tecnología

Glosas de innovación aplicadas a la pyme

Edición 22

Vol. 6 Nº 2 (2017)

Junio - septiembre '17

ISSN: 2254 - 4143

Publicación trimestral

Depósito legal: A299-2012 Área de Innovación y Desarrollo, S.L

INDIZADO POR/ INDEXED BY

PLATAFORMA DE EVALUACIÓN DE REVISTAS

BASES DE DATOS INTERNACIONALES SELECTIVAS

DIRECTORIOS SELECTIVOS

HEMEROTECAS SELECTIVAS

BUSCADORES DE LITERATURA CIENTÍFICA EN ACCESO ABIERTO

OBJETIVO EDITORIAL

La Editorial científica 3Ciencias pretende transmitir a la sociedad ideas y proyectos innovadores, plasmados, o bien en artículos originales sometidos a revisión por expertos, o bien en los libros publicados con la más alta calidad científica y técnica.

NUESTRO PÚBLICO

- Personal investigador.
- Doctorandos.
- Profesores de universidad.
- Oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI).
- Empresas que desarrollan labor investigadora y quieran publicar alguno de sus estudios.

COBERTURA TEMÁTICA

La Revista 3C Tecnología es una revista de carácter científico-social donde se difunden trabajos originales de investigación que abarcan diferentes temáticas relacionadas con la ingeniería y la tecnología.

INFORMACIÓN PARA AUTORES

Toda la información sobre el envío de originales se puede encontrar en el siguiente enlace:

<http://www.3ciencias.com/normas-de-publicacion/instrucciones-para-el-envio-de-articulos/>.

<p><i>3C Tecnología: Glosas de innovación aplicadas a la pyme</i></p> <p><i>Edición nº 22</i> <i>Volumen 6 número 2 (Junio – septiembre '17)</i> DOI: http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2017.v6n2e22</p> <p><u>Periodicidad trimestral</u> <i>Tirada nacional e internacional</i> <i>Artículos revisados por el método de evaluación por pares de doble ciego.</i> ISSN: 2254 - 4143 Nº de Depósito Legal: A 299 - 2012</p>	<p>Editorial: Área de Innovación y Desarrollo, S.L. Empresa de transferencia del conocimiento al sector empresarial.</p> <p>C/ Els Alzamora, 17 Alcoy, Alicante (España) Tel: 965030572</p> <p>E-mail editor: info@3ciencias.com</p> <p>Copyright © Área de Innovación y Desarrollo, S.L.</p>
---	---	---

PUBLISHING GOAL

3Cienicias wants to transmit to society innovative projects and ideas. This goal is reached through the publication of original articles which are subjected to peer review or through the publication of scientific books.

OUR PUBLIC

- Research staff.
- PhD students.
- Professors.
- Research Results Transfer Office.
- Companies that develop research and want to publish some of their works.

THEMATIC COVERAGE

3C Tecnología journal is a scientific-social journal, where original works are disseminated. These works cover different themes related to engineering and technology.

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

All information about sending originals can be found at the following link:
<http://www.3ciencias.com/normas-de-publicacion/instrucciones-para-el-envio-de-articulos/>

SUMARIO**ESTUDIO ORGANIZACIONAL DEL CLOUD COMPUTING EN EMPRESAS EMPRENDEDORAS.....1**

Cloud Computing organizational study in entrepreneurship

*Pedro R. Palos-Sánchez***IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA EN LA NUBE PARA CONTROLAR Y GESTIONAR PROCESOS CLÍNICOS. CASO VETERINARIA DE MASCOTAS.....17**Implementation of a system in the cloud for the control and management of clinical process.
Case veterinary pets*Lídice Haz López, José Molina Vera, José Sánchez Aquino y Carlos Sánchez León***MODELACIÓN, SIMULACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS EN LA GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS UNIVERSITARIOS.....32**

Processes modeling, simulation and automatization in the management of university academic services

*Ana Elizabeth Congacha Aushay y Víctor J. García***DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PELADOR DE MAÍZ DE BAJO COSTO PARA LA VARIEDAD SECO SUAVE DE ALTURA.....52**

Design and construction of a low price corn peeling machine for soft dry variety of height

*Melton Tapia Zurita, Edison Tapia Zurita y Sandra Arla Odio***NIVELES DE PRESIÓN SONORA EN UNA HÉLICE: MEDIDA EXPERIMENTAL Y PREDICCIÓN NUMÉRICA. ANÁLISIS COMPARATIVO.....65**

Sound pressure levels on a propeller. Experimental measure and numerical prediction. comparative analysis

Ernesto Ibáñez Benedicto, Eduardo Mezquida Orti y Ricardo Atienza Pascual

tecnología

Recepción: 15 de febrero de 2017

Aceptación: 15 de marzo de 2017

Publicación: 14 de junio de 2017

ESTUDIO ORGANIZACIONAL DEL CLOUD COMPUTING EN EMPRESAS EMPREENDEDORAS

CLOUD COMPUTING ORGANIZATIONAL STUDY IN ENTREPRENEURSHIPS

Pedro R. Palos-Sánchez¹

1. Doctor en Economía y Profesor del Departamento de Dirección de Empresas y Sociología. Universidad de Extremadura, Cáceres. España. E-Mail: ppalos@unex.es

Citación sugerida:

Palos-Sánchez, P.R. (2017). Estudio organizacional del Cloud Computing en empresas emprendedoras. *3C Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 6(2). 1-16. DOI: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2017.v6n2e22.1-16/>.

RESUMEN

El Cloud Computing es considerado como un nuevo modelo de negocio en sí, y está permitiendo que muchas empresas trasladen su actividad offline a online y que muchos emprendedores encuentren en esta tecnología el mejor soporte de su negocio, sin tener que llevar a cabo inversiones costosas, debido a las características de la tecnología y a su modelo de despliegue. Sin embargo, las incertidumbres y barreras con las que se enfrentan hacen que las empresas desconfíen por razones de privacidad, seguridad y, en algunos casos, razones de índole legal. Este trabajo está escrito con el objetivo de conocer el uso que hacen las organizaciones de esta tecnología, analizando, especialmente, el grado de confianza que depositan en la tecnología y las ventajas organizacionales que aporta.

A través de una encuesta a empresas emprendedoras, se encontró que la mayoría de las pymes usan la nube para tareas de ofimática y almacenamiento de ficheros y bases de datos, lo que significa que los servicios Cloud que usan requieren de confianza y seguridad. Entre las ventajas encontradas, para la organización, están la mejora de la productividad en los procesos, una mayor flexibilidad derivada de la utilización de los recursos tecnológicos y el ahorro de costes que supone aumentar la capacidad informática sin que lo haga el resto de la organización.

ABSTRACT

Cloud computing is considered as a new business model in itself, and it is allowing many companies to move their activity offline to online and that many entrepreneurs find in this technology the best support of their business, without having to carry out expensive investments due To the characteristics of the technology and to its model of deployment. However, the uncertainties and barriers they face make companies suspicious for reasons of privacy, security and, in some cases, legal reasons. This work is written with the objective of knowing the use that the organizations make of this technology, analyzing, especially, the degree of confidence that they deposit in the technology and the organizational advantages that it contributes.

Through a survey of entrepreneurial companies, it was found that most SMBs use the cloud for office tasks and storage of files and databases, which means that the Cloud services they use require trust and security. Among the advantages found for the organization are the improvement of productivity in the processes, greater flexibility derived from the use of technological resources and the cost savings of increasing the computer capacity without the rest of the organization.

PALABRAS CLAVE

Cloud Computing, Software como Servicio (Saas), Emprendimiento, Modelo de negocio, Seguridad, Privacidad, Confianza, Protección de datos.

KEY WORDS

Cloud Computing, Software as a Service (SaaS), Entrepreneurship, Business model, Security, Privacy, Trust, Data Protection.

1. INTRODUCCIÓN

El Cloud Computing (computación en la nube) o simplemente la nube, está evolucionando de manera significativa en los últimos años y está siendo implantado por las empresas. Se trata de una alternativa al modelo de implementación tradicional de las TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones), donde se ha pasado de comprar los recursos informáticos a pagar por su uso (Marston et al., 2011). Por tanto, se está demostrando en todo el mundo una gran transformación tecnológica, tanto en el ámbito de los negocios como en el de los usuarios individuales (Arinze y Anandarajan, 2010).

El presente trabajo tiene como objetivo conocer el uso que hacen las empresas de Cloud Computing. Se pretende estudiar cuál es el grado de uso de esta tecnología en las empresas y sus ventajas e incertidumbres aplicadas a los procesos. Por último, se analizó la confianza que depositan las empresas en esta tecnología basada en la nube.

En cuanto a la estructura del documento, en primer lugar se definirá el concepto y características del cloud computing así como diversos aspectos teóricos sobre esta tecnología. En una segunda parte, se expone la metodología, que consiste en la realización de una encuesta a pymes emprendedoras. Finalmente, se exponen los resultados y se contrastan los objetivos establecidos con los resultados obtenidos, aportando una visión de la realidad del uso de Cloud Computing en las empresas emprendedoras.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. CONCEPTO

Podemos definir el Cloud Computing como una concepción tecnológica y un nuevo modelo de negocio donde se prestan servicios de almacenamiento, acceso y uso de recursos informáticos radicados en la red.

Haciendo referencia a la definición dada por el National Institute of Standards and Technology (NIST, 2011) la computación en la nube es un modelo que permite acceso ubicuo conveniente adaptado y bajo demanda en red a un conjunto compartido de recursos configurables (redes, almacenamiento, servidores, aplicaciones y servicios) que pueden ser rápidamente aprovisionados y liberados con el mínimo esfuerzo de administración o la rápida interacción de proveedores de servicios (Mell y Grance 2011).

El concepto de Cloud Computing es cada vez más conocido y utilizado por las empresas. Genera beneficios para estas tales como la rapidez en las operaciones o cambios, el menor coste, ya que supone un ahorro en infraestructura permitiendo crear productos más potentes y mejorados lo que contribuye a una mayor estabilidad y fiabilidad.

En este sentido, el desarrollo de tecnologías basadas en Internet es una de las estrategias cada vez más utilizada por las empresas (Tuncay, 2010). Esta tecnología ha sido estudiada como un nuevo modelo de negocio (Ross y Blumenstein, 2013; Leimeister et al., 2010, Marston et al., 2011, Yigitbasioglu et al., 2013) que permite mayor capacidad de almacenamiento, facilidad de acceso y uso de recursos o ahorro de costes. Además, los usuarios de la nube se benefician de un más adecuado uso de los recursos, en cuanto a eficiencia, flexibilidad y transferencia de riesgos (Armbrust et al., 2010).

Este nuevo modelo de negocio, suplanta a los modelos tradicionales de inversión de capital (Ross y Blumenstein, 2012). Hoy en día, la tecnología cloud facilita el desarrollo de proyectos empresariales emprendedores y de pequeñas y medianas empresas (PYMES), como por ejemplo, cuando requieren una orientación internacional. La nube proporciona un mayor acceso a los mercados globales, reduce los costos de oportunidad y apoya la colaboración y la innovación en un mundo cada vez más conectado (Ross y Blumenstein, 2015).

Pero a pesar de todo esto, existen aspectos que revelan ciertos riesgos, como la confidencialidad de los datos y la existencia de jurisdicciones extranjeras en su desarrollo y despliegue (Yigitbasioglu, 2015). Algunos estudios se han centrado en las implicaciones jurídicas (Hooper et al., 2013; Ryan y Loeffler, 2010) y otros en la privacidad y seguridad de la nube (Benlian y Hess 2010, 2011). Y por otra parte, la nube requiere superar un periodo de adopción, que no todas las organizaciones logran alcanzar (Ross y Blumenstein, 2015).

2.2. CARACTERÍSTICAS DEL CLOUD COMPUTING

Hay tres tipos de servicios que forman el modelo de negocio del Cloud Computing (Martín, 2014):

- Infraestructura como servicio (IaaS): Referente a la oferta de almacenamiento y procesamiento en sus servidores. Únicamente está limitado por la capacidad económica de contratación del servicio que tenga el cliente.
- Plataforma como servicio (PaaS): Este servicio pone al alcance de los usuarios las herramientas para la realización de desarrollos informáticos, sin tener que adquirir e implantar en sus ordenadores locales dichas herramientas. Además, el proveedor de servicios se encarga del mantenimiento de estas herramientas informáticas.
- Software como servicio (SaaS): Se refiere a las aplicaciones finales, es decir, productos terminados que ofrecen servicios concretos. Este servicio consiste en la utilización de los servicios ofrecidos por dichas aplicaciones por parte del usuario.

En cuanto a los modelos de implementación de Cloud Computing en función de la privacidad, según la definición aportada por el NIST (2011):

1. Nube privada: La infraestructura de este tipo de nube está preparada para el uso exclusivo de una sola organización, comprendida por varios consumidores o unidades de negocio. Puede ser de propiedad, administrado y ejecutado por la organización, por un tercero, o una combinación de ellos, y que puede existir dentro o fuera de las instalaciones.
2. Nube comunitaria: La infraestructura está preparada para el uso exclusivo de una comunidad específica de los consumidores de las organizaciones que han compartido preocupaciones, por ejemplo, la misión, requisitos de seguridad y cumplimiento... Puede ser de propiedad, administrado y ejecutado por una o más de las organizaciones que componen la comunidad, un tercero o una combinación de ellos y puede existir dentro o fuera de las instalaciones.
3. Nube pública: La infraestructura está preparada para el uso del público en general. Puede ser de propiedad, administrado y ejecutado por una empresa, academia, por instituciones del gobierno, o alguna combinación de ellos. Únicamente existe en la ubicación del proveedor del servicio.
4. Nube híbrida: La infraestructura de la nube es una combinación de dos o más tipos de las nubes anteriores, que siguen siendo entidades únicas pero están unidas por la tecnología estandarizada que permite la portabilidad de datos y aplicaciones.

2.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CLOUD COMPUTING

Entre las ventajas que tiene el cloud se pueden señalar como las más importantes (Reyna, 2009): el uso de la tecnología cloud se puede llevar a cabo desde cualquier lugar, permite el acceso a los servicios y la información, con una disponibilidad completa del servicio, es decir 24 horas y 365 días del año; además se puede acceder desde cualquier dispositivo, ya sea móvil, tablets, ordenadores portátiles u otros; los servicios son gratuitos, o pueden ser de pago dependiendo de la necesidad del usuario; al tratarse de servicios en la nube, en la web, no es necesario el almacenamiento en nuestro propio equipo por lo que permite que no se sature el disco duro.

En el apartado de las desventajas cabe señalar que la información puede estar a disposición de terceras personas, fundamentalmente técnicos; los servicios cloud dependen siempre de la existencia de conexión a Internet, lo que guarda relación con la velocidad y las tecnologías de acceso; en ocasiones el servicio es suspendido por alguna razón, ya sea un error humano o una catástrofe natural, entonces las malas repercusiones recaen sobre el cliente; almacenar datos que puedan afectar a la privacidad o fotos, videos etc. ya que se cuestiona la posible pérdida de la libertad y la privacidad del cliente, ya que estos datos pueden estar al alcance de terceras personas y todo esto puede haber problemas de descontrol del manejo de esta información (Reyna, 2009).

2.4. RIESGOS PRINCIPALES DEL CLOUD COMPUTING

Gartner identifica 7 riesgos principales en el área del Cloud Computing que son la confianza en el proveedor (Brodkin, 2008), el cual debe asegurar la confidencialidad; la conformidad legal, ya que debe quedar claro que la responsabilidad de los datos o posibles infracciones legales son del proveedor que debe garantizar el cumplimiento de la normativa con el fin de dar seguridad a sus clientes; la localización de los datos o asegurar que los clientes tengan acceso a los datos; confidencialidad de la información; recuperación en caso de desastre o pérdida de datos; colaboración con la justicia aunque los datos estén en países distintos; continuidad o que se mantenga en el tiempo los datos almacenados.

2.5. SITUACIÓN DEL CLOUD COMPUTING EN LAS EMPRESAS ESPAÑOLAS

Maqueira-Marín y Bruque-Cámara (2012) sostienen que la cooperación entre algunos agentes como son; la Empresa, la Administración pública, y las Universidades o Instituciones de investigación, dan lugar a que sea posible el crecimiento empresarial por medio de la aplicación de la innovación y los conocimientos. Esta tendencia en la utilización de las TIC ha evolucionado hasta el término Cloud Computing, que está siendo rápidamente adoptado por el mundo empresarial.

