia Internacional de Energía IEA y Ecuador se ubica en los países que consumen entre 0 a 25.000 KWh [2].

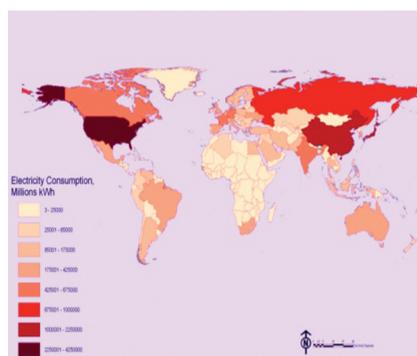


Figura 1  
Consumo de electricidad  
(Millones de KWh)

Fuente: <http://www.afinidadelctrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=195>.

Ecuador tiene producción de energía eléctrica renovable y no renovable, clasificadas de acuerdo al tipo de la central. La tabla I indica que Ecuador en el año 2014 tuvo un total de producción de energía renovable y no renovable de 5 290,11 MW [3].

Tabla 1  
Potencia por tipo de energía y central

Tipo de Energía	Tipo de Central	Potencia Nominal		Potencia Efectiva	
		MW	%	MW	%
Renovable	Eólica	21,15	0,37	21,15	0,40
	Fotovoltaica	26,41	0,46	26,37	0,50
	Hidráulica	2.261,63	39,37	2.234,63	42,24
	Térmica Turbovapor <sup>a</sup>	144,30	2,51	136,40	2,58
<b>Total Renovable</b>		<b>2.453,49</b>	<b>42,71</b>	<b>2.418,55</b>	<b>45,72</b>
	Térmica MCI	1.748,05	30,43	1.446,01	27,33
No Renovable	Térmica Turbogas	1.085,19	18,89	977,30	18,47
	Térmica Turbovapor	458,24	7,98	448,24	8,47
<b>Total No Renovable</b>		<b>3.291,48</b>	<b>57,29</b>	<b>2.871,55</b>	<b>54,28</b>
<b>Total</b>		<b>5.744,96</b>	<b>100,00</b>	<b>5.290,11</b>	<b>100,00</b>

Unidades; MW = Megavatios, % = porcentaje.

<sup>a</sup> Corresponde a generación cuyo combustible es biomasa (bagazo de caña).

Fuente: [http://www.conelec.gob.ec/archivos\\_articulo/doc\\_10525\\_EstadisticaSectorElectricoEcuadoriano2014.pdf](http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/doc_10525_EstadisticaSectorElectricoEcuadoriano2014.pdf)

### III. INCURSIÓN DE LA UPS DE GUAYAQUIL EN EL AHORRO ENERGÉTICO

#### A. Algunos ejemplos de puesta en práctica de proyectos en otras universidades

En la actualidad las universidades de Granada y Almería, España, trabajan en la invención de un contador eléctrico avanzado, dispositivo electrónico de muy bajo coste y accesible mediante una web propia, se aplica a instalaciones domésticas,

comerciales o industriales. El dispositivo presenta avisos de los consumos eléctricos realizados por el usuario en tiempo efectivo y permite gestionar instalaciones renovables como fotovoltaicas o eólicas, aisladas o conectadas a red [4].

La Universidad Autónoma de Madrid (UAM), la Fundación Tierra y un grupo de personas han trabajado en la instalación de una central fotovoltaica en la cubierta del edificio de la Facultad de Psicología [5].

Ahorrar dinero con una iluminación mejor es el Proyecto Piloto de Iluminación Eficiente en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), surgió del requerimiento de mayor disponibilidad eléctrica para laboratorios y nuevas instalaciones universitarias [6].

El grupo de investigación energía y termodinámica GET de la Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, labora en el tema energético a través del desarrollo, diseño, evaluación y optimización de tecnologías, recursos y equipos relacionados con energía térmica y combustión, con el fin de incrementar la productividad y competitividad [7].

La Universidad Politécnica de Valencia, España, estudia el funcionamiento de los ordenadores en las aulas y departamentos para detectar situaciones donde se podría reducir el consumo de energía. Se investiga parámetros de suspensión y desconexión de los dispositivos según las particularidades del sitio e itinerario de trabajo del usuario [8].

En nuestro país, la Universidad Politécnica Salesiana UPS, sede Guayaquil, ha diseñado e implementado un sistema de iluminación fotovoltaico de respaldo para los laboratorios de electrónica de potencia y control automático en el edificio B, que se encuentra operativo desde mayo del presente año hasta la fecha. El sistema es capaz de suministrar energía de emergencia por cinco horas durante el día y dos horas por la noche [9].

### *B. Consejos prácticos para el ahorro energético*

A continuación, se citan algunas medidas de ahorro energético aplicables en la universidad Politécnica Salesiana para aulas, laboratorios,

biblioteca, salas de profesores, cafeterías y bar.

Para el uso de electrodomésticos:

- a. Desenchufar los aparatos de la red cuando no sean utilizados.
- b. Seleccionar aparatos que no cuenten con relojes o termómetros electrónicos en caso de que estos no sean indispensables para su funcionamiento [10].
- c. Adquirir, tanto para el bar como para la cafetería (sala de profesores), electrodomésticos de clase A, A+, A++ y A+++ sobre todo la nevera que funciona las 24 horas y tiene alto consumo [11].
- d. Fijar la temperatura de refrigeración de la nevera a 40 °F (4.4 °C) y congelador 0 °F (-17.7 °C) [12].
- e. Situar los equipos de refrigeración de tal manera que no reciban los rayos solares a fin de contar con una conveniente circulación del aire procurando proveerles de sombra.
- f. Revisar nuestras instalaciones eléctricas con el fin de detectar posibles defectos [13].

Para el uso de acondicionadores de aire:

- a. Pintar con colores claros techos y paredes externas para reflejar la radiación solar.
- b. Ventilar el aula o sala cuando la brisa de la calle sea más fresca (inicio de las horas de la mañana y en la noche).

- c. Cerrar ventanas y cortinas son acciones eficaces para disminuir el calentamiento de nuestra sala o aula.
- d. Encender el aparato de aire acondicionado, sin ajustar el termostato a una temperatura más baja de lo normal, puesto que no enfriará la sala o aula a la brevedad. En verano sitúe el termostato a 26 °C [11].
- e. Instalar contadores individuales o controladores del costo de consumo.

Para el uso de luces:

- a. Aprovechar la iluminación natural siempre que sea posible.
- b. Utilizar colores claros en las paredes y techos.
- c. Adaptar la iluminación a los requerimientos y dar prioridad a la iluminación localizada.
- d. Evitar dejar las luces encendidas en aulas o habitaciones que no esté utilizando.
- e. Mantener limpias las lámparas y las pantallas elevará la luminosidad, sin incrementar la potencia.
- f. Reemplazar las bombillas incandescentes por focos de ahorro que disminuyen el consumo en un 80% de energía y su vida útil es 8 veces mayor. Cambiar, con prioridad, las que más tiempo estén prendidas [11].
- g. Utilizar bombillas led para obtener un ahorro energético y económico en la iluminación entre el 80 y 90%. La vida útil de estas bombillas es 30 veces más que las tradicionales, de encendido rápido y tienen garantías. Al ser desechadas resultan más ecológicas porque no están hechas a base de mercurio ni gases tóxicos.
- h. Usar lámparas fluorescentes donde se requieran muchas horas de luz como por ejemplo la biblioteca, sala de profesores, aulas, bar, etc [11].
- i. Colocar sensores de movimiento en corredores, sanitarios, garajes, áreas comunes, etc., para que las luces puedan encenderse y apagarse automáticamente.
- j. Reducir al mínimo la iluminación ornamental en exteriores: jardines, patios, canchas, etc.
- k. Colocar reguladores de intensidad luminosa de tipo electrónico (no de reóstato).

Para el uso de ascensores:

Considerar la posibilidad de usar las escaleras en vez del ascensor. Es una costumbre saludable y ahorrará energía.

Para las computadoras:

El monitor es el periférico que más consume, por lo tanto, para pausas cortas es recomendable desconectar la pantalla de su PC o programarlo en el sistema de ahorro de energía. El único salvapantallas que ahorra energía es aquel que deja la pantalla en negro. La pantalla plana consume menos que las convencionales [11].

Apagar el ordenador si se prevé que no se va a utilizar durante más de una hora, al finalizar la jornada laboral, los fines de semana, etc.

Aprovechar elementos del equipo, teclado, ratón, etc., cuando se reemplaza un ordenador antiguo.

Otros:

- a Adquirir tipos de ventanas que se pueden abrir para crear una abertura en la parte superior e inferior del marco de la ventana, el flujo del aire resultante es una excelente forma de refrigerar una habitación. Ver Fig. 2 [14].



Figura 2

Ventana apropiada para ventilación

Fuente: S. Berry [14]

- b Insertar energía renovable, como la solar fotovoltaica, para asistir en la generación de electricidad en la UPS. Ello necesitará de un financiamiento inicial, pero en corto tiempo se amortizará y será un activo eficiente debido al ahorro que producirá.

- c Informar de las pérdidas o derroches de energía que observe en su lugar de trabajo y proponga mejoras al Departamento de mantenimiento o a la Dirección de Carrera.

- d Adquirir un cargador solar para celulares es una manera económica de ingresar en el mundo de la energía verde y ahorrar en la factura de energía eléctrica [15].

- e Participar en las fechas importantes para el medioambiente con el objeto de que nuestras acciones se sumen al de otras universidades y crear conciencia ecológica y cultura ambiental:

- 5 de marzo: Día Mundial de la Eficiencia Energética
- 21 de marzo: Día Internacional de los Bosques
- 22 de marzo: Día Mundial del agua
- 22 de abril: Día Internacional de la Tierra
- 22 de mayo: Día Internacional de la Diversidad Biológica
- 5 de junio: Día Mundial del Medio Ambiente

#### IV. METODOLOGÍA

Este trabajo está basado en un estudio de estado de opinión a través de encuesta. La población analizada estuvo constituida por 373 docentes de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil del año 2015. Para conocer las opiniones y actitudes respecto a la reducción del consumo de energía eléctrica

y su uso eficiente se elaboró una encuesta con preguntas que toman en cuenta los dispositivos que más consumen electricidad en la institución (acondicionador de aire, computadoras y ascensores). La muestra fue calculada para una población finita mediante la fórmula obtenida de la referencia [16]:

$$n = \frac{Z^2 PQN}{e^2(N-1) + Z^2 PQ}$$

$$n = \frac{(1.96)^2(0.5)(0.5)(373)}{(0.05)^2(373-1) + (1.96)^2(0.5)(0.5)}$$

$$n = 189$$

Donde:

n = número de elementos de la muestra

N = Total de la población

Z = grado de confiabilidad

P = probabilidad

Q = no probabilidad

e = error

Una vez recogida la información se procesaron los datos y con la ayuda de un ordenador se elaboraron los cuadros estadísticos para realizar los gráficos correspondientes.

## V. RESULTADOS

A continuación, se exponen las cinco preguntas que conformaron el instrumento base de la encuesta aplicada a los docentes. Como se muestra en cada uno de los gráficos, se tabulan las opiniones de cada profesor en función a las categorías:

totalmente, en gran medida, moderadamente, muy poco y nada.

### Pregunta No. 1

¿Usted desconecta los aparatos de la red cuando no los está utilizando en la universidad?

En la figura 3 se agrupa por categoría el criterio de la muestra en base a la encuesta.

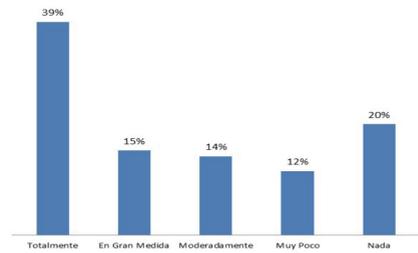


Figura 3

Desconexión de aparatos de la red

Fuente: Encuesta efectuada en la UPS Guayaquil

### Pregunta No. 2

¿Usted ventila el aula o sala cuando el aire de la calle es mas fresco (primeras horas de la mañana y durante la noche)?

En la figura 4 se agrupa por categoría el criterio de la muestra en base a la encuesta.

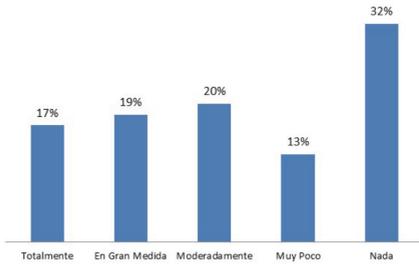


Figura 4  
Ventilación de aula o sala

Fuente: Encuesta efectuada en la UPS Guayaquil

Pregunta No. 3

¿Usted cierra la persiana o corre cortinas para reducir el calentamiento de la sala o aula?

En la figura 5 se agrupa por categoría el criterio de la muestra en base a la encuesta.

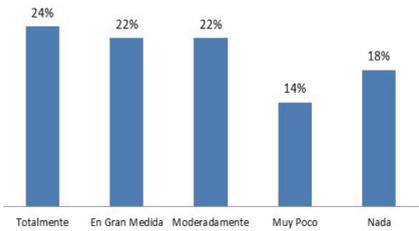


Figura 5

Reducción de calentamiento en sala o aula

Fuente: Encuesta efectuada en la UPS Guayaquil

Pregunta No. 4

¿Usted evita dejar las luces encendidas en las aulas o habitaciones que no utilice?

En la figura 6 se agrupa por categoría el criterio de la muestra en base a la encuesta.

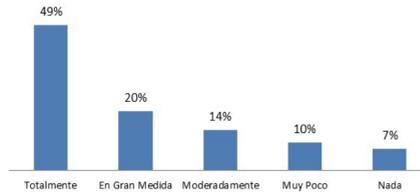


Figura 6  
Evitar dejar luces encendidas

Fuente: Encuesta efectuada en la UPS Guayaquil

Pregunta No. 5

¿Usted utiliza las escaleras en vez del ascensor para ahorrar energía?

En la figura 7 se agrupa por categoría el criterio de la muestra en base a la encuesta.

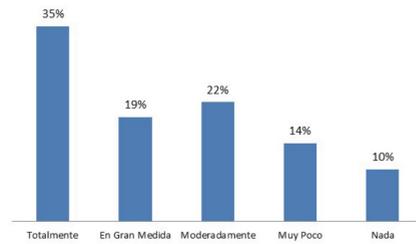


Figura 7  
Utilización de escaleras en lugar de ascensor

Fuente: Encuesta efectuada en la UPS Guayaquil

## VI. DISCUSIÓN

Se puede observar en la Fig. No. 3 que el 32% de los docentes muy poco o nada desconectan los aparatos cuando no los utilizan. Esto sugiere que debe existir una divulgación que promueva el apagado de equipos y luces cuando no están en uso mediante comunicados o con dispositivos especiales.

Respecto a la ventilación del aula o sala, mostrada en la Fig. No.4, el 45% de los docentes muy poco o nada ventilan las aulas, por lo cual deben adoptarse medidas para el máximo aprovechamiento de la ventilación natural en la universidad.

Según los resultados mostrados de la Fig. No. 5, el 32% de docentes muy poco o nada reducen el calentamiento en salas o aulas por lo cual se debe minimizar las pérdidas de frío sobre todo en días muy calurosos con el cierre de persianas y cortinas.

De acuerdo a la Fig. No. 6, el 17% de docentes muy poco o nada evitan dejar las luces encendidas y en la Fig. No. 7, el 24% de docentes no utilizan las escaleras por lo cual debe haber un mayor control o dictar talleres de sensibilización que mejoren pautas de conducta para implementar los consejos prácticos descritos.

## VII. CONCLUSIONES

En la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil, se deben establecer normas y planes (estipulando metas, responsables y cronogramas) orientados a la racionalización de recursos e incremento de la eficiencia energética.

Es necesario implantar un programa de inducción de ahorro energético para los estudiantes, docentes y personal administrativo con el objeto de fomentar y desarrollar una cultura ambiental.

La Universidad Politécnica Salesiana podría promover, invertir

en investigación y llevar a cabo el uso de energías renovables como una manera de mostrar a la comunidad académica una institución educativa involucrada en el cambio de la matriz energética. Además, es prioritario incrementar proyectos de energía solar que mejoren la calidad de vida de comunas del Ecuador, que están desprovistas del servicio eléctrico, como la expuesta en la referencia [17].

La Universidad Politécnica Salesiana podría fomentar, a través de su vinculación con la empresa privada, el incremento del uso de energías no convencionales a fin de que las compañías estatales de distribución eléctrica, compren de acuerdo a la ley nacional la energía inyectada a sus redes, según los precios estipulados en la referencia [18].

## VIII. RECONOCIMIENTOS

Agradecimientos al Departamento Financiero de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil, por la información compartida.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. "Green light for energy-efficiency project", IMO NEWS, no. 3, 2015, pp. 6.
- [2] AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA. "Cae el consumo mundial de electricidad por primera vez desde el fin de la segunda guerra mundial", [Online]. Disponible: <http://www.>

- afinidadelectrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=195. [Accessed: 25-Sep-2015].
- [3] AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ELECTRICIDAD. “Estadística del sector eléctrico ecuatoriano”, 2014. [Online]. Disponible: [http://www.conelec.gob.ec/archivos\\_articulo/doc\\_10525\\_EstadisticaSectorElectricoEcuatoriano2014.pdf](http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/doc_10525_EstadisticaSectorElectricoEcuatoriano2014.pdf). [Accessed: 25-Sep-2015].
- [4] UNIVERSIDAD DE GRANADA. “Diseñan un contador inteligente que permite conseguir un ahorro energético y monitorizar la calidad eléctrica”, 2015. [Online]. Disponible: [http://secretariageneral.ugr.es/pages/tablon/\\*/noticias-canal-ugr/disenan-un-contador-inteligente-que-permite-conseguir-un-ahorro-energetico-y-monitorizar-la-calidad-electrica#.VdjgoSV\\_Okp](http://secretariageneral.ugr.es/pages/tablon/*/noticias-canal-ugr/disenan-un-contador-inteligente-que-permite-conseguir-un-ahorro-energetico-y-monitorizar-la-calidad-electrica#.VdjgoSV_Okp). [Accessed: 25-Sep-2015].
- [5] FUNDACIÓN TERRA. “Ola Solar de la Universidad Autónoma de Madrid (2010)”. [Online]. Disponible: <http://www.fundaciontierra.es/es/actividades/economia-solar/ola-solar-de-la-universidad-autonoma-de-madrid-2010>. [Accessed: 25-Sep-2015].
- [6] SEIFRIED, D. y Ö-QUADRAT, “Ahorrar dinero con una iluminación mejor Proyecto Piloto de Iluminación Eficiente en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)”, 2009. [Online]. Disponible: [http://www.scp-centre.org/fileadmin/content/files/project/mexico\\_university/UNAM\\_lay\\_es-end.pdf](http://www.scp-centre.org/fileadmin/content/files/project/mexico_university/UNAM_lay_es-end.pdf). [Accessed: 25-Sep-2015].
- [7] UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. “Grupo de Investigación Energía y Termodinámica GET.” [Online]. Disponible: [http://www.upb.edu.co/portal/page?\\_pageid=1054,31239466&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.upb.edu.co/portal/page?_pageid=1054,31239466&_dad=portal&_schema=PORTAL). [Accessed: 25-Sep-2015].
- [8] GARCÍA, G. “Proyecto de Ahorro Energético para Sistemas Informáticos. Herramienta de Autoapagado de la UPV v.2.0.3.”, 2010. [Online]. Disponible: <http://personales.upv.es/guigarnu/autoapagadoupv.html>. [Accessed: 26-Sep-2015].
- [9] IVÁN, M. y LEÓN, K. “Diseño e implementación de un sistema de iluminación fotovoltaico de respaldo para los laboratorios de electrónica de potencia y control automático. Tesis de Grado. Universidad Politécnica Salesiana. Sede Guayaquil.”, 2015, pp. 110.
- [10] EBM. EN BUENAS MANOS. “El consumo de los electrodomésticos en reposo.” [Online]. Disponible: <http://www.enbuenasmanos.com/el-consumo-de-los-electrodomesticos>.
- [11] INSTITUTO IDAE. “Guía práctica de la energía. Consumo eficiente y responsable”, 2011. [Online]. Disponible: [http://dl.idae.es/Publicaciones/11046\\_Guia\\_Practica\\_Energia\\_3\\_Ed.rev\\_y\\_actualizada\\_A2011.pdf](http://dl.idae.es/Publicaciones/11046_Guia_Practica_Energia_3_Ed.rev_y_actualizada_A2011.pdf). [Accessed: 28-Sep-2015].
- [12] PREGUNTALE A KAREM. “¿Qué temperatura debe mantener un refrigerador?”, 2010. [Online]. Disponible: [http://preguntaleakaren.custhelp.com/app/answers/detail/a\\_id/5041/~/%C2%BFqu%C3%A9-temperatura-debe-mantener-un-refrigerador%3F](http://preguntaleakaren.custhelp.com/app/answers/detail/a_id/5041/~/%C2%BFqu%C3%A9-temperatura-debe-mantener-un-refrigerador%3F). [Accessed: 28-Sep-2015].
- [13] AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ELECTRICIDAD. “¿Por qué ahorrar energía eléctrica?” [Online]. Disponible: <http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=1362&l=1>.
- [14] BERRY, S. *50 ideas para hacer tu casa y tu jardín más ecológicos*. Blume: Barcelona, España, 2009, pp. 17.
- [15] AYUDAS ENERGÍA. “Cargador solar para móviles”, 2013. [Online]. Disponible: <http://www.ayudasenergia.com/>.