Tomando en cuenta un estudio llevado a cabo por Urueña et al. (2012), según las previsiones analizadas en 2011, la apuesta de los proveedores de servicios tecnológicos nacionales por adoptar este modelo de servicio estaba en un punto de inflexión para la definitiva adopción del Cloud en España, debido al aumento del conocimiento que las empresas españolas van adquiriendo de los beneficios, capacidades operativas y económicas de este nuevo servicio.

Estos datos apuntan a que existe un mercado potencial para los proveedores Cloud, ya que los usuarios de internet y de telefonía móvil se sitúan como posibles consumidores potenciales de la nube (Fundación Innovación Bankinter, 2010).

A nivel Europeo y mundial, España podría ser considerada como un país idóneo para el establecimiento de centros de desarrollo y de servicios tecnológicos, ya que la combinación entre costes laborales y nivel de cualificación profesional otorgan a España, un elevado potencial para la inversión en empresas del sector TIC que estén dispuestas a implantar servicios en la nube.

Son las pequeñas y medianas empresas españolas los principales nichos y beneficiarios de los servicios Cloud, ya que ahorran en costes, posibilitan contar con infraestructura y servicios tecnológicos, así como la rapidez y agilidad en su desarrollo contribuye a que las pymes españolas puedan acceder a servicios de ERP (Enterprise Resource Planning) o CRM (Customer Relationship Management), comercio electrónico o al aumento de la capacidad de infraestructura tecnológica para el ejercicio de sus operaciones.

Por el contrario, las grandes empresas y corporaciones de España son más reacias a la adopción del Cloud Computing, aunque están desarrollando procesos de cambio a entornos virtualizados con redes de servicios tecnológicos. Esto constituye una red de Cloud privado por lo que se prevé que en un futuro pueda ser aplicado a clientes y a otras compañías.

También las Administraciones públicas son grandes consumidoras de los servicios Cloud, debido por una parte a la optimización de la eficiencia y costes de sus servicios e infraestructuras a través de nubes privadas y públicas.

Algunos aspectos políticos públicos pueden ser también ejecutados por el sector de la información tecnológica mediante la nube, como pueden ser la modernización de la sanidad, la educación, la internacionalización de las pymes etc. Son líneas de actuación en las que la nube puede llegar a ser un instrumento crucial de dinamización y generador de eficiencia.

Hoy en día siguen existiendo algunos retos que afectan al desarrollo de este sector en España. Algunas cuestiones críticas fueron establecidas por Urueña et al. (2012) que concluyó que en el mercado español se da un gran desconocimiento de Cloud, ya que el 49% de las empresas no conoce este servicio. Así mismo, un 15% de las empresas utilizan Cloud Computing, un 9% tienen intenciones de usarlo y un 27% familiarizado con el Cloud Computing, aun no se plantea utilizarlo.

En cuanto al ritmo de adopción de este modelo, en primer lugar se sitúa el sector público y al mismo nivel, sectores como servicios, comunicación y transporte. El segundo bloque, lo constituyen, a un menor ritmo, el sector financiero y de distribución, en especial el sector financiero. Por último, encontramos al sector industrial, que es más remiso a la adopción del Cloud.

En cuanto a la adopción, las aplicaciones colaborativas y de negocio están siendo las primeras en lanzarse a los servicios Cloud, mientras que el almacenamiento y la infraestructura web están próximas a una adopción masiva (IDC, 2011). Se deduce que el crecimiento del mercado Cloud no es debido únicamente al número de empresas que empiezan a implementarlo sino también porque aquellas que lo implantan aumentan las áreas de uso.

3. METODOLOGÍA

La mayoría de los estudios sobre adopción de tecnología en la nube han aplicado metodologías cuantitativas, en concreto el método de la encuesta. Estos estudios se han centrado en las PYME (Alshamaila et al., 2013; Gupta et al., 2013) o industrias particulares, tales como las de alta tecnología (Low et al., 2011), sector minorista (Wu et al., 2013), turístico (Palos y Aguayo, 2016) o los sectores de la salud (Lian et al., 2014).

Basándose en ello, el universo poblacional objeto de estudio han sido las Pymes emprendedoras, del sector servicios, de la ciudad de Sevilla, que usen normalmente tecnologías en la nube. Los datos con que contamos estiman que en los centros de recursos empresariales hay alojadas 73 empresas emprendedoras. Por lo que no se llevó a cabo, muestreo estadístico, sino que se presentó una encuesta a los responsables de dichas pymes. De las encuestas obtenidas, fueron validadas 71.

Los encuestados debían poseer orientación emprendedora, que se define como la medida en que una persona es innovadora, proactiva y tomando riesgos (Lee y Peterson, 2000). Se demostró que las personas con una fuerte orientación empresarial son más propensas a adoptar innovaciones tecnológicas, como el cloud computing (Ratten, 2012).

El trabajo de campo se llevó a cabo, entre septiembre y noviembre de 2016 y la obtención de los resultados de los cuestionarios se llevó a cabo con Google Drive, concretamente con la aplicación Google Forms. El cuestionario realizado fue testeado con expertos y cinco empresas que se prestaron a ello. En esa etapa se consiguió detectar algunas ambigüedades y escalas mal planteadas. El 45% de los cuestionarios fueron obtenidos por medios telefónicos, el 36% fue presencial y el 19% mediante correo electrónico. El cuestionario final tuvo un total de 10 preguntas del contenido objetivo de estudio de la investigación y 5 de clasificación. Para valorar aspectos relacionados con la percepción de las ventajas e inconvenientes de los servicios y tecnología cloud se usó la escala Likert 5.

4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En el presente apartado, se expondrán los resultados obtenidos a través de la encuesta realizada entre empresas emprendedoras.

4.1. RIESGOS: CONFIDENCIALIDAD Y FIABILIDAD

Las empresas encuestadas encuentran que los datos son siempre accesibles (4,2 sobre 5), el acceso a los mismos es rápido (4,5 sobre 5), y que la gestión de los archivos es fácil de usar (4,3 sobre 5).

Por otro lado, las empresas conceden una fiabilidad moderada en cuanto a que los datos serán confidenciales o que no se perderán. En el aspecto de cumplimiento con la legislación en materia de protección de datos, existe cierta desconfianza (medias entre 3 y 4 en todas las empresas sea cual sea su tamaño o antigüedad).

Figura 1. Privacidad, Seguridad y Protección de datos.

Fuente: elaboración propia.

Las empresas con una antigüedad menor a 1 año, muestran más confianza y seguridad en que los datos no se perderán y en la confidencialidad de los mismos (ver figura 1). Mientras que las empresas con una antigüedad superior a 1 año, 3 años depositan menos confianza.

4.2. VENTAJAS DEL CLOUD

Las empresas obtienen mayores ventajas en la mejora de la productividad (3,8 sobre 5), seguido de la mayor flexibilidad y escalabilidad de los recursos TIC (3,7 sobre 5) así como la ventaja de disminución de costes en hardware (3,8 sobre 5). Una ventaja destacable es el hecho de que al usar la nube aumenta la capacidad informática sin aumentar los recursos de las empresas (3,9 sobre 5).

Otras ventajas que Cloud Computing aporta a las empresas, aunque en menor medida, son: implantación de aplicaciones más rápidas (3,3), ahorro en costes de informática (3,4), el uso de Cloud asegura la continuidad de las operaciones de negocio (3,3) y en menor grado una mejor competencia con empresas que tienen más recursos (3,2).

Por el contrario, las empresas encuentran escasa ventaja en el control de costes y beneficios mediante la utilización de Cloud Computing (2,9 sobre 5).

Analizando algunas de estas ventajas en relación con el tamaño de las empresas, se puede observar que las empresas más pequeñas se benefician en mayor medida de estas ventajas, que las empresas de mayor tamaño.

En el 64% de las empresas encuestadas, el porcentaje de los trabajadores que usan la nube para llevar a cabo sus tareas habituales está comprendido entre el 75 y el 100%. En el 14% de las empresas, los trabajadores usan la nube para ejecutar sus tareas habituales en un porcentaje comprendido entre el 25 y el 75%. En el 22% restante de las empresas encuestadas, los trabajadores que usan la nube para ejecutar sus tareas diarias se encuentran en el intervalo del 0 al 25%.

4.3. ANÁLISIS DE LA ADOPCIÓN DEL SERVICIO CLOUD POR PARTE DE LAS EMPRESAS

El 41% de las empresas encuestadas comenzaron a usar el servicio Cloud Computing gracias a recomendaciones profesionales. El 19% de las empresas lo hicieron por recomendaciones o sugerencias de amigos o conocidos. Un porcentaje importante de las empresas encuestadas (24%) comenzaron a usar la nube por otros medios.

Otros factores de influencia que hicieron que adoptaran el Cloud, fueron: los medios de comunicación (6%), publicidad comercial (4%), y un mínimo porcentaje de empresas (2%) lo hicieron gracias a cursos de formación, ofertas comerciales y redes sociales.

En cuanto a la utilidad que dan las empresas al servicio de la nube, la que más usan las empresas son los ficheros y bases de datos, ya que según los resultados de la encuesta, son usados por el 71% de las empresas. La nube es usada para tareas de ofimática en el 58% de las empresas. También un importante porcentaje de uso le corresponde a tareas de ERP (contabilidad y facturación) y para la gestión de clientes (CRM). El 40% de las empresas encuestadas usan la nube para estas tareas.

El servicio de la nube también es útil para las empresas en aspectos de desarrollo (40% de empresas lo usan) Hosting (36%), E-Commerce (31%) y ventas (22%). Las utilidades de Proyectos Nóminas, RRHH y Logística tienen un uso escaso según las empresas encuestadas, ya que sólo un 9%, un 13% y un 16% respectivamente, las usan para su actividad ordinaria.

El servicio de Google Drive es usado en aproximadamente casi el 80% de las empresas encuestadas. Sin duda, el servicio que más se usa en las empresas es Dropbox, ya que más del 80% de las empresas encuestadas hacen uso de este servicio. Por el contrario, los servicios menos utilizados por las empresas son Asus y Webstorage que escasamente llegan al 20% de uso.

El servicio iCloud se encuentra en una posición baja pasando del 30% de uso pero sin llegar al 40%. Por otra parte, otros servicios de la nube usados por las empresas alcanzan el 40% de uso entre las empresas encuestadas.

4.4. VALORACIÓN MEDIA DE LOS SERVICIOS CLOUD

En cuanto al grado de valoración de los servicios expuestos, cabe señalar que el más valorado es Dropbox con 4,7 puntos sobre 5, le sigue Google Drive con una puntuación de 3,9 sobre 5. Otro de los servicios que destaca por su valoración es iCloud (3,7 puntos sobre 5).

Así como otros servicios, no expuestos explícitamente, que las empresas valoran de manera significativa, 4,1 sobre 5. Por el contrario, los servicios menos valorados son Asus y Webstorage con 2,2 y 2,7 puntos sobre 5 respectivamente.

En cuanto a los tipos de ficheros que depositan en la nube, de manera habitual se trata de documentos generales, con una frecuencia media de 4,2 sobre 5, con menor frecuencia se depositan documentos importantes (3,4 sobre 5).

Las fotos, correo o e-mail también son archivos que se depositan con regularidad en las empresas encuestadas, con una frecuencia de 3,3 3,1 y 3,2 respectivamente sobre 5. Se depositan con menor regularidad archivos de software o audio y videos, con una frecuencia de 2,1 y 2,4 sobre 5 respectivamente.

5. CONCLUSIONES

Según los datos obtenidos las principales ventajas que perciben las empresas con el uso de Cloud Computing, recae en la mejora de la productividad, la mejor flexibilidad y escalabilidad de los recursos TIC y la disminución de costes en hardware. Estos datos coinciden con estudios anteriores (Armbrust et al., 2010).

Según los resultados obtenidos, las empresas con un menor número de trabajadores se benefician en mayor medida de estas ventajas que las empresas con más trabajadores. Este hecho también se confirma en las empresas que tienen menos antigüedad y que por tanto están en una fase más emprendedora, lo que nos lleva a confirmar que existe relación entre grado de emprendimiento, capacidad emprendedora y adopción Cloud (Ratten, 2013).

Ahora bien, es la confianza y la seguridad en el servicio de la nube para la realización de su actividad ordinaria. En los resultados obtenidos se observa que las empresas otorgan cierto grado de confianza en los servicios de la nube, creen en la confidencialidad de los datos y en que estos no se perderán, aunque no depositan una total confianza. Las pymes analizadas se encuentran más desconfiadas en que se cumpla la legislación en materia de protección de datos. Por otro lado, sí están de acuerdo en la rápida accesibilidad de los datos, así como su fácil gestión gracias al servicio de la nube. Se confirma que existe relación entre grado de emprendimiento y uso del Cloud, ya que son las empresas más jóvenes las que mayor confianza depositan, mientras que las que superan los 3 años de existencia se muestran más reacias a confiar en esta tecnología.

De los servicios expuestos en el cuestionario los más utilizados por las empresas encuestadas son Dropbox y Google Drive. Las pymes valoran en mayor medida las aplicaciones de Dropbox y Google Drive, seguido del servicio iCloud aunque también otorgan gran valoración a otros servicios que no aparecen como opción en el cuestionario, como pueden ser: Box, Hubic, Tresorit o Mega.

En cuanto al tipo de archivo que se deposita en el almacenamiento de la nube, es muy habitual el almacenamiento de documentos generales, en menor medida se hace con documentos importantes.

La utilidad que dan las empresas al servicio de la nube, se concentra mayoritariamente en tareas de ofimática y ficheros y bases de datos. También se usa con gran frecuencia, aplicaciones de ERP, así como que permiten recopilar datos de clientes, como el perfil, hábitos de consumo u otros datos de interés para la gestión de la organización.

En cuanto al porcentaje de trabajadores que usan la nube, cabe decir que la mayoría de empresas que usan la nube, lo hace de manera completa, es decir que todos o gran parte de sus trabajadores usan los servicios de la nube para sus tareas habituales. También decir que, en las empresas con menor número de trabajadores, estos usan la nube en un porcentaje del 75 al 100%, en cambio en las empresas con mayor número de trabajadores este porcentaje se reduce hasta situarse entre un 25 y 50%. Con lo que se confirma que el tamaño de la organización, medido en términos de nº de trabajadores influye en la intención de adoptar la nube, coincidiendo con otras investigaciones (Palos y Correia, 2016). Por tanto, estas conclusiones apoyan la premisa de que las tecnologías Cloud facilitan el emprendimiento, y la innovación, lo que está en línea con investigaciones anteriores (Ross y Blumenstein, 2015).

Este soporte al emprendimiento que podría suponer la tecnología Cloud, supondría para las empresas emprendedoras contar con la posibilidad de utilizar los servicios de Cloud para desarrollar y vender sus propios productos. Por tanto, las pymes que desde su creación han utilizado estrategias basadas en la nube “nativas de la nube”, podrían desarrollar su actividad productiva en mejores condiciones que las empresas existentes, las cuales se enfrentan al reto de la adopción Cloud.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alshamaila, Y., Papagiannidis, S., y Li, F. (2013). Cloud computing adoption by SMEs in the north east of England: A multi-perspective framework. *Journal of Enterprise Information Management*, 26(3), 250-275.
- Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R., Konwinski, A., ... y Zaharia, M. (2010). A view of cloud computing. *Communications of the ACM*, 53(4), 50-58.
- Arinze, B., y Anandarajan, M. (2012). Factors that determine the adoption of cloud computing: A global perspective. *Enterprise Information Systems and Advancing Business Solutions: Emerging Models: Emerging Models*, 21
- Benlian, A., y Hess, T. (2010). The Risks of Sourcing Software as a Service-An Empirical Analysis of Adopters and Non-Adopters. In *ECIS*.
- Benlian, A., y Hess, T. (2011). Opportunities and risks of software-as-a-service: Findings from a survey of IT executives. *Decision Support Systems*, 52(1), 232-246.
- Brodin, J. (2008). Gartner: Seven cloud-computing security risks. *Infoworld*, 2008, 1-3.
- Fundación Innovación Bankinter (2010). Cloud Computing-La tercera ola de las Tecnologías de la Información (Fundación Innovación Bankinter-Accenture).
- Guilarte, M. (2015). Muy Cloud. Recuperado el 7 de Marzo de 2016, de <http://muycloud.com/2013/07/19/aplicaciones-cloud-pymes/>
- Gupta, P., Seetharaman, A., y Raj, J. R. (2013). The usage and adoption of cloud computing by small and medium businesses. *International Journal of Information Management*, 33(5), 861-874.
- Heiser, J., y Nicolett, M. Assessing the Security Risks of Cloud Computing, Gartner Report. 2008.
- Hooper, C., Martini, B., y Choo, K. K. R. (2013). Cloud computing and its implications for cybercrime investigations in Australia. *Computer Law & Security Review*, 29(2), 152-163.
- IDC. (2011). Cuando las empresas se rinden al Cloud. International Data Corporation.
- Lee, S.M. y Peterson, S.J., 2000. Culture, entrepreneurial orientation, and global competitiveness. *Journal of World Business* 35 (4), 401–416.
- Leimeister, S., Böhm, M., Riedl, C., y Krcmar, H. (2010, June). The Business Perspective of Cloud Computing: Actors, Roles and Value Networks. In *ECIS*.

- Lian, J. W., Yen, D. C., y Wang, Y. T. (2014). An exploratory study to understand the critical factors affecting the decision to adopt cloud computing in Taiwan hospital. *International Journal of Information Management*, 34(1), 28-36.
- Low, C., Chen, Y., y Wu, M. (2011). Understanding the determinants of cloud computing adoption. *Industrial management & data systems*, 111(7), 1006-1023.
- Maqueira-Marín, J. M., y Bruque-Cámara, S. (2012). Drivers of Cloud Computing Adoption in Companies: Who moves the Cloud?. *Universia Business Review*, (35), 56.
- Marston, S., Li, Z., Bandyopadhyay, S., Zhang, J. y Ghalsasi, A., (2011). Cloud computing — the business perspective. *Decis. Support. Syst.* 51 (1), 176–189.
- Martín, E (2 de diciembre de 2014).TIC beat.Recuperado el 16 de marzo de 2016.de <http://www.ticbeat.com/cloud/que-es-cloud-computing-definicion-concepto-para-neofitos/>
- Mell, P. y Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing
- NIST. (2011). National Institute of Standards and Technology.
- Oppenheim, C. (2012). Cloud law and contract negotiation. *El profesional de la información*, 21(5), 453-457
- Palos, P. R., y Aguayo-Camacho, M. (2016). Los cambios organizacionales y la nube en el entorno turístico: estudio de caso. *International Journal of World of Tourism*, Vol. 3, Nº 5, pp 33-42.
- Palos, P.R. y Correia, M.B. (2016). La actitud de los recursos humanos de las organizaciones ante la complejidad de las aplicaciones SaaS. *Dos Algarves: A Multidisciplinary e-Journal*, 28, 87-103. doi: 10.18089/DAMeJ.2016.28.6
- Palos-Sanchez, P.R. (2017). CLOUD COMPUTING: seguridad, privacidad y reputación online del sector empresarial turístico. *Revista TURyDES, Turismo y Desarrollo Local*, Vol. 10 (22).
- Patel, P., Ranabahu, A. H., y Sheth, A. P. (2009). Service level agreement in cloud computing.
- Ratten, V. (2012). Entrepreneurial and ethical adoption behaviour of cloud computing. *The Journal of High Technology Management Research*, 23(2), 155-164.
- Ratten, V. (2013). Cloud computing: A social cognitive perspective of ethics, entrepreneurship, technology marketing, computer self-efficacy and outcome expectancy on behavioural intentions. *Australasian Marketing Journal (AMJ)*, 21(3), 137-146.
- Reyna, J. E. V. (2009). Cloud Computing. La computadora, herramienta indispensable en diversas áreas de conocimiento, 161.

- Ross, P. K., y Blumenstein, M. (2012). Leveraging the opportunities of the Cloud: The impact of Cloud Computing strategies on Organisational Structures, Management Practices and ICT Worker Skill Sets in Queensland private and public sector organisations. Griffith University and the Department of Science, Information, Technology, Innovation and The Arts (SITIA).
- Ross, P., y Blumenstein, M. (2013). Cloud computing: the nexus of strategy and technology. *Journal of Business Strategy*, 34(4), 39-47.
- Ross, P.K. y Blumenstein, M. (2015). Cloud computing as a facilitator of SME entrepreneurship, *Technology Analysis & Strategic Management*, 27:1, 87-101, DOI: 10.1080/09537325.2014.951621
- Ryan, W. M., & Loeffler, C. M. (2010). Insights into cloud computing. *Intellectual Property & Technology Law Journal*, 22(11), 22.
- Tuncay, E. (2010). Effective use of cloud computing in educational institutions. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, 938-42.
- Urueña, A., Ferrari, A., Blanco, D., y Valdecasa, E. (2012). Cloud Computing Retos y Oportunidades. ONTSI, Mº de Industria de España, Pág, 18.
- Valencia, K. (2012). Historia del Cloud Computing. *Revista de Informacion Tecnológica y Sociedad*, pp.51-52.
- Wu, D., Schaefer, D., y Rosen, D. W. (2013). Cloud-based design and manufacturing systems: a social network analysis. In *International Conference on Engineering Design, ICED 2013*. University of Bath.
- Yigitbasioglu, O., Mackenzie, K., y Low, R. (2013). Cloud Computing: How does it differ from IT outsourcing and what are the implications for practice and research?. *The International Journal of Digital Accounting Research*, 13, 99-121.
- Yigitbasioglu, O. M. (2015). The role of institutional pressures and top management support in the intention to adopt cloud computing solutions. *Journal of Enterprise Information Management*, 28(4), 579-594.

Recepción: 02 de febrero de 2017**Aceptación:** 08 de mayo de 2017**Publicación:** 14 de junio de 2017

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA EN LA NUBE PARA CONTROLAR Y GESTIONAR PROCESOS CLÍNICOS. CASO VETERINARIA DE MASCOTAS

IMPLEMENTATION OF A SYSTEM IN THE CLOUD FOR THE CONTROL AND MANAGEMENT OF CLINICAL PROCESS. CASE VETERINARY PETS

Lídice Haz López¹José Molina Vera²José Sánchez Aquino³Carlos Sánchez León⁴

1. Ingeniera en Sistemas Computacionales, Master en Docencia y Gerencia en Educación Superior, Master en Seguridad Informática, Docente de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. E-mail: victoria.haz@hotmail.com
2. Ingeniero en Sistemas, Universidad Estatal Península de Santa Elena. E-mail: joscarl2092@gmail.com
3. Ingeniero en Sistemas, Master en Automatización y Control Industrial, Docente Universidad Estatal Península de Santa Elena. E-mail: jose_sa28@hotmail.com
4. Ingeniero en Sistemas Computacionales, Master en Gerencia de Tecnologías de la Información (MGTI), Docente Universidad Estatal Península de Santa Elena. E-mail: cslupse@gmail.com

Citación sugerida:

Haz López, L., Molina Vera, J., Sánchez Aquino, J. y Sánchez León, C. (2017). Implementación de un sistema en la nube para controlar y gestionar procesos clínicos. Caso veterinaria de mascotas. *3C Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 6(2), 17-31. DOI: <<http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2017.v6n2e22.17-31/>>.

RESUMEN

El propósito de este proyecto es desarrollar e implementar un sistema informático que permita controlar y gestionar los procesos clínicos administrativos que se realizan en la Veterinaria Mascotas, mediante el uso de herramientas web como ZK Framework, Apache Tomcat y MySQL server. Se aplicó investigación de campo y bibliográfica como parte de la fase de análisis utilizando las técnicas de encuestas y entrevistas que fueron dirigidas a los involucrados en los procesos administrativos de la clínica; y a expertos en diseño y desarrollo de software, con la intención de validar los requerimientos funcionales, no-funcionales, de accesibilidad y criterios de usabilidad definidos para el proyecto. El diseño e implementación del proyecto permitió disminuir los tiempos de respuesta y controlar el flujo de información que se maneja en la clínica, mediante la optimización de los procesos principales del negocio, mejorando la disponibilidad, integridad y seguridad de la información relacionadas a datos administrativos y clínicos como los registros contables y fichas médicas de los pacientes.

ABSTRACT

The purpose of this project is to develop and implement a computer system that allows controlling and manage administrative clinical processes that are performed in the Veterinary Pets, through the use of web tools as ZK Framework, Apache Tomcat y MySQL server. Field research was applied and bibliography as part of the analysis phase using survey techniques and interviews that were directed to those involved in the administrative processes of the clinic; and to experts in software design and development, with the intention of validating the functional requirements, non-functional, accessibility and usability criteria defined for the project. The design and implementation of the project allowed shorter response times and control the flow of information that is handled in the clinic, through the optimization of core business processes, improving availability and such as accounting records and medical records of patients.

PALABRAS CLAVE

Sistema en la nube, Usabilidad, ZK Framework, MySQL server, Procesos Clínicos.

KEY WORDS

Cloud computing, Usability, ZK Framework, MySQL server, Clinical Processes.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la compañía de una mascota para muchas personas les ayuda a controlar la ansiedad, disminuir el nivel de estrés y mejorar el estado de ánimo. Según estudios realizados por la Universidad de Waterloo [1] las mascotas se han convertido en un miembro más de la familia formando un lazo humano-afectivo y generando en las personas preocupación por el bienestar de estos, por mantenerlos sanos y con una buena calidad de vida. Es por ello, que los centros de atención veterinaria se han vuelto de mucha importancia en todas partes del mundo. Estos centros ayudan a llevar un control médico de los animales mediante historiales clínicos que generan documentos legales entre los veterinarios y los pacientes. Este documento contiene información clínica de tipo asistencial, preventiva y social, necesaria para proveer de una eficiente atención médica a las mascotas.

Es por ello, que los registros médicos son de gran interés para las clínicas sin importar el tipo de paciente humano o animal, pues son datos que permiten conocer o predecir el estado de salud del interno. La disponibilidad de acceso a esta información optimiza los tiempos de atención al paciente mejorando la calidad de los servicios del establecimiento.

El uso de las tecnologías de la información y comunicación son de mucha importancia para el desarrollo de la matriz productiva a nivel mundial, es por eso que la automatización de los procesos mediante la implementación de un sistema web mejora e incrementa el nivel de producción de cualquier empresa o negocio, elevando la calidad del producto o servicio. La tecnología permite que los negocios se expandan más rápido, que la ejecución de procesos se optimice, el nivel de productividad sea más eficiente y que la comunicación con el mundo sea más fácil, lo cual ha cambiado el mecanismo de acceso, desarrollo y difusión de la información [2].

Los sistemas de control y gestión de procesos han transformado la forma en la que operan las organizaciones actuales y se han convertido en otra área funcional de la empresa. Con la aplicación de tecnología se logran importantes mejoras debido a la automatización de las tareas disminuyendo su tiempo de ejecución y logrando mayor eficiencia en el trabajo de las personas, obteniendo así, una plataforma de información que facilita la toma de decisiones.

Las aplicaciones web son herramientas totalmente funcionales que se codifican en un lenguaje de programación soportado por los navegadores, pudiendo ser accedida a través de internet, teniendo una gran popularidad y desarrollo debido a lo práctico del navegador web. Entre las ventajas de un sistema web se encuentran [3]:

- **Compatibilidad:** al encontrarse en la web no necesita un sistema operativo específico para ejecutar la aplicación siendo independiente.
- **Espacio de disco:** las aplicaciones web normalmente requieren poco espacio en el disco del cliente y no necesitan instalación.
- **Fácil de actualizar:** los procedimientos de actualización son realizados en el servidor y enviados automáticamente a los usuarios.
- **Costo:** la empresa no va a invertir en comprar el software por cada máquina su costo está en el servicio.

Los sistemas informáticos permiten la administración y el control de los procesos dentro del negocio, controlar los posibles errores que se comenten al ejecutar los procedimientos dentro de la empresa, además del manejo y disponibilidad de la información permitiendo una eficiencia operacional y mejorando la atención al cliente. Estas aplicaciones desarrolladas para ambientes web ayudan a que la información siempre esté disponible para el usuario [4].

La clínica veterinaria “Mascotas” desde hace varios años viene realizando una importante labor dentro de la provincia de Santa Elena, en el cantón La Libertad, ofreciendo ayuda a toda clase de mascotas. El proceso de registro y archivo de las fichas médicas de los pacientes se realiza de forma manual, en carpetas donde se almacena la información clínica y el registro de datos personales de los dueños de las mascotas como: nombre, cédula, dirección, número de teléfono, entre otros datos, siendo esta información de carácter confidencial. Su acceso debe ser restringido solo para los doctores, sin embargo, los asistentes médicos pueden manipular los registros y la custodia de esta información está a cargo del personal administrativo.

Este mecanismo de archivar de forma manual las fichas médicas de las mascotas limita la atención de la clínica, ya que cuando llega un paciente que ha sido registrado anteriormente el tiempo que se utiliza para buscar dicho registro es de entre 15 y 20 minutos, y si la ficha no se encuentra se vuelve a crear una nueva perdiendo todos los datos anteriores o duplicando información. Otro inconveniente que se produce es cuando se realizan consultas a domicilio ya que por lo general no son agendadas ocasionando retrasos en la atención a otros pacientes, pues la mayoría de los casos son emergencias y es necesaria la visita del doctor, aunque no se disponga del historial clínico de las mascotas.

Para dar solución a este problema se propone el desarrollo e implementación de un sistema web que permita gestionar y controlar los procesos que se llevan a cabo dentro de la clínica veterinaria “Mascotas”, y con ello acceder de manera más fácil y segura a la información administrativa y clínica de los pacientes, desde cualquier lugar y en cualquier momento, con la finalidad de mejorar los servicios que se ofrecen a los usuarios y sus mascotas.

Entre las herramientas tecnológicas aprovechadas para el desarrollo del sistema se encuentra Eclipse Juno utilizada para el diseño y codificación de las interfaces aplicando el lenguaje JavaScript y el Framework ZK. El servidor web utilizado fue Apache-Tomcat y el sistema gestor de base de datos MySQL. La metodología de desarrollo de software aplicada fue la iterativa, ya que aporta una gran ventaja al reducir el riesgo que existe entre las necesidades del usuario y el producto final por errores o equivocaciones durante la etapa de recolección de datos [5]. Este método es conocido también como ciclo de vida y consiste en entregar al cliente una primera versión, y luego el cliente evalúa el producto y sugiere correcciones o mejoras en caso de requerirlo.

El presente documento está organizado de la siguiente forma, en la sección I se encontrará la introducción al tema, seguido de la sección II en la cual se describen los métodos utilizados para el desarrollo del proyecto, luego en la sección III se encuentran los resultados obtenidos en el trabajo, en la sección IV se establece la discusión de los resultados y las pruebas realizadas en el estudio, y finalmente en las secciones V y VI se encuentran las conclusiones y recomendaciones para futuros trabajos.

2. ANÁLISIS Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la recolección de datos se aplicó el método de la observación, el mismo que permitió conocer y describir en el contexto real como se realizan los procesos y procedimientos administrativos en la clínica, participando en esta actividad asistentes administrativos, asistentes médicos y médicos veterinarios [6]. A continuación se describen los resultados obtenidos luego de la observación:

- Tiempo de observación: 20 días.
- Periodo de observación: jornada laboral completa, 8 horas de trabajo.

Los resultados de la observación dieron como resultado que la Clínica Veterinaria “Mascotas” tiene gran afluencia de clientes, aproximadamente entre 10 a 15 pacientes diarios, y atiende de lunes a sábado desde 10:00 hasta las 18:00. Cuenta con dos doctores y cada uno toma entre 30 a 45 minutos por consulta. Al empezar la jornada, los médicos necesitan una hora para atender a las mascotas que se encuentran internadas para analizar su estado y evolución. La información se archiva en fichas médicas de sus pacientes en carpetas donde se almacenan los datos de la mascota, datos del dueño, antecedentes clínicos y resultados de exámenes realizados. Esta información es de carácter confidencial, por lo que no se permite que el historial clínico de los animales salga del consultorio excepto por motivos de fuerza mayor (como consultas a domicilio o traslado de la mascota a otra clínica) y con autorización del responsable.

Este mecanismo de archivar en forma manual las fichas médicas retrasa la atención del paciente, debido a que es necesario buscar su registro anterior, lo cual toma un tiempo de búsqueda aproximada entre 15 y 20 minutos, y si la ficha no se encuentra se vuelve a crear una nueva perdiendo todo el registro anterior. Otro inconveniente que se produce es cuando se realizan consultas a domicilio por casos de emergencia, que por lo general están fuera del horario laboral, en el cual el médico no dispone del historial clínico ocasionando que no se registre en la ficha la emergencia presentada.