- [16] CANTONI, N.M. “Técnicas de muestreo y determinación del tamaño de la muestra en investigación cuantitativa”, *Rev. Argentina Humanidades y Ciencias Soc.*, vol. 7, no. 2, 2009.
- [17] GONZÁLEZ, G. ZAMBRANO, J. y ESTRADA, E. “Diseño e implementación de un sistema de energía solar en la comuna Puerto Roma de la Isla Mondragon del Golfo de Guayaquil, Provincia del Guayas”. Tesis de Grado. Universidad Politécnica Salesiana. Sede Guayaquil, 2014, pp. 13.
- [18] CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD. “REGULACIÓN No. CONELEC 001/13.” [Online]. Disponible: [http://www.conelec.gob.ec/normativa/001\\_13\\_Energias\\_Renovables.pdf](http://www.conelec.gob.ec/normativa/001_13_Energias_Renovables.pdf). [Accessed: 12-Nov-2015].



# Can We Encourage the Solar Industry in Ecuador?

---

(¿Se puede impulsar la industria solar en el Ecuador?)

Luis Daniel Caamaño Gordillo\*

**Abstract**— For many years, our economy has depended on a manufacturing based commodity production. The constant changes in commodity prices, especially petroleum affect the general budget of the state. It is for this reason that our production model needs urgent diversification in areas of greatest technological approach. Currently in the world, there is a tendency of growth in the consumption of renewable energies, especially having to do with solar energy in order to reduce CO2 emissions to the environment and prevent global warming. To achieve confront the problem of lack of diversification in our industrial processes and at the same time take advantage of the growth trend of renewable energy, through this article has conducted a study regarding the opportunity for the Ecuador to penetrate into the solar energy industry. An analysis of the demand

and offer of this type of energy is done, the manufacturing process is explained, the business relationship with leading countries in this type of energy, such as Germany, the availability of materials and especially talk the importance of technology transfer that should have our country regarding this type of energy.

**Keywords**— Solar Energy, Photovoltaic Cells, Industrial Processes.

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el Ecuador se encuentra afrontando una problemática en dos grandes sectores de su economía: la matriz productiva y la matriz energética.

En cuanto a la primera, si realizamos un análisis de la evolución del sector industrial en el país, nos encontraremos con la triste sorpresa, de que los patrones de producción no han sufrido ningún cambio

\* Luis Daniel Caamaño Gordillo es Máster en Gestión de la Productividad y la Calidad, Ingeniero Industrial, Profesor tiempo completo de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana. Además, es miembro del Grupo Interdisciplinar de Investigación en Matemática Aplicada (GIIMA).

estructural en los últimos 20 años [1]. Los principales motivos de esta situación se deben a que la manufactura de nuestro país se basa en la explotación de recursos naturales y de bienes primarios, y esto hay que sumarle la falta de diversificación en la producción nacional, lo que sin lugar a dudas ha estancado el desarrollo de la industria nacional. Debido al escaso desarrollo que ha tenido nuestro sector industrial y a la falta de diversidad de productos, esto finalmente ha desembocado en el incremento de las importaciones, ya que hasta el año 2011, estas tuvieron un alto crecimiento con respecto a la producción nacional, lo cual generó un déficit en nuestra balanza comercial.

Para lograr enfrentar esta problemática, uno de los objetivos estratégicos del actual gobierno, plasmados en el Plan del Buen Vivir 2013 – 2017, consiste en impulsar la transformación de la matriz productiva de nuestro país, incursionando en nuevos y diversos sectores industriales que sean cada vez más competitivos, sustentables y sostenibles, ya que es necesario que el Ecuador se dirija cada vez más hacia una estructura productiva orientada al conocimiento y a la innovación de sus procesos de manufactura. Otro sector, igualmente importante como lo es matriz productiva, es la matriz energética, la cual hasta el año 2011 mostró un alto crecimiento en el consumo de fuentes de energía

no renovable, como es el caso de los derivados del petróleo que se usan para abastecer al sector automotor a través de la gasolina, y a los hogares por medio del gas licuado de petróleo (GLP), lo cual impactó en la reducción del consumo de fuentes de energía renovable. Para lograr revertir esta situación, en los últimos años se ha venido apostando por el uso de fuentes de energía renovable, lo que se ha constatado a través de diferentes iniciativas y proyectos liderados por el actual gobierno, los cuales se encuentran en marcha, tales como: construcciones de plantas hidroeléctricas, incentivo en los hogares el uso de cocinas de inducción, instalación de sistemas eólicos y solares en diversas zonas geográficas del país.

Con el problema expuesto, y con el propósito de contribuir al desarrollo de la matriz productiva y energética del país, por medio del presente artículo se quiere demostrar que en nuestro país es posible comenzar a desarrollar la industria solar, a través de la implantación de la primera planta procesadora de células fotovoltaicas en el Ecuador.

Las células fotovoltaicas son el componente principal en un panel solar, y son las que permiten captar los rayos solares para que sea transformada a energía eléctrica. El Ecuador tiene instalado aproximadamente seis mil sistemas fotovoltaicos en la zona de la Amazonía que representan 0,1 MW, y se tiene

planeado en el futuro la instalación de más paneles solares que generarán 282 MW. Esto significa que en el país se seguirá fomentando la energía solar, por lo tanto, desde el punto de vista del mercado, si existirá una demanda futura para el producto.

En el presente artículo se expondrá los recursos técnicos y humanos necesarios para poder incursionar en este nuevo campo industrial, así como también se explicará cada una de las etapas del proceso que se requieren para poder comenzar a producir las primeras células fotovoltaicas. En el mes de Noviembre del año 2009, el Ministro de Industrias y Productividad encargado en ese entonces, el señor Andrés Robalino, recibió la visita del Príncipe Alejandro de Sajonia del Gobierno de Alemania, el cual le hizo una propuesta al Gobierno del Ecuador que consistía en la instalación de una fábrica de producción de paneles solares, de generación de energía fotovoltaica, para que el Ecuador sea el centro de distribución de este tipo de energía para América Latina, debido a la ubicación estratégica de nuestro país [2].

El alcance de la propuesta consistía en transferir tecnología alemana al Ecuador, entre lo cual se incluía equipos y maquinaria para iniciar la implementación del sistema fotovoltaico en nuestro país, ya que Alemania es una de las naciones europeas que tiene uno de los

mayores avances en este tipo de tecnología energética. En marzo del año 2010, el mismo príncipe Alejandro de Sajonia mantuvo reuniones con el Vicepresidente del Ecuador en ese entonces, el Señor Lenin Moreno a quien en esta oportunidad le propuso la instalación de un parque solar para la generación de energía fotovoltaica. El Príncipe alemán explicó que la capacidad de generación de energía de dicha planta, sería la misma que originaría una planta nuclear, por lo tanto, sería capaz de satisfacer la demanda energética del Ecuador [3]. Uno de los aspectos interesantes en esta segunda propuesta, es que el gobierno alemán brindó la apertura para que jóvenes ecuatorianos puedan ser capacitados en dicho país para que aprendan el manejo de una fábrica de paneles solares y puedan regresar al Ecuador para seguir desarrollando nuevas tecnologías en este campo. De acuerdo a lo expuesto anteriormente, se puede observar que en el Ecuador existen las condiciones geográficas estratégicas para poder incursionar en la industria solar y poder ser el centro de distribución de células fotovoltaicas y paneles solares en América Latina.

Es importante indicar que también han existido propuestas de un sin número de empresas europeas interesadas en instalar fábricas de paneles solares en el Ecuador, debido a la ubicación estratégica de nuestro país. De acuerdo a un estu-

dio realizado en el año 2013 por Green Tech Media, se estima que el consumo de energía solar en los países de América Latina crecerá a un ritmo del 66% hasta el año 2017 [4]; uno de los principales factores que ha provocado este crecimiento, es la reducción de costos de los equipos fotovoltaicos, lo cual ha provocado que la demanda de energía solar des-punte con una muy buena tendencia de crecimiento, tal como se puede observar en la figura 1. [4].

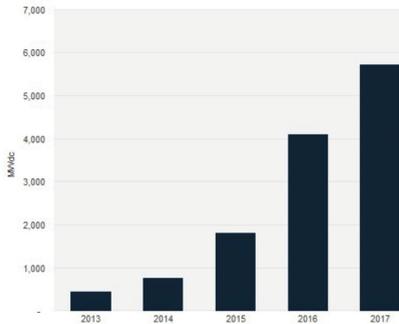


Figura 1  
Pronóstico de Crecimiento  
de Energía Solar. [4]

El país donde se han desarrollado mayores proyectos de producción de energía solar es en Chile, seguido de Brasil, México y Ecuador, tal como podemos apreciar en la figura 2. Como se puede apreciar, nuestro país, se encuentra ubicado en cuarto lugar de entre nueve posiciones, esto se debe al impulso que está generando el actual gobierno, fomentando el consumo de energías renovables, tendencia que seguirá creciendo [4].

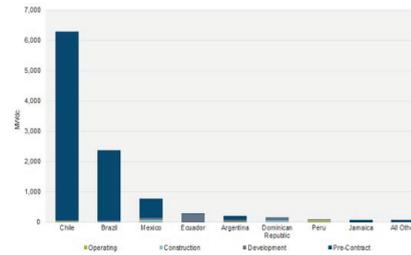


Figura 2  
Desarrollo de Proyectos  
Solares por País. [4]

La predicción de crecimiento de los mercados de energía solar en América Latina comienza su materialización, cuando en octubre del año 2014, inicia la construcción de una fábrica de paneles solares en San Juan Argentina [5].

De acuerdo a la investigación realizada, las 10 principales empresas fabricantes de paneles solares en el mundo son las siguientes: JA Solar, Yingli, Canadian Solar, Jinko Solar, ReneSola, Sharp Solar, Hanwha Solarone, Kyocera, Trina Solar y First Solar.

La mayor parte de estos fabricantes se encuentran en países como Alemania, Estados Unidos, China, Canadá, Japón y España, y satisfacen en su mayoría al mercado norteamericano, europeo y asiático.

En cuanto a la oferta de productores de energía solar en América del Sur, actualmente solo existe un proyecto en ejecución en la ciudad de San Juan Argentina [5], que inició recientemente en el año 2014, que consiste en la construcción de una

fábrica de paneles solares. Aparte de este proyecto, no hay más productores sudamericanos que atiendan la demanda de energía solar en América Latina; lo que ha existido hasta el momento son convenios con productores extranjeros para importar los paneles solares o células fotovoltaicas y poder comercializarlos en América del Sur, por lo tanto, existe un terreno virgen en el que nuestro país aún puede incursionar a través de la industria solar.

## II. PROCESO DE MANUFACTURA DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

El proceso de manufactura para la elaboración de células fotovoltaicas consta de 4 etapas básicas, tal como podemos observar en el siguiente diagrama de bloques del proceso:



A continuación, explicamos de manera detallada cada una de las etapas del proceso, así como también, las entradas y salidas que se generan de cada una de ellas.

### A. Proceso 1: Cristalización

La materia prima que ingresa al proceso de cristalización es el silicio de alta pureza, el cual es depositado en un recipiente de cuarzo, el cual se introduce en un horno de fundición, en donde el silicio se funde a temperaturas mayores a los 1400°C

durante 20 horas; y posteriormente se deja enfriar por 3 días seguidos obteniéndose un bloque de silicio multicristalino. En el siguiente diagrama resumimos este proceso.

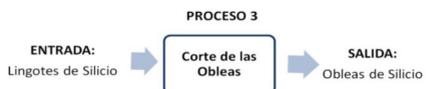
### B. Proceso 2: Elaboración de lingotes

El bloque de silicio multicristalino se introduce en una máquina llamada Briquetador, la cual se encarga de cortar el bloque de silicio en 25 lingotes cuadrados durante aproximadamente 7 horas; luego, estos son transportados al área de lavado para eliminar cualquier tipo de impureza o suciedad; posteriormente, los lingotes son inspeccionados en cuanto a su peso y dimensiones para que finalmente sean trasladados a un almacenamiento temporal.



### C. Proceso 3: Corte de las obleas

A través de un procedimiento por alambre, se cortan los lingotes en discos finos (obleas) de 0,2 milímetros. En aproximadamente 8 horas, se habrán cortado entre 2000 a 3000 obleas.



#### *D. Proceso 4: Elaboración final de las obleas*

Las obleas de silicio, una vez que salen del proceso de corte, son lavadas con el propósito de eliminar posibles residuos del material que se hayan acumulado en las etapas del proceso anterior y posteriormente ingresan a un proceso de separación de láminas, para obtener finas obleas, cuyas dimensiones son inspeccionadas, para de acuerdo a eso clasificarlas en varios tipos de calidad, en base a su grosor y textura de la superficie. Finalmente, las obleas son empaquetadas y almacenadas para su respectiva comercialización.

#### *E. Proceso 5: Limpieza*

Las obleas pasan a través de un segundo lavado, pero esta vez esta limpieza se la realiza con diferentes tipos de ácido para retirar cualquier tipo de residuo adicional que haya generado en los procesos anteriores.



#### *F. Proceso 6: Texturizar*

Posteriormente las obleas pasan a través de lo que llamamos la etapa de texturizar, en se aplican diferentes tipos de químicos para cauterizar la superficie de las obleas, mejorando su eficiencia a través de la reducción de los reflejos solares involuntarios, absorbiendo más

energía solar para transformarla en mayor energía eléctrica.

#### *G. Proceso 6: Bañado en gas fosfórico*

El siguiente paso consiste en ingresar un lote de obleas a un horno tubular, en donde se las somete a una corriente de gas fosfórico a una temperatura de 800 grados centígrados. El fósforo penetra en la estructura molecular de las obleas creando dos capas de diferente carga, una positiva y la otra negativa. Esto es lo que permite hacer realidad el efecto fotovoltaico, en donde los fotones pasar a ser electrones y se puede hacer producir energía eléctrica.

#### *H. Proceso 7: Proporcionar coloración*

Posteriormente, en una cámara de plasma, la célula solar adquiere un color azul característico; la tonalidad azul permite reducir aún más los reflejos involuntarios del sol, aumentando la radiación de la luz y como resultado se genera mayor energía eléctrica.

#### *I. Proceso 8: Soldadura de colectores de energía eléctrica*

Finalmente, a través de un proceso de serigrafía se aplica una superficie de contacto con tiras de soldadura en la parte trasera de la célula y en la parte delantera se colocan filamentos de contacto (colectores de corriente), los cuales posteriormente a través de un horno son soldados a

la oblea de silicio. Los colectores de energía eléctrica son los que permiten transportar a los electrones.

Cada una de las etapas del proceso explicada anteriormente, resume la fabricación de células fotovoltaicas. A continuación, se hablará sobre la importancia de la obtención de la materia prima en el Ecuador.

### **III. MATERIA PRIMA PARA LA PRODUCCIÓN DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS**

La materia prima básica para la producción de células fotovoltaicas, es el Silicio de alta pureza. El silicio es el segundo elemento más abundante en la naturaleza después del oxígeno; asimismo, es importante destacar el hecho de que este elemento no se encuentra puro en la naturaleza, sino que haya en forma de dióxido de silicio. El dióxido de silicio es uno de los componentes que se pueden extraer de la arena. En el Ecuador existen yacimiento donde se puede obtener el silicio en grandes cantidades, por lo tanto, desde el punto de vista de disponibilidad, nuestro país si tiene acceso suficiente para abastecerse del silicio necesario para la fabricación de células fotovoltaicas.

### **IV. TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA SOLAR**

Uno de los aspectos más importantes que se deben considerar al momento que emprender en la industria solar, es la transferencia

de tecnología, dentro de la cual se ubica el fortalecimiento del talento humano. En cuanto a este terreno, actualmente, el gobierno, a través de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, se encuentra constantemente promoviendo programas de becas para estudios de maestrías y doctorados que se encuentren alineados al fortalecimiento de la matriz productiva y energética del Ecuador. Entre las bases de postulación para dichas becas, se establece que el programa de estudios de escoja el futuro becario deberá alinearse con las áreas prioritarias para el Ecuador, entre las que se encuentra el sector de industrias y energías renovables. Asimismo, una vez que el becario se gradúe, podrá regresar al país para trabajar por el doble del tiempo que duraron sus estudios y poder de esa manera transferir sus conocimientos. Con lo descrito anteriormente, se puede afirmar que hasta el año 2017 se pondrá contar con talento humano capacitado para que el Ecuador pueda incursionar en este nuevo terreno industrial basado en la energía solar. De la misma manera, se sugiere que el actual gobierno realice una convocatoria para reunir a todo el talento humano especializado en energías renovables, especialmente, el relacionado a la energía solar para que pueda iniciar el proyecto de industrialización de la energía solar en el Ecuador. Las ramas de especialización de

aquellos profesionales que podrán participar en el proyecto para la implementación de la planta procesadora de células fotovoltaicas son: Industrial, energías renovables, energía solar, especialistas en materiales y químicos.

## V. CONCLUSIÓN

Finalmente, se concluye que, si es factible que el Ecuador emprenda su incursión en la industria solar, a través de la implementación de una planta procesadora de células fotovoltaicas. A continuación, se detallan los puntos que respaldan esta conclusión:

- El Plan del Buen Vivir 2013-2017 promueve:
  1. La diversificación de la matriz productiva a través de la implementación de innovadores procesos industriales que sean amigables con el medio ambiente y que ayuden al país a ser más competitivo.
  2. La optimización de la matriz energética, promoviendo la producción y consumo de energías de fuente renovable, como es el caso de la energía solar.
- Existe una tendencia de crecimiento en la demanda de energía solar en América Latina, la cual hay que aprovecharla.
- Existen yacimientos de arena sílice en el Ecuador, a partir de la cual se puede extraer el silicio de alta pureza como materia prima para la elaboración de las células fotovoltaicas.