El proceso administrativo contable de la clínica también fue observado, encontrando que existían inconsistencias en el manejo del inventario, errores en los movimientos contables debido a que estos no se registran diariamente, y descuadre en caja por las ventas que no son reportadas en forma inmediata.

También se utilizó la técnica de entrevista, que fue aplicada a los médicos y al propietario de la clínica. Esta información permitió definir la existencia de cinco procesos importantes que se realizan diariamente en la clínica:

- Registro de Mascotas
- Control de Inventario
- Generación de Facturas
- Registro de fichas médicas
- Control de inmunizaciones

El control de inventario es utilizado para registrar los productos cuando son adquiridos, pero no existe un mecanismo de decremento de stock cuando estos son facturados, caducados o existencia de stock mínimo.

El gráfico 1 representa en un diagrama general el flujo de información del proceso de ingreso y atención médica de mascota.

Gráfico 1. Diagrama de procesos.

Fuente: elaboración propia.

3. DISEÑO Y DESARROLLO DE LA APLICACIÓN WEB

Para el diseño de las interfaces de usuario se aplicaron criterios de usabilidad, haciendo énfasis en el uso de esquemas minimalistas e intuitivos que permitan mejorar la satisfacción, eficiencia y eficacia del usuario en relación a la manipulación del sistema. En los gráfico 2 y 3 se muestra el esquema general del área de trabajo y diseño implementado para las interfaces de usuario de la aplicación.

Gráfico 2. Esquema de solución.

Fuente: elaboración propia.

Gráfico 3. Pantalla principal del sistema.

Fuente: elaboración propia.

En el gráfico 4, se muestra el menú principal ubicado en el panel izquierdo de la pantalla principal del sistema.

Gráfico 4. Menú Vertical-Derecho.

Fuente: elaboración propia.

Para la implementación de los procesos administrativos y clínicos de la veterinaria se desarrollaron siete módulos a través de los cuales se automatizaron los procesos de registro de clientes y mascotas, fichas médicas, cartillas de vacunación. También el ingreso de información de empleados y asignación de roles de usuario, gestión contable mediante el control de inventarios, facturaciones y cuentas por cobrar y pagar.

Para el acceso al sistema, se establecieron 4 roles según las funciones que realiza cada empleado en la veterinaria. Estos roles fueron:

- **Administrador:** tiene acceso a todas las funciones del sistema, pudiendo gestionar principalmente la creación o actualización de los usuarios y modificación de roles y sus permisos.
- **Vendedor-Asistente:** puede registrar las ventas de productos y servicios médicos y accede a los módulos de registro de clientes y mascotas, y búsqueda de fichas médicas.
- **Doctor:** acceden al módulo de veterinaria.
- **Financiero:** accede al módulo de contabilidad pudiendo realizar cuadros de caja, inventarios, control de cuentas por cobrar y por pagar, generación de reportes.

Como parte del diseño se utilizaron plantillas prediseñadas basadas en las fichas médicas, órdenes de exámenes y cartillas de vacunación que posee la clínica siguiendo el estándar definido.

Entre los requerimientos se estableció que los clientes también tienen credenciales de acceso en la aplicación web pudiendo realizar reservación o modificación de citas médicas, consultar el historial de recetas que han sido suministradas a sus mascotas y reimprimir el reporte de las cartillas de vacunación.

Para el diseño y desarrollo del sistema web se utilizaron las herramientas descritas en la tabla 1.

Tabla 1. Herramientas de desarrollo.

Motor de base de datos	MySQL
Administrador de base de datos	phpMyAdmin
Servidor Web	ApacheTomcat7
Entorno de desarrollo	Eclipse Luna (ZK Javascript)
Diseño de reportes	iReport

Fuente: elaboración propia.

La aplicación web fue dividida en los siguientes módulos:

- **Veterinaria:** control de procesos del área médica, contiene los registros de: dueños de mascotas, mascotas, reservaciones para consulta o peluquería, ficha médica / historia clínica y carnet de vacunas y desparasitaciones.
- **Seguridad:** acceso al sistema por medio de credenciales. Se establecen y asignan los roles de usuarios predefinidos: administradores, doctores, asistentes, vendedores y clientes. Mediante este módulo se asegura que los usuarios solo podrán visualizar las opciones del menú a las cuales tienen acceso de acuerdo al rol establecido.
- **Inventario:** registro de productos y proveedores.
- **Facturación:** emisión de facturas de los servicios médicos y productos veterinarios, controlando el decremento de stock en el inventario.
- **Reportes:** generación de reportes estadísticos para la toma de decisiones:

- Carnet de vacunas y desparasitaciones.
- Fichas médicas / Historia Clínica.
- Factura.
- Reporte de las consultas generada.
- Reporte de las ventas generadas en un rango de fechas.

La arquitectura de comunicación utilizada en el desarrollo de la aplicación fue la de cliente servidor, en la cual el servidor web distribuye la información solicitada a través de una conexión de red hacia el cliente. Una vez que el cliente solicita la información el servidor web recibe la petición, busca y localiza la página, reenviándola al navegador que la solicitó [7]. El uso de este modelo permite que se distribuya la carga de procesos de la aplicación web entre los clientes y los servidores, en la Figura 5 se muestra el esquema general de su funcionamiento.

Gráfico 5. Arquitectura Server-Centric.

Fuente: elaboración propia.

La arquitectura lógica utilizada en el desarrollo de la aplicación fue MVC (Modelo-Vista-Controlador) que permite separar la lógica del negocio de la interfaz de usuario [8]. En la Figura 6 se muestra su esquema general de funcionamiento.

Figura 6. Modelo Vista Controlador.

Fuente: elaboración propia.

Mecanismos de seguridad

Para fortalecer la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la aplicación informática se implementaron las siguientes técnicas de seguridad:

Sesiones: la implementación de sesiones permite establecer la comunicación entre un cliente y un servidor con la finalidad de controlar el acceso y envío de información del usuario, cerrando la sesión cuando se cierre la página, se deje de usar la página quedándose inactiva por algún tiempo o cuando se cierre o reinicie el servidor de la aplicación [9].

La sesión también permite gestionar el acceso a las opciones del sistema mediante credenciales de identificación de usuario, con ello se evita el acceso a opciones del sistema sin que este se haya autenticado antes.

Cifrado de claves: las claves de acceso de los usuarios son cifradas mediante el algoritmo SHA-256, el cual transforma el texto de la contraseña en un hash de 64 dígitos hexadecimales de una sola vía evitando su decodificación [9].

Pruebas e implementación del sistema web “MASCOTAS”

Con la finalidad de verificar que se cumplan las especificaciones planteadas en el análisis de los procesos core del negocio se elaboraron y ejecutaron diferentes escenarios de pruebas que sirvieron para validar el flujo de información y resultados obtenidos en los procedimientos que realiza el sistema, y en caso de detectar errores sean corregidos [10].

A continuación, se describen cuatro escenarios de prueba:

- **Ingreso del sistema (Escenario 1):** este escenario permitió evaluar el ingreso al sistema según el rol de usuario asignado y validar que las opciones del menú mostrado sean las correctas según su rol.
- **Relación menú-ventana (Escenario 2):** se evaluó que la relación existente entre la opción del menú y la ventana mostrada sea la correcta.
- **Administración de información (Escenario 3):** se validó el ingreso de información en los formularios, en relación a campos obligatorios, tipos de datos, consultas en la base de datos.
- **Registro de información (Escenario 4):** permitió validar que los procesos para registrar, editar y eliminar información en la base de datos sean los correctos, verificando el manejo de excepciones y errores en la base de datos.

Los escenarios de prueba permitieron evaluar en un 80% el cumplimiento de los requerimientos funcionales y no funcionales establecidos por el usuario y definidos en la fase de análisis.

En las pruebas simuladas participaron analistas desarrolladores, médicos veterinarios, personal administrativo, propietario de la clínica y pacientes (dueños de mascotas), los cuales realizaron tareas planificadas en relación a los roles asignados marcando los resultados obtenidos y evaluando el tiempo de respuesta del sistema.

Para evaluar la interfaz de usuario y su funcionalidad se utilizó un test de usabilidad aplicado por tres expertos en diseño y desarrollo de software. Esto permitió recoger criterios técnicos sobre el nivel de satisfacción, eficiencia y eficacia que tendrían los usuarios durante la manipulación del sistema.

A continuación, en la Tabla 2 se describen las categorías y atributos utilizados para la evaluación de usabilidad [11, 12].

Tabla 2. Categorías y atributos para evaluar la usabilidad de un sistema web.

Características	Atributos
1. Facilidad de entendimiento <i>"Understandability" definido en la ISO 9126-1</i>	1.1 Legibilidad visual
	1.1.1 Adecuación de fuente
	1.1.2 Adecuación de la visualización textual
	1.1.3 Disposición
	1.2 Facilidad de lectura
	1.2.1 Agrupación Cohesiva de la Información
	1.2.2 Densidad de información
	1.3 Familiaridad
	1.3.1 Consistencia de formato
	1.3.2 Internacionalización
	1.3.3 Metáfora
	1.4 Ahorro de esfuerzo
	1.4.1 Acciones mínimas
	1.4.2 Auto-descripción
	1.4.3 Complejidad de la información
	1.5 Orientación al usuario
	1.5.1 Calidad de los mensajes de actualización
	1.5.2 Calidad de los mensajes de aviso
	1.5.3 Retroalimentación inmediata de los controles
	1.6 Navegabilidad
	1.6.1 Soporte a búsqueda interna
	1.6.2 Clickabilidad
	1.6.3 Interconectividad
	1.6.4 Alcanzabilidad
2. Facilidad de aprendizaje <i>(Learnability)</i>	2.1 Predictibilidad
	2.1.1 Nombres de enlaces significativos
	2.1.2 Etiquetas significativas
	2.1.3 Controles significativos
	2.1.4 Contenido multimedia significativo
	2.2 Potencialidad
	2.2.1 Determinación de acciones posibles
	2.2.2 Determinación de acciones prometedoras
	2.3 Retroalimentación informativa
	2.3.1 Progreso explícito de las transacciones
	2.3.2 Contexto explícito del usuario
3. Facilidad de uso <i>(Ease of use), se corresponde con el atributo Operability definido en la ISO 9126-1, basando su definición en los términos de controlabilidad, tolerancia a fallos y</i>	3.1 Compatibilidad
	3.1.1 Compatibilidad con navegadores y plugins
	3.1.2 Compatibilidad con sistemas operativos
	3.1.3 Compatibilidad con velocidades de conexión
	3.1.4 Compatibilidad con la resolución de pantalla
	3.2 Gestión de los datos
	3.2.1 Validez de los datos de entrada
	3.2.2 Visibilidad de los datos
	3.3 Controlabilidad
	3.3.1 Edición posterior

conformidad con las expectativas del usuario definidos en la ISO 9241-10		3.3.2 Soporte a operaciones de cancelación
		3.3.3 Soporte a la interrupción
		3.3.4 Soporte a operaciones de deshacer
		3.3.5 Soporte a operaciones de rehacer
		3.3.6 Soporte a la impresión
	3.4 Capacidad de adaptación	3.4.1 Adaptabilidad
		3.4.2 Adaptativo
	3.5 Consistencia	3.5.1 Comportamiento constante de los enlaces
		3.5.2 Comportamiento constante de los controles
		3.5.3 Permanencia de los enlaces
		3.5.4 Permanencia de los controles
		3.5.5 Consistencia en el orden de los enlaces
		3.5.6 Consistencia en el orden de los controles
		3.5.7 Consistencia en las etiquetas
	3.6 Gestión de errores	3.6.1 Prevención de errores
		3.6.2 Recuperación ante errores
		3.6.3 Calidad de los mensajes de error
4. Facilidad de ayuda (Helpfulness)	4.1 Completitud de la ayuda online	
	4.2 Documentación Multi-usuario	
	4.3 Completitud del mapa de sitio	
	4.4 Calidad de los mensajes de asesoramiento	
5. Accesibilidad técnica (Technical accessibility)	5.1 Soporte a la ampliación/reducción del texto	
	5.2 Independencia de dispositivos de control	
	5.3 Soporte a texto alternativo	
	5.4 Colores seguros	
	5.5 Grado de conformidad con WCAG	
6. Grado de atracción (Attractiveness)	6.1 Uniformidad del color de fondo	
	6.2 Uniformidad de la fuente	
	6.3 Uniformidad en la posición de las secciones de la interfaz	
	6.4 Personalización de la estética de la interfaz de usuario	
	6.5 Grado de interactividad	
7. Efectividad en uso	7.1. Facilidad de ayuda	7.1.1 Efectividad de la ayuda online
		7.1.2 Completitud de la ayuda online
		7.1.3 Frecuencia de consulta de ayuda
	7.2 Rendimiento de las tareas del usuario	7.2.1 Completado de las tareas
		7.2.2 Exactitud de las tareas
8. Eficiencia en uso	8.1 Eficiencia de las tareas el usuario	8.1.1 Tiempo para completar las tareas
		8.1.2 Carga de la tarea
	8.2 Esfuerzo cognitivo	8.2.1 Esfuerzo mental subjetivo
		8.2.2 Facilidad de recordar (memorabilidad)
	8.3 Limitaciones del contexto	8.3.1 Carga del sistema
		8.3.2 Adaptación a las habilidades del usuario
9. Satisfacción en uso	9.1 Satisfacción cognitiva	9.1.1 Utilidad percibida
		9.1.2 Calidad de los resultados
	9.2 Satisfacción emocional	9.2.1 Atracción subjetiva percibida

		9.2.2 Frustración percibida
		9.2.3 Riesgos del contenido
	9.3 Confianza	9.3.1 Aparición de errores
		9.3.2 Credibilidad del sitio

Fuente: elaboración propia.

4. RESULTADOS

Para evaluar la interfaz de usuario y su funcionalidad se utilizó un test de usabilidad aplicado por tres expertos en diseño y desarrollo de software, esto permitió recoger criterios técnicos sobre el nivel de satisfacción, eficiencia y eficacia que tendrían los usuarios durante la manipulación del sistema.

En la Tabla 3, se muestra un resumen general de los resultados obtenidos en el test de usabilidad aplicado por los expertos. Los valores obtenidos por cada categoría son aceptables, ya que se encuentran dentro o cerca del valor mínimo y máximo de las categorías. Sin embargo, los criterios de facilidad de ayuda, accesibilidad técnica y efectividad en uso fueron calificadas con un valor menor que el valor mínimo de aceptación, por lo cual, es necesario continuar trabajando en el mejoramiento de los criterios de las categorías antes mencionadas.

Tabla 3. Resumen de resultados obtenidos en pruebas de usabilidad.

Características de usabilidad	Promedio obtenido	Valor mínimo	Valor máximo
1. Facilidad de entendimiento	4,5	4	5
2. Facilidad de aprendizaje	3,8	3	5
3. Facilidad de uso	4,6	4	5
4. Facilidad de ayuda	2,5	3	4
5. Accesibilidad técnica	3,7	4	5
6. Grado de atracción	3,9	3	5
7. Efectividad en uso	3,8	4	5
8. Eficiencia en uso	4,3	3	5
9. Satisfacción en Uso	4,2	4	5

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 4, se muestra la relación por cada escenario: ingreso de datos correctos, incorrectos e información en blanco; además, del tiempo promedio de respuesta obtenido.

Tabla 4. Resumen de los resultados y tiempo de respuesta obtenidos por cada escenario.

Escenarios	Datos correctos	Datos incorrectos	Datos vacíos	Tiempo promedio respuesta (seg.)
Escenario 1	Ingresa al sistema y muestra menú según rol de usuario.	Muestra mensaje de claves incorrectas	Solicita que se ingrese datos en los campos.	0,20
Escenario 2	Se muestra ventana solicitada.	No aplica.	No aplica.	0,01
Escenario 3	Se cargan los datos en el formulario	Se mostrara mensaje que no se han encontrado datos que cumplan el criterio de búsqueda.	Se mostrara mensaje que no se han encontrado datos que cumplan el criterio de búsqueda	0,35
Escenario 4	Se registran en la base de datos y se limpian los campos del formulario	Se muestra el mensaje con el error que se realizó.	Se muestra mensaje indicando que se ingrese los datos faltantes	0,25

Fuente: elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

El presente trabajo tuvo como enfoque principal el diseño e implementación de una aplicación web, y la evaluación de los criterios de usabilidad web. Los resultados obtenidos en el proyecto sugieren que para la clínica Veterinaria Mascotas el uso de la aplicación web permitió mejorar en un 80% los tiempos de respuestas en relación al ingreso y consulta de datos, así como mejorar la seguridad, integridad y disponibilidad de la información.