- Producto de la inversión en transferencia de conocimiento realizada por el gobierno ecuatoriano, en el mediano plazo se contará con profesionales capacitados que se podrán reclutar para participar en el proyecto de implementación de la planta procesadora de células fotovoltaicas para la generación de energía solar.
- Hay antecedentes de acercamiento del gobierno alemán con el Ecuador para poder transferir la tecnología relacionada a la maquinaria y equipos que se requirieren

Finalmente, por todos los puntos mencionados, se concluye que si es factible la implementación de una planta procesadora de células fotovoltaicas para generación de energía solar en el Ecuador.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR 2013-2017. Objetivo 10: Impulsar la transformación de la Matriz Productiva, pp. 291-306, 1994.
- [2] DIARIO LA HORA. "Proponen al Ecuador Desarrollar Energía Fotovoltaica" [online]. Ecuador: Diario La Hora, 2009 Disponible en: [http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/964933/-1/home/goRegional/Carchi#.VeTE\\_CV\\_Okp](http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/964933/-1/home/goRegional/Carchi#.VeTE_CV_Okp), 2009.
- [3] VICEPRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. "Vicepresidente se reúne con príncipe Alejandro de Sajonia para escuchar propuesta de instalación de parque

- solar en Ecuador” [online]. Ecuador: Vicepresidencia de la República, 2010 Disponible en: <http://www.vicepresidencia.gob.ec/vicepresidente-se-reunio-con-principe-alejandro-desajonia-para-escuchar-propuesta-deinstalacion-de-parque-solar-en-ecuador/>, 2010.
- [4] GREEN TECH MEDIA. “Si se puede, Latin American Solar Markets Poised for Growth” [online]. United States: Green Tech Media, disponible en: <http://www.greentechmedia.com/articles/read/Si-Se-Puede-Latin-American-Solar->, 2015.
- [5] MARKETS POISED FOR GROWTH. Noticias Ambientales, “San Juan: Construirán la primera fábrica integrada de paneles solares de América del Sur” [online]. Argentina: noticiasambientales.com.ar, disponible en: <http://www.noticiasambientales.com.ar/index.php?modulo=3&id=3957>, 2015.
- [6] SECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN. “Bases de Postulación, Programas de Becas, Universidades de Excelencia 2015” [online]. Ecuador:, disponible en: <http://programasbecas.educacionsuperior.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/04/UNIVERSIDADES-DE-EXCELENCIA-2015-26-02-2015.pdf>, 2015.



# As Affects the Performance of Students in the Preparatory Courses the Use of V Gowin and TIC's in the Construction of Free-Body Diagram in the Unit Particle Dynamics

---

(Cómo afecta el rendimiento de los estudiantes de los cursos propedéuticos el empleo de la V de Gowin y las TICs en la construcción del diagrama de cuerpo libre en la unidad de dinámica de la partícula)

Gabriel Castro Ronquillo\*

**Abstract**— The purpose of this study was to determine the effects of the application of Gowin's V and the use of TIC's in the performance of students in the unit dynamics, specifically in the chapter on free-body diagram. To this end we used a sample of 180 students enrolled in an introductory course in physics, who follow careers in engineering and constitute four groups: two experimental and two control. The experimental groups received instruction Gowin's V and the use of TIC's, while control groups received no instruction. However, all groups

received the same content. Students of the four groups yielded a test input and output, cloze test, a test of knowledge by applying the strategies and test Felder - Silverman. Was applied Gowin's V oriented problem solving, to assist in the instructional process on the drive, reinforced by the use of TIC's. To test the research hypothesis was used the ANOVA F test with significance level 0.05. This study tested the hypothesis that students who applied Gowin's V and the use of TIC's for free-body diagrams in the unity of the particle dynamics of inertial systems perform

\* Gabriel Castro Ronquillo es Máster en Enseñanza de la Física, Ingeniero en Electricidad con mención en Electrónica, Docente Titular Auxiliar de la Carrera Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador. Doctorando UAL

better than those who did not apply.

**Keywords**— Cloze Test, V Gowin., TIC', ANOVA Test, Test Felder

## I. INTRODUCCIÓN

Se evidencia un bajo rendimiento de los estudiantes que ingresan al nivel cero de las carreras de ingenieras, especialmente en la asignatura de Física.

Esto se debe a un sinnúmero de razones, dentro de las cuales tenemos:[10]

- Ideas previas
- Bajo nivel de capacidad lectora
- Poco uso de la tecnología
- Falta de motivación
- Poca capacidad de análisis y síntesis

## II. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo afecta el rendimiento de los estudiantes el uso de la V de Gowin cuando lo aplican en la construcción del diagrama de cuerpo libre para resolución de problemas de Dinámica de la partícula?

¿Cómo afecta el rendimiento de los estudiantes el uso de la Tecnología de Información y Comunicación en la resolución de problemas de Dinámica de la partícula relacionados con diagrama de cuerpo libre?

¿Cómo afecta a los que usan la V de Gowin y a los que no usan la V de Gowin el uso de la Tecnología de

Información y Comunicación en la construcción del diagrama de cuerpo libre aplicados a la resolución de problemas de Dinámica?

## III. MARCO TEÓRICO

### A. V de Gowin

Técnica que permite comprender la naturaleza y la construcción del conocimiento. La cual se inicia con una situación en la que intervienen varios conceptos y a partir de ahí se tiene [2]

- En la base van los acontecimientos u objetos
- Una pregunta focal en la Parte Central
- Parte izquierda va el aspecto conceptual
- Parte Derecha van los aspectos metodológicos

Por análisis epistemológico vamos a entender el examen de interrelación entre el dominio conceptual (conceptos, principios, teorías...) y el dominio metodológico (registros, transformaciones, afirmaciones...), implícito en un modelo de resolución de problemas, a fin de producir conocimiento [1]



### B. Uso de la tecnología de información y comunicación

Este trabajo de investigación cuyo principal propósito, es conocer el impacto que tiene el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en los procesos de enseñanza y aprendizaje en las carreras de Ingeniería [3]

Se ha trabajado en torno al análisis de la implementación de estrategias de enseñanza que incluyen determinados recursos tecnológicos con el objeto de facilitar aprendizajes comprensivos de los contenidos disciplinares de Física. Específicamente la unidad de dinámica, capítulo diagrama de cuerpo libre.



### C. Prueba Cloze

La prueba cloze es esencialmente una medida de la habilidad de un lector para suministrar las palabras que sistemáticamente han sido suprimidas del pasaje de un texto o revista.

En la medida que el lector puede suministrar correctamente las palabras suprimidas, es una indicación de su habilidad para leer el pasaje del texto con comprensión y esto se cum-

ple en razón de que la prueba Cloze trata directamente con el contexto del lenguaje y por lo tanto da una medida de la comprensión del lector [4].

La prueba Cloze presenta las siguientes ventajas:

- Indica cual es el libro que corresponde a las necesidades de cada estudiante.
- Indica con certeza la efectividad con que un estudiante puede leer su texto guía.

Se receptorá la prueba sin límite de tiempo, pero probablemente requerirá de 20 minutos para completarla. Se indicará al estudiante que lea detenidamente la prueba antes de llenar la hoja de respuestas con las palabras suprimidas.

La prueba se calificará considerando como respuestas correctas el reemplazo exacto de las palabras del autor. Luego se asignará a cada respuesta correcta el valor de 1 punto.

Según la calificación obtenida el estudiante puede estar en cualquiera de los siguientes niveles, según lo muestra la tabla 1.

Calificación	Nivel
58 - 100%	Nivel Independiente
44 - 57%	Nivel Instruccional
0 - 43%	Nivel Frustrante

Tabla 1

Nivel lector de los estudiantes Prueba Cloze

Habilidad para leer al nivel independiente significa que el estudiante tendrá poca dificultad en la comprensión de la lectura aun sin ninguna explicación por parte del profesor.

Habilidad para leer en el nivel Instruccional significa que el estudiante tendrá poca dificultad en la comprensión de la lectura si se da alguna explicación por parte del profesor.

Habilidad para leer al nivel frustrante significa que el estudiante tendrá mucha dificultad aun con bastante explicación por parte del profesor.

#### D. Estilos de Aprendizaje de Felder

Los Estilos de aprendizaje son indicadores de como los estudiantes perciben las interacciones y la forma de interactuar con el entorno de aprendizaje. Estos indicadores son los parámetros para evaluar la forma en que los estudiantes a su manera construyen, estructuran e interpretan los contenidos, y el ritmo que tiene cada estudiante para aprender. [5], Lo que se muestra en la tabla 2.

	11A	9A	7A	5A	3A	1A	1B	3B	5B	7B	9B	11B	
Activo	Preferencia Fuerte		Preferencia Moderada		Equilibrio				Preferencia Moderada		Preferencia Fuerte	Reflexivo	
Sensorial					Apropiado en cualquier estilo de aprendizaje		Intuitivo						
Visual					Verbal								
Secuencial					Global								

Tabla 2  
Perfiles de aprendizaje de Felder y Silverman

#### IV. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

1. Aquellos estudiantes que participan en el Uso de la TIC tienen mayor rendimiento académico que aquellos estudiantes que no participan en el Uso de la TIC. [6], [7].
2. Aquellos estudiantes que reciben instrucción con la V de Gowin tienen mayor rendimiento académico que aquellos estudiantes que no reciben instrucción con la V de Gowin.

3. Recibir clases con la V de Gowin comparado con recibir clases sin la V de Gowin, tiene efecto diferente sobre los estudiantes que participan en sesiones del Uso de las TIC y los que no participan.

#### V. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS

Los objetivos para esta investigación son los siguientes:

1. Diseñar la V de Gowin para adaptarlo a la resolución de problemas de Dinámica.

2. Diseñar rúbricas para evaluar la V de Gowin para la resolución de problemas de Dinámica.

## VI. METODOLOGÍA

### Sujetos:

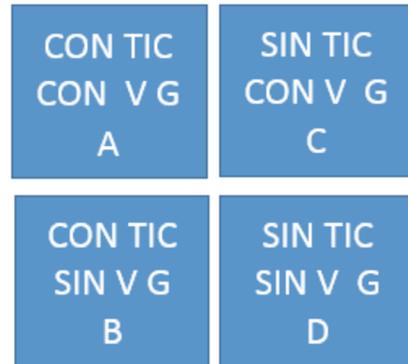
Los sujetos fueron estudiantes de los cursos Propedéuticos que aspiran ingresar a las carreras de ingeniería en la UPS, y se encuentran cursando la materia de Física en el nivel cero A, tienen una edad promedio de 19 años. Algunos la están recibiendo por primera vez y otros por segunda vez. [8].

### Tareas y materiales instruccionales :

Completado el estudio de la unidad de Dinámica y el tema de Diagrama de cuerpo libre. El experimento tendrá una duración de 8 horas de clase y tomara lugar en las aulas asignadas para el curso. [11], [12], [13].

Exposición de las variables o categorías de análisis que se considerarán:

- La variable independiente es la V de Gowin, con dos niveles, uno con y el otro sin la V de Gowin. Esta variable es nominal.
- La variable dependiente es el rendimiento de los estudiantes medido desde diferentes perspectivas.
- La variable moderadora: TIC con dos niveles, uno con el uso de la TIC y el otro sin El uso de la TIC.

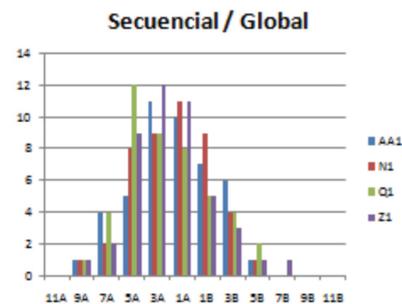


## VII. RESULTADOS

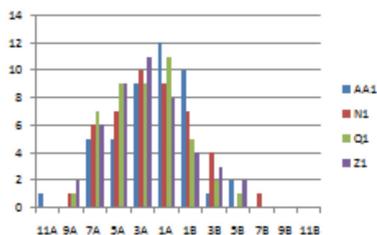
Se escogieron cuatro grupos de paralelos de estudiantes del nivel cero invierno 2010, que cursaban la asignatura de Física; eran intactos.

El grupo A recibió la instrucción con la V de Gowin y con el Uso de la TIC. El grupo B recibió la instrucción sin V de Gowin y con el Uso de la TIC.

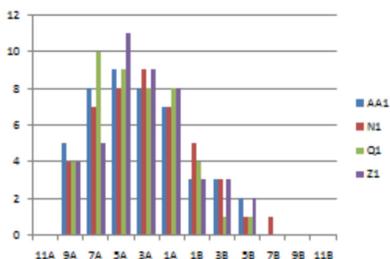
El grupo C recibió la instrucción aplicando la V de Gowin y sin el Uso de la TIC, y el grupo D recibió la instrucción sin V de Gowin y sin el uso de la TIC. [10].



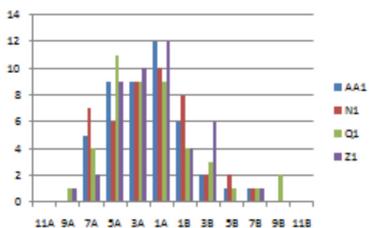
**Sensorial / Intuitivo**



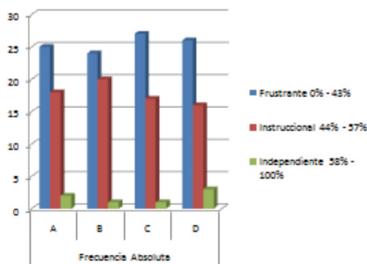
**Visual / Verbal**



**Activo / reflexivo**



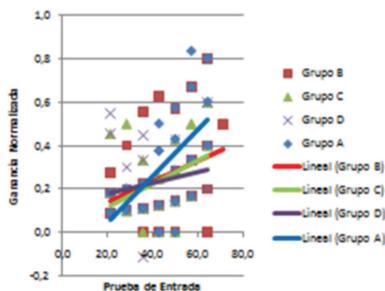
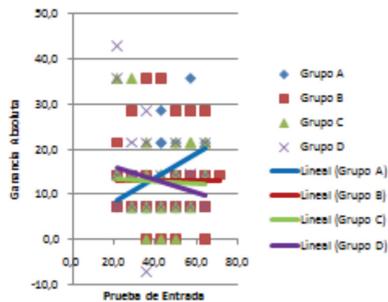
Niveles	Rango de valores	Frecuencia Absoluta			
		A	B	C	D
Frustrante	0%-43%	25	24	27	26
Instruccional	44%-57%	18	20	17	16
Independiente	58%-100%	2	1	1	3
		45	45	45	45

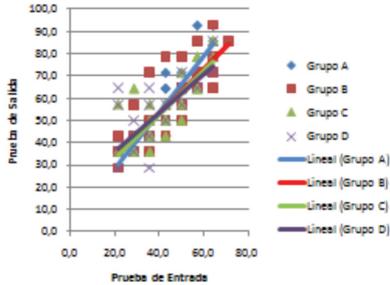


Resultado Estadístico Descriptivo de la Prueba Conceptual inicial y Conceptual Final por paralelo:

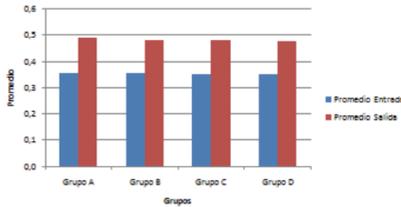
Resultados Obtenidos de la prueba Cloze

Datos Estadístico	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D
Promedio	15,9	15,8	15,4	15,2
Mediana	16	16	15	15
Desviación Estándar	3,2	3,1	3,1	4,5





Comparación entre los resultados obtenidos en la Prueba de Entrada y Prueba de Salida:



$$Ganancia Normalizada = \frac{Ganancia Absoluta}{100 - PE}$$

$$Ganancia Normalizada = \frac{PS - PE}{100 - PE}$$

	Promedio entrada	Promedio Salida
Grupo A	0,4	0,5
Grupo B	0,35	0,48
Grupo C	0,35	0,48
Grupo D	0,35	0,48

Resultados obtenidos de F ANOVA:

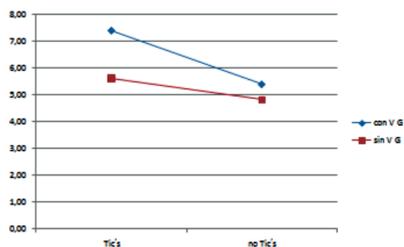
	Prueba de concepto inicial				Prueba de concepto final			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Promedio	35,4	35,4	35,2	35,1	49,2	48,1	48,1	47,6
Desv. Std	18,5	19,1	17,1	18,4	23	21,5	18,4	20

Resultado grafico F ANOVA :

	Con VG	Sin VG
Con Tic's	7,40	5,60
Sin Tic's	5,40	4,80

	CTIC'S	STIC'S	Medias
CVG	7,3778	5,4889	6,4333
SWG	5,4444	4,9111	5,1778
Medias	6,4111	5,2	5,8056

Fuente	SS	df	MS	F	P
V de Gowin	70,94	1	70,94	26,42	<0001
Uso de las Tic's	66,01	1	66,01	24,58	<0001
V de Gowin X uso de las Tic's	20,66	1	20,66	7,69	0.0062
Error	472,58	175	2,69		
Total	630,19	179			



Encuesta de Satisfacción Uso de la TIC Grupo A:

Escala de satisfacción sobre el uso de las TIC Grupo A											Total estudiantes	
Preguntas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	45
1	4	5	0	1	5	3	4	7	12	10	45	
2	3	6	1	1	6	0	3	10	11	8	45	
3	6	0	1	0	0	1	6	11	10	10	45	
4	6	3	1	1	3	1	6	12	9	6	45	
5	2	4	2	1	4	1	2	10	12	7	45	
6	3	3	3	1	3	2	9	9	9	10	45	
7	3	3	0	1	3	3	3	13	15	8	45	
8	8	2	0	2	2	0	6	8	14	7	45	
9	4	5	0	1	5	0	4	13	14	6	45	
10	4	1	0	1	1	0	4	10	14	8	45	

Encuesta de Satisfacción V de G Grupo A:

Escala de satisfacción sobre el uso de las TIC Grupo A											Total estudiantes	
Preguntas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	45
1	0	2	0	0	6	3	3	13	8	11	45	
2	2	2	0	0	3	0	2	9	13	12	45	
3	2	0	0	0	5	1	3	13	11	9	45	
4	5	1	0	0	3	1	3	13	9	11	45	
5	0	2	0	1	2	1	3	14	11	10	45	
6	1	1	0	0	4	2	1	18	9	9	45	
7	0	0	0	1	4	3	1	12	10	12	45	
8	0	1	0	2	6	0	1	10	10	11	45	
9	0	0	1	0	4	0	4	13	14	8	45	
10	0	1	0	3	4	3	1	10	13	11	45	

Encuesta de Satisfacción Uso de la TIC Grupo B:

Escala de satisfacción sobre el uso de las TIC Grupo A											Total estudiantes	
Preguntas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	45
1	0	1	0	2	3	1	4	13	11	10	45	
2	0	0	0	2	2	3	4	9	14	11	45	
3	0	0	1	2	3	2	6	12	10	9	45	
4	0	1	0	1	6	3	3	12	9	10	45	
5	0	0	0	2	1	1	4	11	13	12	45	
6	0	0	0	1	1	6	4	9	14	10	45	
7	0	0	1	1	1	4	5	13	9	11	45	
8	1	0	1	0	0	5	5	13	11	9	45	
9	1	0	0	1	1	4	7	12	9	10	45	
10	0	1	0	2	0	3	5	15	12	7	45	

Encuesta de Satisfacción V DE GOWIN Grupo C:

Escala de satisfacción sobre el uso de las TIC Grupo A											Total estudiantes	
Preguntas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	45
1	0	0	3	0	6	4	2	12	8	10	45	
2	0	0	1	1	1	4	5	11	9	13	45	
3	2	0	1	0	4	5	3	10	11	9	45	
4	1	0	1	2	5	3	4	10	8	11	45	
5	1	2	1	0	2	4	3	13	9	12	45	
6	1	1	0	1	3	4	4	10	10	11	45	
7	1	0	2	1	3	1	4	11	13	9	45	
8	0	1	1	3	2	4	3	12	9	10	45	
9	0	1	0	0	1	5	4	14	11	9	45	
10	1	0	2	1	3	0	7	10	9	12	45	

Preguntas	#	Escala Seleccionada con mayor frecuencia	Frecuencia de selección n	Porcentaje de selección n
	1	8	13	28,89%
	2	9	13	28,89%
	3	8	13	28,89%
	4	8	13	28,89%
	5	8	14	31,11%
	6	8	18	40,0%
	7	8 y 10	12	26,67%
	8	10	11	24,44%
	9	9	14	31,11%
10	9	13	28,89%	

Preguntas	#	Escala Seleccionada con mayor frecuencia	Frecuencia de selección n	Porcentaje de selección n
	1	8	13	28,89%
	2	9	14	31,11%
	3	8	12	26,67%
	4	8	12	26,67%
	5	9	13	28,89%
	6	9	14	31,11%
	7	8	13	28,89%
	8	8	13	28,89%
	9	8	12	26,67%
10	8	15	33,33%	

Preguntas	#	Escala Seleccionada con mayor frecuencia	Frecuencia de selección n	Porcentaje de selección n
	1	9	12	28,89%
	2	9	11	28,89%
	3	8	11	28,89%
	4	8	12	28,89%
	5	9	12	31,11%
	6	10	10	40,0%
	7	9	15	26,67%
	8	9	14	24,44%
	9	9	14	31,11%
10	9	14	28,89%	

## IX. AGRADECIMIENTOS

La redacción de este trabajo de investigación no hubiese sido posible sin la incansable y decidida ayuda del Maestro, amigo y guía Máster Jorge Flores Herrera.