Los expertos en desarrollo de software que participaron en el proceso de evaluación de los criterios de usabilidad de la aplicación web, determinaron que esta es una herramienta de fácil uso y aprendizaje. Sin embargo, en relación a los tiempos de respuesta obtenidos, se muestra que es necesario mejorar ciertos criterios de usabilidad para mejorar su nivel de eficacia.

6. RECOMENDACIONES

Para futuros trabajos es necesario incorporar mecanismos que permitan disminuir los tiempos de respuesta obtenidos en relación a los procedimientos que se ejecutan en la base de datos; así como mejorar los parámetros de usabilidad que fueron evaluados por los expertos en diseño y desarrollo web, optimizando aquellos criterios que se encuentran con un valor fuera del rango de aceptación.

Antes de iniciar el proceso de carga de datos históricos, es necesario depurar los registros existentes para evitar duplicación o inconsistencia de datos y asegurar la integridad de datos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Johnson, J., 2009. UWSPACE, Waterloo's Institutional repository: https://uwspace.uwaterloo.ca/bitstream/handle/10012/4379/Johnson_Jill.pdf;jsessionid=64C9E5989F56B8784EE924148E127B3E?sequence=1
- [2] MACAU, Rafael, 2004. "TIC: ¿para qué? (Funciones de las tecnologías de la información y la comunicación en las organizaciones)". Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC). Vol. 1, nº 1. <http://www.uoc.edu/rusc/dt/esp/macau0704.pdf>
- [3] Laidre 2011, A. iPlanner.net.: http://www.iplanner.net/business-financial/online/how-to-articles.aspx?article_id=software-web-based
- [4] Laudon, Kenneth C. & Laudon, Jane P. , 2012. Sistemas de Información Gerencial. 12ª edición. Pearson Educacion, México. ISBN: 978-607-32-0949-6
- [5] Ortiz, M., 2012. Ingeniería de Software Modelos de Desarrollo de Software: <http://isw-udistrital.blogspot.com/2012/09/ingenieria-de-software-continuacion.html>
- [6] Samipieri, C. R., 2006. Metodologia de la investigacion. Mexico: McGRAW - HILL INTERAMERICANA DE MÉXICO, S.A. de C.V.
- [7] Mora, S. L., 2002. Programación de aplicaciones web: historia, principios básicos y clientes web. Editorial Club Universitario.
- [8] Pantoja, E. B., 2004. El patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador (MVC) y su implementación en Java Swing. Acta Nova, 2(4), 493.
- [9] López, P. A., 2010. Seguridad informática. Editex.
- [10] Sommerville, I., 2005. Ingeniería del software. Pearson Educación.
- [11] Martínez, A. F., 2011. WUEP: Un Proceso de Evaluación de Usabilidad Web Integrado en el Desarrollo de Software Dirigido por Modelos.
- [12] Nielsen, J., 2003. Ten Usability Heuristics. Useit.com: usable information technology. http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic_list.html

Recepción: 23 de febrero de 2017**Aceptación:** 12 de mayo de 2017**Publicación:** 14 de junio de 2017

MODELACIÓN, SIMULACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS EN LA GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS UNIVERSITARIOS

PROCESSES MODELING, SIMULATION AND AUTOMATIZATION IN THE MANAGEMENT OF UNIVERSITY ACADEMIC SERVICES

Ana Elizabeth Congacha Aushay¹Víctor J. García²

1. Ingeniera en Sistemas. Magister en Gerencia informática. Diplomado en Diseño Curricular por Competencias. Diplomado en Manejo de la Información a través del Internet. Universidad Nacional de Chimborazo, Docente de la Carrera de Ingeniería en Sistemas y Computación, Riobamba-Ecuador. E-mail: acongacha@unach.edu.ec
2. Ingeniero en Electrónica. MSc en Ingeniería de Control. PhD en Ciencia e Ingeniería de Materiales. Universidad Nacional de Chimborazo, Investigador Prometeo, Riobamba-Ecuador. E-mail: vgarcia375@gmail.com

Citación sugerida:

Congacha Aushay, A.E. y García, V.J. (2017). Modelación, simulación y automatización de procesos en la gestión de servicios académicos universitarios. *3C Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 6(2), 32-51. DOI: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2017.v6n2e22.32-51>.

RESUMEN

Comúnmente, en el ámbito universitario la estructura organizativa se caracteriza en que cada departamento se centra en resolver las tareas asignadas. Sin embargo, el servicio entregado es el resultado de la interacción transversal de diferentes áreas verticales de la institución. Esta compleja interacción sumada a la gestión y administración con procedimientos de precaria sistematización que demandan de manera importante la intervención humana, impactan significativamente la eficiencia y eficacia de la gestión de servicios académicos (GSA). Así, nos planteamos como objetivo desarrollar una plataforma informática que de soporte a la GSA como el de las Prácticas Pre-profesionales (PPP) de la Carrera de Sistemas y Computación. Para lograr nuestro objetivo sistematizamos el proceso de selección de la herramienta informática requerida, modelamos el proceso de servicio, validamos el desempeño del modelo y automatizamos el proceso de gestión de las PPP. Nuestra metodología permitió identificar a Bizagi Studio como la tecnología apropiada por su funcionalidad, escalabilidad y capacidad de integración. Además, nuestros resultados muestran que la metodología propuesta permitió desarrollar una plataforma eficiente y eficaz para la gestión de las PPP.

ABSTRACT

The organizational structure of a university is characterized by each department focusing on solving the tasks assigned. However, the service delivered is the result of the cross-sectional interaction of different vertical areas of the institution. The complex interplay between organizational units and the precarious systematization of the management and administration process —which usually demand a major human intervention— threatens the efficiency and effectiveness of the delivered services. Thus, we aimed to develop a computer platform that supports the MES as the Pre-Professional Practices (PPP) of the Systems and Computing Career. We systematized the selection process of IT tools, modeled the PPP service process, validated the model performance and automated the PPP management process. Our method allowed us to identify Bizagi Studio as the proper technology, because of its functionality, scalability and integration capacity. Also, our results showed the proposed method allows to develop an efficient and effective platform for PPP management.

PALABRAS CLAVE

Sistemas de administración de procesos de negocio, simulación, BPM, BPMS, BPMN.

KEY WORDS

Business process management systems, simulation, BPM, BPMS, BPMN.

1. INTRODUCCIÓN

El acelerado proceso de cambio que, a nivel mundial, se ha venido desarrollando en todos los ámbitos del quehacer humano, la globalización, influencia y alienta cada vez más la agilidad de los procesos en las organizaciones.

La gestión de procesos de negocio (BPM), es una disciplina que se convierte en un medio para lograr los objetivos del negocio (Jeston & Nelis, 2015). En este campo las herramientas de gestión de procesos de negocio (BPMS) brindan el soporte para construir aplicaciones BPM pues manejan el ciclo de vida de los procesos de negocio: modelamiento, ejecución, monitorización y optimización.

Un aspecto crucial es la modelación y simulación del proceso, fases que se pueden apoyar utilizando las herramientas incorporadas en las BPMS. La modelación diseña y diagrama un flujo de proceso que permite entender y analizar los procesos con el fin de proponer mejoras de manera iterativa y la simulación evalúa el desempeño del modelo antes de ejecutarlo con diferentes configuraciones y durante largos períodos de tiempo, para reducir las probabilidades de incumplir los requerimientos de negocio.

Bajo este contexto, la necesidad de mejorar la gestión de los procesos académicos es un reto continuo que deben asumir las instituciones de educación superior con miras a la acreditación y cumplimiento de sus objetivos estratégicos institucionales. En este sentido, el plan estratégico de desarrollo institucional 2012-2016 (PEDI) de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), determina como una de sus políticas el mejoramiento e innovación de los procesos académicos, administrativos, de investigación y de vinculación, con sujeción a las disposiciones constitucionales, legales y reglamentarias.

Como consecuencia, la presente investigación tiene como objetivo modelar, simular y automatizar soluciones de mejora de procesos basadas en BPM en el ámbito universitario considerando como muestra al proceso de gestión de PPP de la Carrera de Sistemas y Computación (Congacha, 2015). Así, la siguiente estructura los procesos serán modelados siguiendo la notación internacional BPMN (Business Process Model and Notation), llevándolos desde el modelado, luego a la simulación utilizando el modelador, Bizagi Modeler hasta la automatización, apoyados por una BPMS.

2. METODOLOGÍA

Este estudio se llevó a cabo siguiendo 4 etapas, las cuales son descritas a continuación:

2.1. SELECCIÓN DE LA SUITE BPM

Para la selección de la BPMS se utilizaron los resultados de los informes de análisis de tecnologías de las consultoras Forrester (Richardson & Miers, 2013), Gartner (Sinur & Hill, 2010) y del instituto de ingeniería de software experimental Fraunhofer (Adam, Riegel, & Koch, 2013). También se consideraron las recomendaciones generadas por la herramienta de software en línea que proporciona Technology Evaluation Centers (TEC) en términos de las necesidades particulares de la institución, requerimientos específicos de la aplicación que se desea. Se realizó una *cross-validación* de los diferentes resultados y se encontraron coincidencias que dieron soporte a la selección de la suite BPM más apropiada.

Criterios de consultoras: Forrester consideró 59 criterios de evaluación que se encuentran dentro de las categorías: oferta actual, estrategia y presencia en el mercado, identificando 10 proveedores de software BPM más importantes (Véase *Gráfico 1*).

Gráfico 1. Forrester Wave: BPM Suites, Q1 2013.

Fuente: Adaptado Forrester Research, Inc.

Gráfico 2. Cuadrante Mágico para BPMS.

Fuente: Adaptado Gartner (Octubre 2010).

Gartner consideró más de 60 proveedores a nivel mundial y 25 cumplieron los criterios de inclusión (Véase *Gráfico 2*), fundamentados en escenarios de uso como: soporte a un programa de mejoramiento continuo de procesos, implementación de una solución de procesos específica para una industria o compañía, soporte a una iniciativa de transformación de negocios, soporte al rediseño de una arquitectura orientada a servicios basada en procesos.

La investigación utilizó el estudio realizado por Gartner en octubre del 2010, debido a que en las posteriores publicaciones se menciona a los iBPMS, una evolución del mercado de BPMS y se centra en un nuevo caso de uso IBO “operaciones de negocio inteligentes”, conjuntos de características, aún no consideradas en el presente estudio por factor comparativo.

Criterio instituto de ingeniería de software experimental: En este apartado se analizó la investigación realizada por el instituto alemán Fraunhofer - Ingeniería de Software Experimental (IESE) en colaboración con la empresa de consultoría SP Consulting Ltd. Un total de nueve Suites BPM (Véase *Gráfico 3*) participaron en el estudio. Cada proveedor presentó su producto a expertos especializados y a científicos, cada participante tuvo que trabajar en los mismos escenarios y sus soluciones fueron comparadas y evaluadas en el contexto del estudio.

Los requisitos se consolidaron en las siguientes categorías: modelado de procesos, proceso de implementación, integración de sistemas, ejecución, gestión en tiempo de ejecución, proceso de control, gobernanza BPM, calidad de corte transversal, administración y configuración.

Gráfico 3. Cuadrante de Confort - Potencia de las Suites BPM investigadas.

Fuente: Adaptado, Fraunhofer IESE (Diciembre 2013).

Informe de requisitos de alto nivel: En esta sección se ingresó las funcionalidades de la BPMS requeridas por la institución (Véase *Tabla 1*) en el software en línea que proporciona TEC, generando la lista inicial de proveedores con su producto lo que se constata en el *Gráfico 4*, determinando las BPMS que cumplen las especificaciones institucionales.

Tabla 1. Funcionalidades de la BPMS requeridas por la institución.

Funcionalidad	Descripción	Detalle
Industria o Segmento Vertical	Educación Superior	Universidad Nacional de Chimborazo Carrera de Ingeniería en Sistemas
Especificaciones	Gestión de cambio	Armonización y seguimientos de todos los cambios hechos a los procesos, el objetivo es minimizar el riesgo de afectar la entrega del servicio.
	Colaboración en diseño	Permanente y eficiente comunicación entre la empresa proveedora y la institución.
	Gestión de correo electrónico	Permite administrar, encaminar y responder a un alto volumen de correo electrónico.
	Gestión de archivos electrónicos.	Permite guardar y administrar grandes volúmenes de archivos electrónicos. Archivar y auditar.
	Gestión del aprendizaje	Permite a organizaciones manejar y programar todos los aspectos de la enseñanza y la capacitación para asegurar que los empleados aprendan y mantengan sus habilidades.
	Computación Móvil	Posibilidad de una persona de trabajar con un dispositivo computarizado desde diferentes lugares.
	Gestión de seguridad	Se usa para regular y documentar su uso, así como protegerlos contra su uso o acceso desautorizado.
	Encuestas	Permiten a la institución solicitar y recopilar información para propósitos de evaluación
	Gestión del flujo de trabajo	Permite manejar procesos creando flujos de tareas que deben realizarse en forma secuencial o en paralelo.
Número de Empleados	251 a 500	Tomado de la Ley de Transparencia 2014 y el Directorio de servidores públicos, docentes y personal que pertenece al Código de Trabajo total de 500 empleados docentes y personal administrativo.
Presupuesto para este proyecto	\$0 a \$25.000	Creación del prototipo: Muchos tipos de pruebas se pueden llevar a cabo para ahorrar tiempo y dinero en errores de diseño.

Fuente: elaboración propia.

Proveedor	Producto
Bizagi Limited	BizAgi
Red Hat	Polymita BPM-Suite
IBM	Teamworks
W4 S.A.	BUSINESS FIRST
Invensys Skelta	Skelta BPM
AuraPortal	AuraPortal BPMS
Fujitsu	Interstage BPMS
Ultimus	Ultimus BPM Suite
Advantys	WorkflowGen
Exact	Synergy
Aurea	Savvion BusinessManager

Gráfico 4. Lista inicial para la evaluación de suites BPM.

 Fuente: Technology Evaluation Centers. *Gestión de los procesos empresariales (BPM)*.

<http://itadvisor.technologyevaluation.com>

2.2. MODELADO DEL PROCESO PPP

Este trabajo utilizó la metodología BPM:RAD® – Rapid Analysis & Design (Véase *Gráfico 5*) para modelar y diseñar el proceso académico, el reglamento de PPP de la Facultad de Ingeniería (UNACH-Ingeniería, 2013) fue un insumo importante para el desarrollo de esta etapa de la investigación pues permitió especificar los requerimientos de los nodos del proceso, los procesos fueron modelados en *Bizagi Modeler* siguiendo la notación internacional BPMN.

Gráfico 5. Fases metodología BPM: RAD® – Rapid Analysis & Design.

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6. Metodología BPM: RAD® aplicada al proceso prácticas pre-profesionales.

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 7. Diagrama Estructurado Procesos: Gestión Prácticas

Fuente: elaboración propia.

Gráfico 8. Diagrama de Flujo Lógico: Verificar y Registrar informe periódico.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Subprocesos y actividades del proceso: verificar y registrar informe.

No.	SubProceso	Actividades
1.	Recibir y verificar informe	1.1 Recibir el informe periódico de actividades realizadas en las prácticas pre profesionales. 1.2 Verificar que el informe periódico cumpla lo requerido como: formato, archivo en donde conste la firma del Jefe inmediato de la plaza.
2.	Registrar y notificar Informe	2.1 Registrar o almacenar informe periódico en la Base de Datos. 2.2 Enviar una notificación que el informe periódico está correcto.

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 9. Modelo Entidad –Relación: Gestión de Prácticas Pre-profesionales.

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 10. Modelo de Funcionamiento: Verificar y Registrar informe quincenal.

Fuente: Elaboración propia.

2.3. AUTOMATIZACIÓN DEL MODELO GENERADO EN LA BPMS

Se generó el modelo de datos a partir del modelo entidad-relación, se procedió a crear las interfaces que permiten interactuar con el flujo de proceso automatizado, se aplicó reglas, estableciendo que procedimientos deben ser ejecutados y las condiciones que deben ser evaluadas y controladas. También se asignaron los usuarios a cada una de las actividades del proceso, esto permitió direccionar adecuadamente el trabajo al recurso pertinente.