De manera muy especial a la Máster Giselle Núñez, colega y amiga, quien, con su vasta experiencia, me supo tener paciencia y guiar en la elaboración de este trabajo de investigación.

A mis compañeros con quienes, comparto vivencias, experiencias y momentos de esparcimiento. Recibiendo siempre un apoyo incondicional en todo momento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GIL, J., F., TOBAJA, L.M., MONFORT, P. "Propuesta de una herramienta didáctica basada en la V de Gowin para la resolución de problemas de física". *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 35, n. 2, 2402, 2013
- [2] MORALES URBINA, E. Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre", Ninth LACCEI Latin American and Caribbean Conference (LACCEI'2011), Engineering for a Smart Planet, Innovation, Information Technology and Computational Tools for Sustainable Development, August 3-5, 2011, Medellín, Colombia., La V de Gowin como estrategia para favorecer la construcción del conocimiento matemático en estudiantes de ingeniería.
- [3] HERNÁNDEZ, L., ACEVEDO, J.A. S., MARTÍNEZ, C. y CRUZ, B.C. *El uso de las TIC en el aula: un análisis en términos de efectividad y eficacia.*

- ISBN: 978-84-7666-210-6 – Artículo 523. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación.
- [4] ANGLAT H., RLA. “El test cloze en la evaluación de la Comprensión del texto informativo de nivel universitario”. *Revista de Lingüística Teórica y Aplicada Concepción* (Chile), 46 (1), I Sem, pp. 121-137, 2008.
- [5] RAMÍREZ, Y.V. y ROSAS ESPÍN, L. “Aplicación de la teoría de estilos de aprendizaje al diseño de contenidos didácticos en entornos virtuales”. *Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento*. Publicación en línea (Semestral) Granada (España) Época II Año XIII Número 14 Vol. II Julio-Diciembre de 2014, ISSN: 1695-324X.
- [6] PÁJARO HUERTAS, D. “La Formulación de Hipótesis”. *Cinta de Moebio*, núm. 15, diciembre, 2002, E-ISSN: 0717-554X fosorio@uchile.cl Universidad de Chile.
- [7] BEHAR RIVERO, D., ISBN 978-959-212-783-7. *Introducción a la Metodología de la Investigación*, edición: A. Rubeira, diseño: M. Sanabria, 2008,
- [8] CORTÉS CORTÉS, M. y IGLESIAS LEÓN, M. *Generalidades sobre Metodología de la Investigación*. Universidad Autónoma del Carmen Ciudad del Carmen, Campeche, México 2004, ISBN: 968 – 6624 – 87– 2.
- [9] CASTAÑEDA, M., CABRERA, A., NAVARRO, Y. y DE VRIES, W. *Procesamiento de datos y análisis estadísticos utilizando SPSS. Un libro práctico para investigadores y administradores educativos*. Edipucrs, 2010.
- [10] ENRÍQUEZ GUERRERO, C. SEGURA CARDONA, A. y TOVAR CUEVAS, J. “Factores de riesgo asociados a bajo rendimiento académico en escolares de Bogotá”. *Investigaciones Andina*, 26(15) ISSN: 0124-8146,
- [11] GAGNE, R. y GLASER, R. *Foundations in learning research*. USA: LEA, Publisher, 1987.
- [12] GAGNE, R. *The conditions of learning and theory of instruction*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1985.
- [13] ARRIAZA BALMON, M. y IFAPA. “Guía práctica de análisis de datos” ISBN: 84-611-1661-5. Junta de Andalucía.
- [14] HOLLABAUGH, D. *Physics Problem solving Strategy*, 2002.
- [15] JONASSEN, D.H. 2004. *Learning to Solve Problem*. San Francisco, EEUU: John Wiley & Sons, Inc.
- [16] COSTA, S.C. y MOREIRA, M. A. *Resolução de problemas Y: Diferenças entre novatos e especialistas*. Memoris REF IX. Salta, Argentina, pp. 28-38, 1995.

# Didactic Industrial Plant with Applications for Level Control in a Reservoir

---

(Planta didáctica industrial con aplicación para el control de nivel en un reservorio)

Gary Ampuño\*, Ángelo Tumbaco y Roberto Viña\*\*

**Abstract**— The level is one of the phenomena most commonly used in the industry of any kind. To show students the various techniques of control and monitoring systems level as shown [1] few institutions with teaching modules, still having them because of the influx of students is insufficient. In this paper the description of the construction of a teaching plan includes various practices for closed loop control (eg. PID) fluids, PLC programmable logic controllers and monitoring systems. And also the representative results.

**Keywords**— Level Control, PID Closed Loop Control.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad son muchos los docentes de diversos

niveles de enseñanza que enfatizan la importancia de realizar prácticas en las materias de ciencias y tecnología en la formación de académica de los estudiantes, esto demanda tener los medios físicos como plantas o modelos de procesos para aplicarlo. El acondicionamiento de los laboratorios de muchas instituciones se ven limitadas por los factores económicos y temporales. Económicos por el elevado costo que representa adquirirlos, instalarlos y llevar un mantenimiento periódico, esto no permite a los centros educativos la renovación de sus recursos. Temporales por los horarios que se pueden ofrecer para todos los estudiantes con pocos puestos de prácticas y la disponibilidad del docente.

\* Gary Ampuño, es Máster en Automatización y Control Industrial, Ingeniero Electrónico y profesor titular auxiliar de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana, su email: gampuno@ups.edu.ec.

\*\* Ángelo Tumbaco y Roberto Viña, son Ingenieros Electrónicos de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, sus emails: atumbaco@ups.edu.ec, rvina@ups.edu.ec, respectivamente.

Estos factores forman una barrera en el uso de los recursos que ya existen en la institución.

Afortunadamente, durante los últimos años diferentes tesis y grupos de investigación a nivel nacional, que saben de su realidad antes las necesidades de su alumnado, han logrado avances en el desarrollo de módulos y plantas para reducir en lo posible la barrera existente. El fruto del empeño demostrado ha sido la aparición de nuevos niveles para las prácticas, que antes eran solo con entradas discretas y perillas y las acciones mostradas mediante luces pilotos, a ser ahora con actuadores reales y sensores en campo [2], uno de los campos de interés en la Ingeniería Eléctrica.

Electrónica son las técnicas de control en procesos industriales, donde la estabilidad depende de varias variables y donde las técnicas de control clásico, que efectivo, puede ser mejorado aún más. El proceso de físico provee un método claro e intuitivo para poder efectuar las pruebas que sean necesarias. Consientes de esto, la Universidad mediante sus estudiantes ha desarrollado la planta didáctica con el objeto de su uso con fines de docencia e investigación.

Este trabajo describe de la siguiente manera su desarrollo: Sección II da a conocer el escenario donde se analizan las variables de la planta de nivel. A partir de la sección III se detalla la estructura del

mecanismo propuesto y las pruebas efectuadas, la sección IV se evalúan los resultados obtenidos y al final están las conclusiones.

## II. DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO

El trabajo actual es la continuación de un estudio anteriormente dirigido por el tutor [3]. Como se expone en la figura 1, que representa el diagrama de tuberías e instrumentos (P&ID), la planta está formada por dos reservorios, el primero recoge y almacena el agua del sistema (*TK0-101*) y el tanque de control *TK0-102*, una bomba centrífuga P0 101 que hará circular el fluido desde *TK0-101* hacia *TK0-102*, la transferencia que se produce del tanque *TK0-102* al *TK0-101* se regula mediante la electroválvula *SV0-101* y la válvula de acción manual *HV0 104*, así también con bifurcación que tiene de igual manera una válvula manual *HV0-105*. El *TK0-102* es supervisado por un sensor ultrasónico capaz de trabajar con las dimensiones del reservorio *LIC0-102.2*, para evitar que la bomba trabaje en vacío está el sensor de nivel tipo boya *LSL0102.1*. El *TK0-101* emplea dos sensores de nivel (de acción capacitiva para detectar fluidos sin necesidad de tener contacto con ellos) *LSL0 101.1* indica el nivel bajo y *LSH0 101.2* es para el nivel alto. La velocidad de la bomba es regulada por un variador de frecuencia dependiendo del Setpoint

ingresado del nivel en el *TK0-102*. Al abrir las válvulas manuales *HV 106* y *HV 101* se pueden dejar vacío los reservorios en caso de accidentes o para mantenimiento.

### III. DESCRIPCIÓN DEL MECANISMO PROPUESTO

El nivel registrado por LIC0-102.2 llega al controlador lógico programable o PLC por sus siglas en inglés, en la En la Figura 2 se representan los voltajes de Las Entradas y Las Salidas de las señales de la planta, ESTOS voltajes hijo denominados analógicas (AI, AO) con valores Que pueden ir desde la ONU Voltaje Mínimo una ONU Voltaje Máximo de Manera continua, ES Decir, Una Señal Que Tiene Rangos de Valores en Función del tiempo.

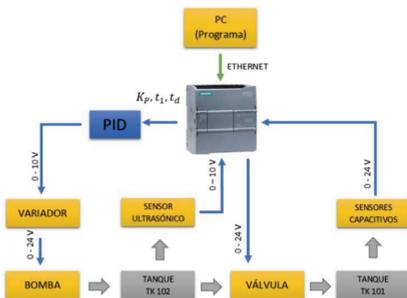


Figura 1

Diagrama de sensores y actuadores, donde se representan las ubicaciones y siglas de cada elemento

También se emplean entradas o salidas digitales analógicas (DI, DO) con valores de 0, pero de manera discreta, es decir, una señal con características de alto o bajo.