2.4. VALIDACIÓN

Para evaluar el desempeño de la solución generada, se utilizó el estándar BPSim (Wfmc, Status, Attribution, & By, 2013) en los escenarios de simulación: validación del proceso y análisis de tiempo, del modelador *Bizagi Modeler*, en donde la aleatoriedad es simulada usando funciones de distribución de probabilidades de ocurrencia para así establecer los flujos de secuencia y el enrutamiento de “tokens”, además para reflejar la variabilidad en los tiempos de proceso y en la ejecución de cada actividad.

Gráfico 11. Fragmento de la Simulación: Ejecución de la validación del proceso.

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 12. Fragmento de la Simulación: Ejecución de análisis de tiempo.

Fuente: Elaboración propia.

En *validación de proceso* las propiedades del escenario de simulación fueron unidad de tiempo: días, duración: 200 días (Véase Gráfico 11). Se definieron las probabilidades de los caminos de las compuertas a partir de datos históricos, como ejemplo de las probabilidades de los flujos de secuencia podemos mencionar los siguientes: número de llegadas 100 y la compuerta *resultados del análisis* configurada con valores de *Aprobada* 90%, *Rechazada* 10%.

En el *análisis de tiempo* se definió el intervalo entre la generación de instancias de proceso y los tiempos estimados para cada actividad (véase Gráfico 12). Para la primera se utilizó un valor constante en unidades expresadas en número de días y para la segunda una distribución de probabilidades discreta de Poisson (Johnson, Kemp, & Kotz, 2005).

La distribución de Poisson se emplea para describir la demanda (necesidades) de servicios con una variable aleatoria discreta que asume valores enteros (0,1,2,3,4,5 y así sucesivamente).

Al asumir esta distribución estamos considerando que se cumplen los siguientes enunciados: a) La probabilidad de que exactamente un estudiante inicie su proceso de PPP es un número muy pequeño y es constante para cada intervalo de tiempo (por ejemplo en un segundo). b) La probabilidad de que dos o más estudiantes lleguen en un intervalo de un segundo es tan reducida que podemos asignarle un valor cero. c) El número de estudiantes que llegan en determinado intervalo de un segundo es independiente del momento en que el intervalo de un segundo ocurre durante la hora de gran afluencia de estudiantes. d) El número de llegadas en cualquier intervalo de un segundo no depende del número de arribos de cualquier otro intervalo de un segundo.

La simulación permitió comprobar número de instancias completadas, tiempo promedio por actividad, tiempo total de procesamiento por entrada.

ÍNDICE DE EFICIENCIA: PARA MEDIR EL ÍNDICE DE EFICIENCIA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE PPP BASADO EN TECNOLOGÍA BPM RESPECTO A LA ADMINISTRACIÓN ACTUAL TOMAMOS LA FÓRMULA:

$$\text{Eficiencia} = \left| \frac{V_t - V_{t-1}}{V_{t-1}} \right| * 100\% \quad (1)$$

Donde V_t es el valor que representa el número de días que demora el sistema automatizado y V_{t-1} es el valor que representa el número de días que demora el sistema manual. Para definir la media general del sistema se toma en cuenta la media geométrica dada por:

$$\text{Media Geométrica} = \sqrt[3]{E_1 * E_2 * E_3} \quad (2)$$

Donde E_1 , E_2 , E_3 es el índice de eficiencia calculado para las fases de inscripción, seguimiento y aprobación respectivamente, según ecuación (1).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada una de las etapas enunciadas en materiales y métodos.

3.1. SELECCIÓN HERRAMIENTA BPMS

Por medio de la intersección de los resultados generados por las consultoras Gartner, Forrester y el instituto Fraunhofer se logró identificar como elemento común la plataforma *Bizagi*, en los conjuntos de resultados de partida (Véase *Gráfico 13*). Además, el informe de Technology Evaluation Centers determinó que *Bizagi* es la herramienta tecnológica que apoya y cumple con los requisitos de alto nivel. La *Gráfico 14* visualiza las debilidades y fortalezas de los productos seleccionados, basadas en los requisitos institucionales requeridos. Los números fuera de la gráfica corresponden a los números:

1) Educación, 2) Funcionalidades comunes, 3) Número de empleados y 4) Presupuesto. Los números en el medio (0, 20, 40, 60, 80, 100) representan valores porcentuales que cuantifican la habilidad del producto para satisfacer las necesidades.

Gráfico 13. Intersección Suites BPM.

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 14. Análisis de debilidades y fortalezas basadas en los requisitos.

Fuente: Technology Evaluation Centers. *Gestión de los procesos empresariales (BPM)*.

<http://itadvisor.technologyevaluation.com>

Adicionalmente, y para la toma de decisiones, se consideró la existencia de: soporte internacional 24/7, soporte local, casos de éxito, material de apoyo, profesionales con experiencia en el país y características del proveedor como: presencia en el país, oferta de capacitación, compromiso de garantía sobre funcionamiento.

La síntesis de los resultados obtenidos en la selección de la suite BPM identificó a Bizagi como la plataforma de negocios digitales idónea por su funcionalidad, escalabilidad y capacidad de integración apoyando los requerimientos específicos de la UNACH.

3.2. MODELADO DEL PROCESO DE PPP

La aplicación de la metodología BPM:RAD® para modelar y diseñar procesos orientados a tecnologías BPM, el seguimiento de su enfoque y técnicas fueron factores esenciales para controlar el flujo de trabajo del escenario en cuestión, permitiendo diagramar claramente cada una de las tareas que componen el proceso, definiendo variables de estado, tiempos de espera, usuarios responsables de tareas, tiempos del proceso y por tarea, en consecuencia, se generó el Diseño BPM (Véase Gráfico 15) implementado con la ayuda de la herramienta BPMS, *Bizagi Studio*.

Gráfico 15: Diseño BPM: Gestión de Prácticas Pre-profesionales.

Fuente: Elaboración propia.

3.3. AUTOMATIZACIÓN DEL MODELO GENERADO EN LA BPMS

Para transformar el modelo de proceso generado en una aplicación y flujo de trabajo real, se obtuvo el **modelo de datos** relacional (Véase Gráfico 16) que describe los detalles de cómo se almacenan los datos en el ordenador utilizando la herramienta BPMS. Se crearon las **formas o interfaces de usuario** que permiten la interacción con la aplicación a través de un portal web de trabajo, cada actividad

tiene una forma asociada que muestra información del proceso. A modo de ejemplo, en el *Gráfico 17* se visualiza la forma: Registrar inscripción.

Además, se establecieron **las reglas de negocio** que garantizan una correcta ejecución de los procedimientos y las condiciones que deben ser evaluadas y controladas en el flujo de proceso. En la *Tabla 3*, se puede observar ejemplos de compuertas divergentes implementadas en el sistema y se **definió participantes** para cada actividad del proceso, asignando criterios y reglas de asignación.

Gráfico 16: Modelo de Datos: Gestión de Prácticas Pre-profesionales.

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 17. Formulario Registrar inscripción.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Ejemplos de rutas utilizadas en la automatización del Proceso PPP.

Fuente: Elaboración propia.

3.4. VALIDACIÓN

En la *Tabla 4* se presentan los resultados generados al ejecutar la simulación que permitió la *validación del proceso*. En la tabla 4 se puede observar que el funcionamiento es el esperado dado que el número de instancias creadas (100) es igual al número de instancias completadas (91 + 9). Las instancias se encaminan a las diferentes estancias de acuerdo a las probabilidades definidas.

Tabla 4. Resultados de la simulación, *validación del proceso*. Bizagi.

Nombre	Tipo	Instancias completadas
PracticasPreprofesionales	Proceso	100
Plan Ok?	Compuerta	216
Revisar Plan de Prácticas	Tarea	216
Inicio	Evento de inicio	100
Elaborar Plan de Prácticas	Tarea	216
Resultado del Análisis	Compuerta	100
Notificar Rechazo	Tarea	9
Notificar Inscripción - Asignacion	Tarea	91
Notificar sugerencias o cambios	Tarea	125
Registrar Tribunal	Tarea	91
Registrar Informe Final	Tarea	91
Registrar Resolución de la Revisión	Tarea	93
Ingresar Evaluación trabajo Escrito	Tarea	91
Resolución Ok?	Compuerta	93
Ingresar Evaluación Defensa	Tarea	96
Cancelar Prácticas	Evento intermedio	100
Notificar Aprobación Plan	Tarea	91
Notificar a Tribunal	Tarea	2
Notificar Evaluación Trabajo Escrito	Tarea	91
Aplicar Sugerencias	Tarea	2
>=7?	Compuerta	96
Notificar Practicas Aprobadas	Tarea	91
Registrar Inscripción	Tarea	100
Analizar Inscripción	Tarea	100
Seguimiento	Tarea	91
Notificar Cancelación	Tarea	100

Fuente: Elaboración propia.

En la *Tabla 5* se muestran los resultados del *análisis de tiempo*. Los resultados en este nivel proporcionan una idea general del tiempo total para el proceso. Para este caso concreto se define el tiempo que un estudiante demora en realizar sus PPP completando las fases de inscripción,

seguimiento y aprobación es decir desde el momento en que solicita la inscripción, hasta que su proceso completo de gestión de PPP es aprobado.

Con base en los resultados de esta simulación por ejemplo, en promedio un estudiante puede demorar 106 días, 4 horas, 9 minutos y 48 segundos en completar las fases (inscripción, seguimiento y aprobación) del proceso PPP.

Tabla 5. Resultados de la simulación, *análisis de tiempo*. Adaptado Bizagi.

Nombre	Tipo	Instancias		Tiempo		
		Completadas	Iniciadas	Máximo (d)	Promedio (d)	Total (d)
PracticasPreprofesionales	Proceso	100	100	185d 13m	106d 4h 9m 48s	10617d 10h 1m
Plan Ok?	Compuerta	218	218			
Revisar Plan de Prácticas	Tarea	218	218	14d	4d 18h 3m 18s	1036d
Elaborar Plan de Prácticas	Tarea	218	218	10d	3d 3h 24m 46s	685d
Resultado del Análisis	Compuerta	100	100			
Notificar Rechazo	Tarea	11	11	1m	1m	11m
Notificar Inscripción - Asignacion	Tarea	89	89	1m	1m	1h 29m
Notificar sugerencias o cambios	Tarea	129	129	1m	1m	2h 9m
Registrar Tribunal	Tarea	89	89	12d	5d 1h 20m 53s	450d
Registrar Informe Final	Tarea	89	89	10d	4d 18h 36m 24s	425d
Registrar Resolución de la Revisión	Tarea	94	94	11d	5d 7h 39m 34s	500d
Ingresar Evaluación trabajo Escrito	Tarea	89	89	5d	2d 32m 21s	180d
Resolución Ok?	Compuerta	94	94			
Ingresar Evaluación Defensa	Tarea	92	92	17d	9d 18h 31m 18s	899d
Cancelar Prácticas	Evento intermedio	100	100			
Notificar Aprobación Plan	Tarea	89	89	1m	1m	1h 29m
Notificar a Tribunal	Tarea	5	5	1m	1m	5m
Notificar Evaluación Trabajo Escrito	Tarea	89	89	1m	1m	1h 29m
Aplicar Sugerencias	Tarea	5	5	2d	1d	5d
>=7?	Compuerta	92	92			
Notificar Practicas Aprobadas	Tarea	89	89	1m	1m	1h 29m
Registrar Inscripción	Tarea	100	100	2d	10h 48m	45d
Analizar Inscripción	Tarea	100	100	5d	1d 14h 52m 48s	162d
Seguimiento	Tarea	89	89	70d	70	6230d
Notificar Cancelación	Tarea	100	100	1m	1m	1h 40m

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se calculó el índice de eficiencia del proceso PPP (Véase *Tabla 6*). Así, la fase de inscripción automatizada presentó un 89% de eficiencia respecto al proceso manual, la fase de seguimiento un 20% y la fase de aprobación un 91%. La eficiencia del proceso automatizado completo se mide por la media de los índices de las fases y está dada por 55%.

Tabla 6. Índice de Eficiencia proceso PPP.

Fases	Manual (días)	Automatizado (días)	Índice de eficiencia
INSCRIPCIÓN	92,0*	10**	89%
SEGUIMIENTO	88,0*	70**	20%
APROBACIÓN	295,0*	26**	91%
*tiempo obtenido al calcular la media de la muestra ** tiempo promedio generado en la simulación.			

Fuente: Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

La gestión en una institución universitaria hace que el servicio entregado al cliente sea el resultado de la interacción transversal de diferentes áreas verticales de la estructura organizacional. En este contexto complejo y de mucha incertidumbre, el aporte de nuestro trabajo se orienta a la sistematización, desarrollo y consolidación de los procesos orientados a tecnologías BPM en instituciones universitarias.

Un aspecto relevante en el desarrollo de nuestro trabajo ha sido el abstraer las cualidades esenciales del proceso de gestión, sintetizar, modelar y controlar la dinámica del flujo de trabajo de PPP a través del uso de la BPMS como apoyo a la gestión de procesos de negocio. Así, se ha mostrado que es posible mejorar sustancialmente el grado de cumplimiento de objetivos funcionales en la gestión de procesos académicos.

Como futura extensión de la investigación, dada la creciente demanda de inteligencia operativa se plantea la incorporación de métodos de la ciencia de datos, así como el análisis de la evolución de las herramientas BPMS llamadas iBPMS para dar soporte e inteligencia a los procesos de gestión académica en instituciones universitarias.

5. AGRADECIMIENTOS

Se expresa agradecimiento al Proyecto Prometeo de la Secretaria Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación de la República del Ecuador.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adam, S., Riegel, N., & Koch, M. (2013). *Studie – BPM Suites 2013*.

Congacha, A. E. (2015). *Los sistemas de gestión de procesos en la administración de prácticas pre-profesionales en la Escuela de Ingeniería en Sistemas y Computación de la Universidad Nacional de Chimborazo en el período 2013*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Retrieved from <http://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/1211>.

Jeston, J., & Nelis, J. (2015). Business Process Management Practical Guidelines to Successful Implementations. In *CEUR Workshop Proceedings* (Vol. 1542, pp. 33–36). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

Johnson, N. L., Kemp, A. W., & Kotz, S. (2005). *Univariate Discrete Distributions* (3rd ed.). John Wiley & Sons.

Richardson, C., & Miers, D. (2013). The Forrester Wave™: BPM Suites, Q1 2013. *Forrester Research, Inc.*, 1–21.

Sinur, J., & Hill, J. B. (2010). Magic Quadrant for Business Process Management Suites. *Reproduction*, 164485(October), 1–21. <https://doi.org/10.1038/nature00899>.

UNACH-Ingeniería. (2013). Reglamento. Riobamba: No. 405-HCD-15-07-2013.

Wfmc, D. N., Status, D., Attribution, C. C., & By, C. C. (2013). Business Process Simulation Specification, 1–35. Retrieved from <http://www.bpsim.org/>

Recepción: 09 de abril de 2017**Aceptación:** 09 de junio de 2017**Publicación:** 14 de junio de 2017

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PELADOR DE MAÍZ DE BAJO COSTO PARA LA VARIEDAD SECO SUAVE DE ALTURA

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A LOW PRICE CORN PEELING MACHINE FOR SOFT DRY VARIETY OF HEIGHT

Melton E. Tapia Zurita¹Edison Tapia Zurita²Sandra Arla Odio³

1. Ing. Mecánico, Máster en Mecatrónica por la Universidad Politécnica de Cataluña, Docente, Coordinador del área Mecatrónica del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica de la Universidad de Fuerzas Armadas – ESPE, Provincia de Pichincha, Ecuador. E-mail: metapia@espe.edu.ec
2. Ing. Mecánico, Máster en Materiales, Diseño y Automatización por la Escuela Politécnica Nacional de Quito, jefe de proyectos SEDEMI (Soluciones en Estructuras Metálicas), provincia de Pichincha, Ecuador. E-mail: gustavo.zur@hotmail.com
3. Ing. Mecánico y Máster en Medio Ambiente por la Universidad de La Habana, Cuba, Docente del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica de la Universidad de Fuerzas Armadas – ESPE, Provincia de Pichincha, Ecuador. E-mail: smarla@espe.edu.ec

Citación sugerida:

Tapia Zurita, M.E., Tapia Zurita, E. y Arla Odio, S. (2017). Diseño y construcción de un equipo pelador de maíz de bajo costo para la variedad seco suave de altura. *3C Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 6(2), 52-64. DOI: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2017.v6n2e22.52-64/>.

RESUMEN

El trabajo determina los parámetros generales de diseño y montaje de elementos destinados a realizar el proceso de pelado (deshojado) de maíz de la variedad seco suave cultivado en la región andina de Sudamérica. Las relaciones dimensionales y parámetros determinados, pueden ser aplicados en el desarrollo de máquinas de distintas capacidades y dimensiones así como para procesos de trabajo similares, todas ellas con costos de fabricación inferiores a los encontrados en el mercado; de allí el aporte del estudio. Por la naturaleza del proceso y la gran cantidad de variables presentes, condición que dificulta la determinación netamente teórica de los parámetros de trabajo, se utiliza la metodología de diseño de experimentos para la obtención de los mismos. Para la realización de pruebas que permitan obtener información de factores como formas, materiales, velocidades de trabajo, separación de elementos y arquitectura en general, se utilizan prototipos enfocados de experimentación que entregan información para la consecución del objetivo planteado.

ABSTRACT

The work determines the general parameters of design and assembly of the elements destined to carry out the peeling process of maize of the soft dry variety cultivated in the Andean region of South America. The dimensional relationships and determined parameters can be applied in the development of machines of different capacities and dimensions, as well as for similar work processes, all of them with lower manufacturing prices than those found in the commerce; hence the contribution of the study. Due to the nature of the process and the large number of variables present, a condition that makes the purely theoretical determination of the work parameters difficult, the methodology of experiment design is used to obtain them. To carry out tests that allow obtaining information of factors such as shapes, materials, work speeds, element separation and architecture in general, we use focused experimental prototypes that deliver information to achieve the stated objective.

PALABRAS CLAVE

Parámetros, diseño, deshojado, maíz, Sudamérica.

KEY WORDS

Parameters, design, leafless, corn, South América.

1. INTRODUCCIÓN

La Región Andina Sudamericana produce una variedad de productos agrícolas que son dedicados al consumo interno y a la exportación, y uno de estos productos es el maíz suave de altura. La agricultura familiar es la predominante en América Latina y el Caribe con un 70% de las unidades productivas agrícolas; pero, a pesar de la gran cantidad de territorio que posee, es la que menores rendimientos presenta respecto a la agricultura comercial (CEPAL, FAO, IICA, 2014). Esta problemática es debida a la falta de tecnificación y modernización en los procesos productivos (De los Ríos, 2008), a diferencia de lo que se hace en los países tecnológicamente desarrollados en los que la tecnificación ha permitido mayor producción y competitividad.

En el Ecuador, particularmente y como ejemplo del problema existente en el sector agrícola, se conoce que el 93% de productores no tiene acceso a créditos ni a asistencia técnica, tampoco tienen educación ni formación alguna en un 88%; y, mientras en la Unión Europea el 90% de productores agrícolas utiliza maquinaria agrícola como tractores, en el Ecuador, por ejemplo, únicamente lo hace un 1% (Inurritegui, M., Camacho, I., Ludeña, J., 2008).

En lo referente a maquinaria agrícola, todos los países de América Latina, excepto Brasil, son importadores netos de la misma (Donoso, 2007). Las grandes Corporaciones abastecen de maquinaria a la región con plantas ubicadas en México y Brasil, existiendo un gran número de fabricantes locales que aprovechan oportunidades en espacios de mercado no cubiertos por las grandes corporaciones (Donoso, 2007). Esto se debe, posiblemente, a que estos espacios no representan un mercado económicamente atractivo y es a este espacio a donde se destinó el presente estudio.

En el mercado latinoamericano, especialmente en países de la región Andina, la oferta de maquinaria agrícola para aplicaciones específicas es nula y se trata de adaptar la maquinaria existente para el procesamiento de variedades propias de la región que no han sido estudiadas, en la mayor parte de casos de manera infructuosa debido a las características específicas de dichos productos, a los elevados precios del equipamiento y a la falta de conocimiento por parte de los productores.

Estudios similares al propuesto se conoce que fueron desarrollados y aplicados en las décadas de 1940 y 1960 en Estados Unidos, pero presentaron inconvenientes con la cantidad de maíz desgranado en el proceso y daños en las hojas del maíz (Cruz, P., Romantchick, E., Hahn, F., 2010). En el año 1970 se patentó un dispositivo compuesto por rodillos paralelos que giran en sentidos opuestos y que se componen de una sucesión de piezas metálicas y plásticas apiladas sobre el eje (España Patente nº 384194, 1970).

En el año 2010, en la Universidad de Chapingo, México, se desarrolla un prototipo de deshojado de maíz para la obtención de hojas para tamales, el mismo que utiliza rodillos lisos que giran en sentidos opuestos utilizando un motor de 1,5 HP (Cruz, P., Romantchick, E., Hahn, F., 2010).

En la Universidad de Fuerzas Armadas – ESPE, en el año 2014, se desarrolló el proyecto de tesis de pregrado denominado “Diseño y construcción de una máquina deshojadora de maíz seco que partiendo de la mazorca con su envoltura, entregará como producto la mazorca y como subproducto, la envoltura del maíz” (Moya, 2014) que fue desarrollado con la finalidad de experimentar con un prototipo de rodillos lisos y transmisión de potencia mediante engranajes además de corroborar información referente a dimensiones de la variedad de maíz en estudio y determinar las fuerzas que intervienen en el trabajo.

En el gráfico 1 se pueden observar rodillos comerciales destinados al proceso de pelado de maíz de variedad seco duro que es la de mayor producción en el mundo. No se ha encontrado información alguna de parámetros de diseño de estos equipos como materiales, durezas, montaje, ensayos, etc. Se obtienen únicamente especificaciones técnicas básicas que poco o nada aportan en el desarrollo de sistemas adaptados a otras variedades.

Gráfico 1. Rodillos peladores comerciales para variedad seco duro.

Fuente: Internet.

Este trabajo muestra los resultados obtenidos para el establecimiento de la arquitectura del equipo pelador, así como detalles de los materiales, formas y condiciones de montaje de los elementos, de manera que el trabajo se realice de manera efectiva y eficiente.

En el procesamiento de otras variedades del producto, las relaciones entre parámetros de trabajo deben ser analizadas particularmente dependiendo de varios factores como: tamaño, forma, relaciones dimensionales y factores de ruido que puedan existir, pero pueden seguir los lineamientos encontrados en los resultados del presente artículo.

2. METODOLOGÍA

Con la finalidad de minimizar los riesgos técnicos y de mercado, con resultados de desarrollo que estén acordes a las necesidades de los potenciales usuarios, se utiliza la metodología de diseño y desarrollo de productos (Ulrich, K., Eppinger, S., 2013), poniendo énfasis en el proceso de desarrollo de conceptos que incluye la realización de las siguientes actividades:

- Identificar necesidades de los usuarios
- Establecer especificaciones objetivo
- Desarrollar conceptos
- Seleccionar conceptos
- Probar conceptos
- Establecer especificaciones finales
- Realizar el desarrollo descendente

Este proceso permite delinear durante todo el proceso de creación del producto los parámetros de trabajo y validarlos técnica y funcionalmente través de pruebas de operación y retroalimentación de usuarios para llegar finalmente a un producto que satisfaga los requerimientos técnicos y de mercado.

El método sugiere desarrollar durante todo el proceso de desarrollo, distintos tipos de prototipos que pueden ser físicos, analíticos, integrales o enfocados, que permitan despejar dudas respecto a funcionamiento, integración, alcance de objetivos planteados y/o comunicación del proyecto.

Como parte fundamental del método, se encuentra el estudio minucioso de máquinas similares y sus costos, ello para determinar de forma real las innovaciones y/o mejoras en aspectos técnicos, económicos y de producción que presentará el estudio.

3. RESULTADOS

En concordancia con la metodología empleada, fueron desarrollados una serie de conceptos de los cuales varios de ellos fueron implementados para la realización de pruebas operacionales a través de prototipos enfocados, siendo el prototipo mostrado en el gráfico 2 el que demostró adaptarse a las necesidades de los usuarios en la mayor parte de sus requerimientos y el que técnicamente presentó mejor desempeño operacional.

Gráfico 2. Equipo pelador doble rodillo.
Fuente: elaboración propia.

El diseño tiene una arquitectura modular tipo ranura para que su montaje y desmontaje se realice fácilmente. Para comodidad en su producción y/o estandarización de partes y componentes, todos los trozos funcionales y físicos están compuestos por varios elementos que se acoplan y desacoplan con facilidad.

Los sistemas funcionales del equipo son los siguientes:

- a.- Alimentación y guiado
- b.- Pelado
- c.- Soporte
- d.- Eléctrico

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y GUIADO

Este sistema tiene la función de permitir el ingreso del producto de forma fácil y segura al proceso de pelado e impedir que el material, o parte de éste, salga del área de trabajo; está fabricado en lámina de acero A 36 con espesor de 1 mm y el ángulo de inclinación de la rampa de acceso es de 35°, el mismo que de acuerdo a las pruebas realizadas permite que el material que ingresa al proceso tenga el posicionamiento correcto y logre de esta manera el contacto del producto con las caras de fricción de los elementos de trabajo. La utilización de distintos ángulos provocó atascamientos de la mazorca entre los rodillos, en unos casos, y en otros, que la misma salga sin procesarse completamente.

SISTEMA DE PELADO

Se compone de dos rodillos de caucho que giran en direcciones opuestas y llevan la mazorca al área de unión de los dos rodillos, direccionado la misma y a la vez generando el rozamiento necesario para desprender la hoja. Los rodillos tienen un diámetro exterior de 85 mm. sobre el cual se encuentran

mecanizados 10 dientes de 11mm. de profundidad, 10 mm. de ancho en la circunferencia exterior y 14 mm. en la circunferencia de base. La longitud de los rodillos en el área útil de proceso es de 700 mm. Con este diseño se reduce el costo de manufactura de los rodillos y se disminuye la longitud de los mismos, ahorrando costos en materiales y manufactura.

Los dientes de los rodillos tienen un ángulo de 30° respecto al eje axial.

El caucho tiene una dureza shore A 75.

En el gráfico 3 se muestran los rodillos fabricados para la función de pelado.

Con la finalidad de que los rodillos cumplan la función y no realicen mordedura de la mazorca es necesario que los mismos mantengan una determinada distancia entre centros. Esta separación tiene un valor que está en función del diámetro del rodillo, el diámetro de la mazorca y el ángulo de deslizamiento. Otra innovación de este equipo es la posibilidad de deslizar los rodillos dependiendo de la variedad de producto con la que se trabaje, condición que no poseen los equipos comerciales.

Gráfico 3. Rodillos peladores.

Fuente: elaboración propia.

El gráfico 4 muestra la medida de dureza del caucho de los rodillos.

Gráfico 4. Medida de dureza de los rodillos.

Fuente: elaboración propia.

El ángulo de deslizamiento de la mazorca (θ), está determinado por la fuerza normal que ejerce el rodillo sobre la misma y la fuerza resultante. El gráfico 5 muestra las relaciones dimensionales entre los rodillos y la mazorca en el momento del proceso.

Gráfico 5. Relaciones dimensionales entre rodillos y mazorca.

Fuente: elaboración propia.

En base a lo mostrado en el gráfico 5, se puede determinar la distancia exacta que debe existir entre los ejes de los rodillos para que el proceso se realice con la máxima eficiencia. Esta condición se logra teniendo la dirección de la fuerza resultante paralela a la dirección del eje de unión de los centros de los rodillos.

La distancia que debe existir entre los centros de los rodillos la obtenemos de la siguiente manera:

$$(D/2 + d/2) \cos \theta = D/2 + s/2$$

$$2((D/2 + d/2) \cos \theta - D/2) = s$$

La distancia entre los centros de los ejes es:

$$Dc = 2D/2 + s$$

$$Dc = D + 2((D/2 + d/2) \cos \theta - D/2)$$

Por tanto obtenemos que:

$$Dc = 2 \left(\frac{D}{2} + \frac{d}{2} \right) \cos \theta$$

Si la distancia entre centros es mayor a la calculada, la fuerza resultante se dirigiría hacia abajo, por tanto la mazorca tendería a quedar atrapada entre los rodillos. En el caso opuesto, es decir si la distancia es menor a la calculada, la fuerza resultante se dirigiría hacia arriba, esto ocasionaría que el producto sea empujado hacia arriba y no exista el contacto suficiente para que el proceso se realice de manera eficiente.

SISTEMA DE SOPORTE

Este sistema cumple doble función, la primera es la de sujeción de elementos físicos que realizan la alimentación, guía y pelado; y, la segunda, es la de separación de productos, esto es, el direccionamiento de los granos de maíz que puedan desgranarse hacia un punto y la hoja hacia otro.

El sistema de soporte se desarrolló con un perfil angular de acero A36. Para realizar la separación de los granos que se desgranar (condición no deseada en este caso) se utilizó una malla de alambre de acero galvanizado, con orificios cuadrados de 25,4 mm de lado colocada bajo los rodillos con una inclinación de entre 25° y 35°.

SISTEMA ELÉCTRICO

El sistema eléctrico comprende el grupo de componentes que permiten al motor DC proporcionar la potencia necesaria para realizar el proceso.

Para determinar la fuerza de rozamiento y la fuerza total para arrancar la envoltura del maíz se realizaron una serie de pruebas de laboratorio que permitieron determinar estos parámetros.

La fuerza de arranque de la hoja de maíz se determinó utilizando un equipo de ensayos universales de 5000 N. El gráfico 6 muestra los ensayos realizados para determinar la fuerza requerida en el arranque de la hoja de maíz.

Gráfico 6. Ensayos de fuerza para arranque de la hoja de maíz.

Fuente: elaboración propia.

La fuerza máxima obtenida para arrancar la envoltura de maíz fue de 125 N.

Para determinar la fuerza de rozamiento se utilizó un plano inclinado que nos permitió determinar el ángulo de deslizamiento del caucho sobre la hoja de maíz.

La fuerza de rozamiento depende del tamaño y peso de la mazorca. La variedad estudiada corresponde al tipo II establecida en la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 1761, cuyos valores están entre 4 cm. y 6,9 cm. de diámetro. El peso promedio de las mazorcas determinado de manera experimental fue de 0,145 Kg.

Con esta información se determinó que el torque requerido para el proceso de una mazorca es de 5,3 N-m.

La potencia del motor depende de la cantidad de producto que se requiera procesar y, por tanto, de la capacidad de producción del equipo. Con los datos obtenidos se determinó que utilizando un motor de 0,373 Kw. (0,5 HP) se podrían procesar al menos 5 mazorcas en el mismo instante de tiempo.

PRUEBAS Y REFINAMIENTO

Las pruebas y determinación de parámetros adecuados de trabajo se realizaron mediante el método de diseño de experimentos. Se identificaron los parámetros de control y los de ruido. Se determinó como parámetros de control a los siguientes:

- Velocidad de rotación de los rodillos
- Inclinación de los rodillos
- Material de los rodillos
- Acabado superficial de los rodillos
- Humedad relativa de la mazorca de maíz.

Como único parámetro de ruido se consideró:

- Vibración del equipo

Una vez definidos estos parámetros, asumiendo una incidencia mínima de la vibración, se aplicó una matriz de trabajo tipo L8 a 2 niveles, sin influencia de ruidos.

A continuación, se muestra la matriz utilizada y los resultados obtenidos:

Prueba No.	Velocidad de rotación (RPM)	Inclinación de los rodillos (o)	dureza del material (Shore A)	Acabado superficial	Humedad Relativa (%)	Resultado (% producto conforme)
1	600	5	30	liso	15	87
2	600	5	30	rugoso	10	90
3	600	10	75	liso	15	95
4	600	10	75	rugoso	10	96
5	300	5	75	liso	10	92
6	300	5	75	rugoso	15	98
7	300	10	30	liso	10	90
8	300	10	30	rugoso	15	89

Tabla 1. Resultados de una matriz de trabajo tipo L8 a 2 niveles.

Fuente: elaboración propia.

La mejor combinación en las pruebas desarrolladas se encontró con humedad relativa de la mazorca de maíz de 15%, material del rodillo con rugosidad y una dureza del mismo en un valor de 75 shore A. La inclinación y velocidad podrían estar en cualquiera de los niveles.