Estas señales se convierten en variables de memoria interna en el PLC los cuales son mapeados en una “Palabra” correspondiente a 16 bits.

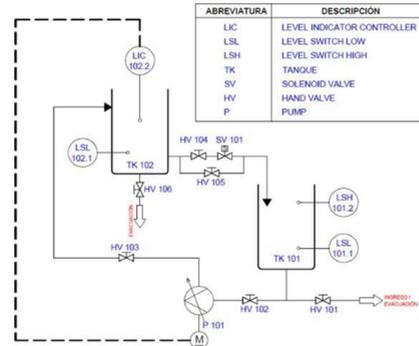


Figura 2

Representación de voltajes del lazo de control de la planta

Las salidas empleadas son señales denominadas de control debido a su voltaje bajo de a, realizando un acondicionamiento mediante amplificadores electrónicos se eleva el voltaje de control a fuerza con una relación de a para que los equipos de acción (actuadores) puedan trabajar.

#### A. Diseño de la prueba

El sistema de supervisión y control realizado por medio del software LabVIEW [7] y el PLC Siemens S7-1200 que procesa la información del campo a través de sus entradas y salidas tanto digitales como analógicas, el usuario puede interactuar de una forma didáctica, amigable e ilustrativa.

En la figura 3 se puede observar de manera física la planta didáctica, la cual tiene 3 módulos: control, planta

(proceso) e instrumentos-actuadores. En el proceso el nivel es la variable a ser controlada, una bomba de 26 W P0-101 es la encargada de llenar el tanque TK0102. El lazo cerrado de control se encuentra en el PLC que está ubicado en el tablero de la planta industrial, la cual debe estar en la posición de “modo automático”, para evitar daños en la bomba P0-101 el tanque TK0-101 debe estar lleno, teniendo como confirmación la señal del sensor LSH0-101.2, las válvulas de acción manual son de 15 mm de diámetro (HV0102, 103 y 104) y estas tiene que permanecer abiertas, HV0 101 y 105 cerradas; esto evita la salida del fluido en el modo de pruebas, también debe activarse la electroválvula SV0-101 para abrirla. Los valores donde se puede trabajar en los recipientes son desde 1.5 a 10 Lts, estos son ingresados como Setpoint en el SCADA [5] y ejecuta la marcha para dar inicio al proceso. La bomba P0-101 regulará de forma automática su voltaje de acuerdo al nivel que está siendo censado LIC0-102.2 en el reservorio.



Figura 3

Estructura de la planta, módulo de conexiones e indicadores, sensores en campo y módulo de control

La interfaz de la tarjeta de variables discretas es distribuida mediante los pines de un conector DB25 hacia algún otro sistema de distribución por placas electrónicas o sistema de pruebas en protoboard.

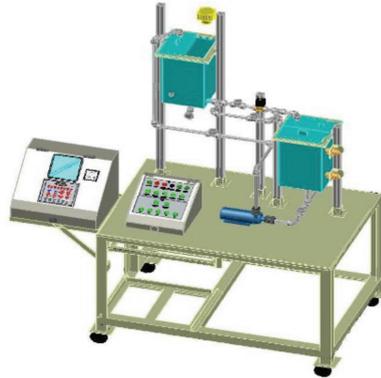


Figura 4

Presentación del diseño previa a su construcción

## IV. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

### A. Parámetros experimentales

Para obtener los valores apropiados para el controlador PID se emplea el método de estabilización de Ziegler & Nichols [6], este analiza la señal (nivel para nuestro proceso) en lazo abierto, es decir sin tener el controlador conectado, se aplica una señal paso en el voltaje de la bomba hasta que la señal salida se encuentra en estado estacionario, de acuerdo al método Z&N es poder encontrar los tiempos  $T_1$  y  $T_2$  a partir del momento en que se

aplicó la señal paso, esto se puede revisar en la Figura 4, se lanza una línea perpendicular en la curva de respuesta que ayuda a encontrar los valores necesarios para la tabla que Z&N desarrollaron para facilitar los cálculos de la ganancia como se plantea en la tabla 1.

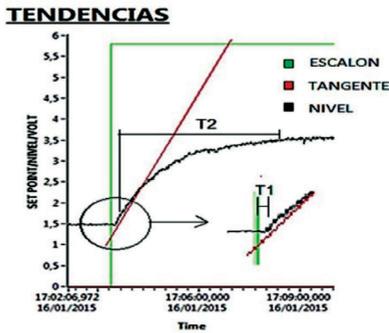


Figura 5  
Método de Ziegler & Nichols, empleado para encontrar la ganancia  $K$  y los tiempos Integrales y derivativos

Siendo;

$dX$ : Variación de la señal escalón  
 $dY$ : Variación de la respuesta del sistema

$T1$ : Tiempo que tarda el sistema en responder

$T2$ : Tiempo de subida

Obteniendo el valor de la constante  $K_0$  se aplica las ecuaciones del primer método para obtener los valores de las ganancias proporcional ( $P$ ), integral ( $I$ ), derivativo ( $D$ ), según se indican en la tabla 1.

Tabla 1  
Regla de sintonía de Ziegler & Nichols basada en el primer método

	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$K_0$	-	-
PI	$0.9 \cdot K_0$	$3.3 \cdot T_1$	-
PID	$1.2 \cdot K_0$	$2 \cdot T_1$	$0.5 \cdot T_1$

Teniendo a  $K_p$  como la ganancia,  $T_i$  y  $T_d$  los tiempos Integral y derivativo del controlador.  $K_0$  y  $T_1$  son los obtenidos en la Figura 4.

### B. Validación de resultados

Las pruebas realizadas arrojan resultados de varios puntos de referencia propuestos como se ve en la Tabla II, y una vez que se ha estabilizado el sistema se capturan los datos, para poder saber cuál es el error en el controlador se tabulan estos datos [7]. Los resultados son empleados como un indicio de los valores a aplicar en el controlador, pudiendo afinar el control lo mejor posible a partir de los primeros datos. En la planta el uso de PID con la optimización del PLC por el método de Ziegler & Nichols genera un mínimo error de 0.02 el cual demuestra como los cálculos se asemejan a los autoajustes en los equipos industriales.

En la figura 5, se muestran: el nivel en tiempo real en la planta, el valor seleccionado como referencia y la actuación del controlador, estas son visualizadas en el SCADA implementado en el software

LabVIEW, con estos resultados se puede encontrar un seguimiento del nivel respecto al setpoint, adicional se ve que el voltaje de control de la bomba (en verde) tiene saturaciones y cambios abruptos, estos pueden ser mejorados en futuras investigaciones mediante el uso de AntiWinup [8] que es un complemento al control PID.

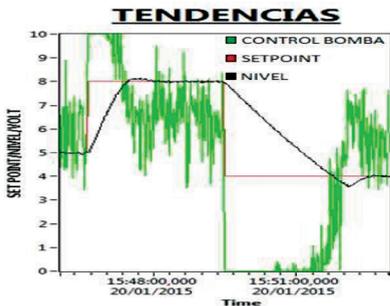


Figura 5

Variables vistas desde el SCADA

Tabla 2

Valores referenciales y datos obtenidos para su tabulación

Set-point	Promedio	Error crítico	Moda	Mediana
5	5.02	0.02	5	5
5.5	5.49	0.01	5.5	5.5
6	6.1	0.01	6	6

## V. CONCLUSIONES

El proceso de control de nivel demuestra de forma muy ilustrativa los alcances en un control de lazo cerrado.

Como resultado, se ha desarrollado un módulo de una planta a escala de un proceso industrial, que permite desarrollar automatización mediante

lógica escalera en el PLC, supervisar y monitorear SCADA en el sistema. Pero que debido a las dimensiones y características de ciertos dispositivos pueden no resultar cuando se llevan a una planta real, ya que sus características se ven afectadas por muchas interferencias. Por lo tanto, es necesario llegar a un modelo que lleve de manera más fiable el comportamiento de la planta.

## VI. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana por permitir el uso de sus laboratorios. Y a los profesores del Grupo GISCOR por sus aportes.

## REFERENCIAS

### BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CARRIÓN, M., LAYEDRA, J. y AMPUÑO, G. "Repositorio Digital Universidad Politécnica Salesiana", Ene 2013. [En línea]. Disponible: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6557>.
- [2] ORTEGA, V., NÚÑEZ, U. y AMPUÑO, G. "Repositorio Digital Universidad Politécnica Salesiana", Ene 2013. [En línea]. Disponible: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6313>.
- [3] AMPUÑO, G., CARRIÓN, M. y LAYEDRA, J. "Repositorio Digital Universidad Politécnica Salesiana", 11 12 2014. [En línea]. Disponible: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9506>.
- [4] LING GAO, J.L. "Information Technologies and Applications in Education". *ISITAE '07. First IEEE International Symposium on*, Kunming, 2007.
- [5] AMPUÑO, G. "Implementación y

- análisis de rendimiento de un control industrial de nivel para tanques con fluidos, basado en lógica difusa”. *Maskana*, Vols.1 de 2, Volumen 5 No. especial (2014) - IEE: Congreso de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, n° 1390-6143, pp. pp. 27-36, 2014.
- [6] Ruz, M.L., Morilla, F. y Vázquez, F. “Herramienta interactiva sobre el control PI de procesos de primer orden con retardo”. *XXX Jornadas de Automática*, Valladolid, 2009.
- [7] LOYARTE, A.S. y CLEMENTI, L.A. “Sistema de Control de Niveles con Cuatro Tanques Interconectados: Modelado Matemático y Estimación de Parámetros”, *XIV Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control*, pp. 965-970, 2011.
- [8] GUZMÁN, J.L., DOMÍNGUEZ, BERENGUEL, M.M., FUERTES, RODRÍGUEZ, J.J., y REGUERA, F.P. “Entornos de experimentación para la Enseñanza”. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, vol. Vol. 7, n° 1, pp. pp. 10-22, 2010.