4. CONCLUSIONES

- El diseño de los rodillos permite disminuir la longitud de los mismos, respecto a los diseños encontrados tanto en patentes como en los que se encuentran en el mercado, lo cual hace de este desarrollo una opción de menor costo.
- Debido a las dimensiones y operación del prototipo, un motor de ½ HP logra obtener resultados satisfactorios en el trabajo.
- Los equipos similares encontrados en el mercado, debido a su diseño y características particulares, no logran realizar el trabajo para la variedad de producto en estudio, pues un alto porcentaje de grano es dañado al procesar la mazorca en máquinas comerciales.
- La utilización de dos rodillos es suficiente para la realización del trabajo en esta variedad de maíz.
- La utilización de un distinto acabado superficial en los rodillos, respecto a los encontrados comercialmente, es posible en el diseño de los rodillos. Las pruebas realizadas demostraron que incluso los rodillos lisos generan un rozamiento capaz de efectuar el proceso aunque presentan menor eficiencia.
- La utilización de cauchos de menor dureza presentan desgastes en la superficie y contaminación del producto.
- Los resultados obtenidos relativos a formas, tamaños, dureza de materiales, potencias, son exclusivamente para la variedad estudiada (maíz seco suave de altura); en caso de aplicaciones a otras variedades, podría necesitarse un ajuste de parámetros de trabajo.

- h) Se comprobó la eficacia de trabajo con el diseño desarrollado que es en promedio del 98%, específicamente en la medición de efectividad en el arranque de la envoltura.
- i) El diseño desarrollado disminuye el costo del equipo en aproximadamente un 75% del precio de equipos similares existentes en el mercado.
- j) La modularidad del diseño presentado permite realizar cambios y/o adiciones de acuerdo a la necesidad, por ello este equipo podría utilizarse para distintas variedades de maíz, para otros productos e incluso para distintas aplicaciones como trilla.
- k) La capacidad del equipo puede variar dependiendo de la potencia del motor que se utilice.
- l) La longitud de los rodillos no influye en la capacidad del equipo.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CEPAL, FAO, IICA. (2014). *Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe*. San José C.R.: IICA.
- Cruz, P., Romantchick, E., Hahn, F. (2010). Diseño, construcción y evaluación de una máquina para deshojar la mazorca de maíz para la envoltura de tamal. *Ingeniería agrícola y Biosistemas*, 69 - 74.
- Cruz, P., Romantchick, E., Hahn, F. (2010). Diseño, construcción y evaluación de una máquina para deshojar la mazorca de maíz para envoltura de tamal. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 2(2), 69-74.
- De los Ríos, J. (2008). La agricultura latinoamericana y sus posibilidades de adaptación a los cambios climáticos globales. *IDeAS*, 2(1), 53-75.
- Donoso, J. (2007). *Situación del sector de maquinaria agrícola en América Latina*. Rosario: STRAT Consulting.
- Enac, J. y Enac L. (1970.). *España. Patente nº 384194*.
- Inurritegui, M., Camacho, I., Ludeña, J. (2008). *Acuerdo Asociación UE-CAN: ¿Quiénes ganan y quienes pierden? Un estudio exploratorio sobre el sector agrícola*. Lima: Centro Peruano de Estudios Sociales.
- Moya, C. (2014). *Diseño y construcción de una máquina deshojadora de maíz seco que partiendo de la mazorca con su envoltura, entregará como producto la mazorca y como subproducto, la envoltura del maíz*. Sangolquí.
- Ulrich, K., Eppinger, S. (2013). *Diseño y desarrollo de productos* (Quinta ed.). México: Alfaomega.

Recepción: 16 de mayo de 2017

Aceptación: 12 de junio de 2017

Publicación: 14 de junio de 2017

NIVELES DE PRESIÓN SONORA EN UNA HÉLICE: MEDIDA EXPERIMENTAL Y PREDICCIÓN NUMÉRICA. ANÁLISIS COMPARATIVO

SOUND PRESSURE LEVELS ON A PROPELLER. EXPERIMENTAL MEASURE AND NUMERICAL PREDICTION. COMPARATIVE ANALYSIS

Ernesto Ibáñez Benedicto¹

Eduardo Mezquida Orti²

Ricardo Atienza Pascual³

1. Ingeniero Aeronáutico. Investigación en Aeroacústica. Escuela Politécnica de la Universidad Alfonso X El Sabio. E-mail: ibanez.ernesto@gmail.com
2. Ingeniero Aeronáutico. Investigación en Aeroacústica. Escuela Politécnica de la Universidad Alfonso X El Sabio. E-mail: emc_chip@yahoo.es
3. Doctor Ingeniero Aeronáutico. Escuela Politécnica de la Universidad Alfonso X El Sabio. E-mail: ratiepas@uax.es

Citación sugerida:

Ibáñez Benedicto, E., Mezquida Orti, E. y Atienza Pascual, R. (2017). Niveles de presión sonora en una hélice: medida experimental y predicción numérica. Análisis comparativo. *3C Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 6(2), 65-85. DOI: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2017.v6n2e22.65-85/>.

RESUMEN

El presente artículo recoge la descripción y presentación de los resultados acústicos obtenidos de una campaña de medidas en plataforma realizadas a una hélice tripala en rotación controlada. A partir de los parámetros físicos y de las variables fluidodinámicas del ensayo, se realizó una predicción del ruido de dicha hélice usando un código numérico desarrollado por los autores, denominado HELyNOISE. Con dichos datos de simulación y de los resultados experimentales se realizó una valoración y representación comparativa de los resultados obtenidos.

ABSTRACT

This paper presents the description and presentation of the acoustic results obtained from a set of measures in platform performed to a tripolar propeller in controlled rotation. A prediction of the noise of such propeller was made using a numerical code developed by the authors, called HELyNOISE from the physical parameters and the fluid dynamics variables of the test. A comparative evaluation and representation of the obtained results was made thanks to these simulation data and the experimental results.

PALABRAS CLAVE

Hélice, BPF, acústica, predicción, ruido.

KEY WORDS

Propeller, BPF, acoustic, prediction and noise.

1. INTRODUCCIÓN

El ruido de origen aerodinámico producido por los rotores de aeronaves, se puede clasificar globalmente en ruido armónico y ruido de banda ancha, según tenga o no componentes periódicos. El ruido armónico es el dominante y el más molesto por sus características espectrales. En este sentido, son muchos los esfuerzos que se han realizado en las últimas décadas en conocer los procesos de generación de ruido debido a superficies aerodinámicas móviles, así como en su predicción y en sus técnicas de minimización. Hoy en día la mayoría de las predicciones del ruido de una hélice se basan en formulaciones integrales en el dominio del tiempo de la ecuación de Ffowcs Williams-Hawkings⁵.

1.1. OBJETO

El objeto de este artículo es la descripción y presentación de los resultados obtenidos de la campaña de medidas acústicas en plataforma realizadas a una hélice tripala. A partir de los resultados en dicho ensayo, se realizó una valoración y representación de la comparativa con los resultados arrojados por un código de predicción de ruido de hélices desarrollado por los autores, denominado HELyNOISE.

1.2. ALCANCE

El que determinan los cálculos realizados para dicho ensayo. En este trabajo aparecen dos conjuntos de cálculos acústicos:

- Experimentales a partir de los datos de medición en plataforma.
- Analíticos mediante simulación a partir del código de predicción y la valoración y representación de ambos resultados.

1.3. ABREVIATURAS

BPF	Frecuencia de Paso de pala (B lade P assing F requency)
c	Velocidad del Sonido
dB	Decibelio
dB(A)	Decibelio (con ponderación de frecuencia A)
L _p	Nivel de Presión Sonora
L _{p,eq}	Nivel de Presión Sonora Equivalente.
p	Presión sonora

p_0	Presión de referencia
Pa	Pascal
RMS	Root Mean Square
SPL	Nivel de Presión Sonora (S ound P ressure L evel)

1.4. ALGUNAS DEFINICIONES

SPL Se define el Nivel de Presión Sonora instantáneo:

$$L_p(t) = 10 \log_{10} \left[\frac{p^2(t)}{p_0^2} \right] \quad p_0 = 20 \mu Pa$$

SPL El Nivel de Presión Sonora equivalente (es un promedio energético temporal):

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left[\frac{\overline{p^2}}{p_0^2} \right], \quad \text{donde}$$

$$\overline{p^2} \equiv p_{rms}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt$$

2. METODOLOGÍA

2.1. INSTRUMENTACIÓN ACÚSTICA

Los equipos empleados en la realización de este ensayo corresponden al sistema de adquisición acústica LAN XI del fabricante B&Kj para la medida, grabación y cálculo de los diferentes niveles de SPL para los diferentes micrófonos, utilizando software Pulse de B&Kj. Se resume en la Tabla 1, la instrumentación acústica básica empleada:

EQUIPO		FABRICANTE	MODELO
Analizador Acústico		B&Kj	LAN XI
Canal ruido de fondo	Micrófono	GRAS	40AF
	Preamplific.	GRAS	26AK
Calibrador Acústico		B&Kj	4231
4 Micrófonos		B&Kj	4190
Trípodes		MANFROTO	-
Accesorios varios y cables		-	-

Tabla1. Instrumentación acústica.

Fuente: Elaboración propia.

2.2. PLATAFORMA INFORMÁTICA Y CODIGO DE SIMULACIÓN NUMÉRICA

Como plataforma informática donde operar el programa base del HELyNOISE se utilizó una máquina Blade Workstation del fabricante HP, modelo xw460c y con características básicas las siguientes:

- 16 cores Intel Xeon X5570 a 2,93GHz.
- 32G de RAM
- 136G de disco duro
- Tarjeta de vídeo NVidia Quadro FX 3600M

El código denominado HELyNOISE, implementa la ecuación de FW-H⁵ en la formulación 1A de Farassat⁴, excepto el término de cuatripolo, predice el ruido en el campo lejano para una hélice fija y puede considerar tanto observador fijo como móvil, admite cargas estacionarias e impulsivas tanto analíticas como computacionales o experimentales. Este código cuenta con un diagrama de flujo optimizado que reduzca el tiempo de ejecución y los errores acumulados en las distintas linealizaciones y discretizaciones utilizadas.

2.3. INSTALACIÓN DE ENSAYO

La instalación de ensayo la constituyen, básicamente, la plataforma, la góndola de hélice, y el mástil de soporte de micros. Por otra parte, la unidad acústica de captación, grabación y análisis de datos, referidos en el punto anterior.

GÓNDOLA DE HÉLICE

Esta unidad integra de forma funcional la hélice tripala, el motor que proporciona la potencia de giro a la caja reductora, la caja reductora para la selección y control de velocidad, así como el freno de sobrevelocidad, ver gráfico 1. La góndola se encuentra rígidamente soportada a la plataforma por una columna y una torre de celosía. A los efectos de este trabajo, sus características principales son:

Hélice: de paso regulable mecánicamente y palas de aleación bimetálica.

B = 3 palas

longitud pala 0.85 m

Motor: de giro axial de velocidad variable

eléctrico cc a 24 V y control electrónico

actuador freno resistivo ENABLE magnético

Gráfico 1. Góndola de hélice.

Fuente: Elaboración propia.

MASTIL DE SOPORTE DE MICRÓFONOS

Un mástil retráctil regulable en altura y giro, eleva un brazo en voladizo al que se encuentran anclados cuatro soportes de micrófonos. Ver gráfico 2.

Gráfico 2. Mástil de micrófonos.

Fuente: Elaboración propia.

2.4. CONFIGURACIÓN DE MEDIDAS EXPERIMENTALES

Para iniciar el giro de la hélice, se conecta el control de par (Enable ON) y se activa el motor, subiendo progresivamente las revoluciones hasta 1200 r.p.m. condición nominal de medida. Se deja en funcionamiento al menos 15 min. hasta que se adquieran condiciones de regulación de giro estables.

Gráfico 3. Hélice en rotación.

Fuente: Elaboración propia.

Antes de cada medida, tras el arranque o desconexión de equipos acústicos, se calibra la cadena de medida con el calibrador sonoro, ver gráfico 4. De igual forma, antes de cada medida y al final de esta campaña de medidas, se verificó la ganancia del sistema de adquisición.

Gráfico 4. Proceso de calibración de micrófonos.

Fuente: Elaboración propia.

Para considerar una medida válida⁷, en todos los casos registrados, el SPL de fondo debería ser inferior en al menos 3 dB frente al SPL de inmisión acústica a BPF.

Durante cada posición de medida se registraron 5 señales procedentes de cuatro canales de medida de micrófonos y uno de monitoreo de ruido ambiental^{8,10} (ruido de fondo).

Se tomó un tiempo de medida de 30 s, registrándose las señales para un ulterior análisis. En cuanto a las variables de muestreo y análisis FFT se configuró el software Pulse de acuerdo a los datos del Gráfico 5.

Gráfico 5. Ventana de configuración FFT de Pulse.

Fuente: Elaboración propia.

2.5. CONFIGURACIÓN ESPACIAL DEL ENSAYO

Se pudo disponer de una plataforma de ensayo al aire libre y con condiciones de bajo ruido de fondo, situando la torre de góndola y el mástil de sujeción de micrófonos de forma que no interfirieran las posibles reflexiones acústicas sobre obstáculos próximos, en particular sobre las paredes de la sala de control de equipos. Ver Gráfico 6.

Gráfico 6. Situación de equipos de ensayo en plataforma.

Fuente: Elaboración propia.

POSICIÓN DE LOS MICRÓFONOS

De acuerdo con las posibilidades que permite las dimensiones de la plataforma se posicionó el mástil alrededor de la hélice en diferentes distancias según radiales (con centro en el buje de hélice ver gráfico 7) resultando 240 puntos de medida distribuidos de la siguiente forma:

- En el plano horizontal por eje de hélice, 120 puntos de medida.
- En un plano horizontal a 0.32m por encima del plano horizontal por eje de hélice, 60 puntos de medida.
- En un plano horizontal a 0.32m por debajo del plano horizontal por eje de hélice, 60 puntos de medida.

Gráfico 7. Origen de coordenadas para posiciones de micrófonos.

Fuente: Elaboración propia.

INCERTIDUMBRE DE MEDIDA

En general, las causas que generan incertidumbre son muchas entre otras las debidas a los siguientes errores: instrumentación, operación, cálculo aproximado, superficies del recinto, posición y directividades de los micrófonos, y condiciones medioambientales.

En esta aplicación, al no haber cálculos intermedios, la incertidumbre de medida⁶, que pueda participar en la Desviación Estándar de Repetibilidad, se reduce a lo expresado en la Tabla 2:

Tabla 2. Consideraciones sobre incertidumbres de la medida.

CAUSA ERROR	INCERTIDUMBRE ESTÁNDAR u_i (dB)	DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD	COEFICIENTE DE SENSIBILIDAD c_i	INCERTIDUMBRE u_i (dB)
Instrumento de medida	0.5	normal	1	0.5
Operación de las fuentes de ruido	0.2	normal	1	0.2
Condiciones medioambientales	0.02	normal	1	0.02
TOTAL $\sqrt{\sum (c_i u_i)^2}$		normal		0.54

Fuente: Elaboración propia.

NOTA: La Incertidumbre Expandida de Medida, con un factor de cobertura de $k = 2$, resultará

$U = k \cdot u = 1.1 \text{ dB}$, para una probabilidad de cobertura del 95 %.

Las cifras de la tabla proceden de los Certificados Anuales de Calibración de los instrumentos y de datos estimados según ISO 3745.

3. RESULTADOS DE MEDIDAS EXPERIMENTALES

En la tabla 3, se incluyen los valores SPL obtenidos a un BPF para alguna de las posiciones (x,y,z en metros) de micrófonos, SPLexp en BPF en dB.

La **Frecuencia nominal de Paso de Pala** (*Blade Passing Frequency*)

$BPF = B \cdot N / 60 = 3 \cdot 1200 / 60 = 60 \text{ Hz}$.

Tabla 3. Valores de SPL para coordenadas x,y,z de micrófono.

x	y	z	SPLexp a BPF
0.000	1.210	0.320	70.26
0.000	2.210	0.320	60.46
0.000	3.210	0.320	57.97
0.000	4.210	0.320	53.35
0.189	1.195	0.320	72.50
0.346	2.183	0.320	60.77
0.502	3.170	0.320	56.43
0.659	4.158	0.320	54.14
0.374	1.151	0.320	72.63
0.683	2.102	0.320	59.71

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 8 adjunto, se muestra el espectro resultado del análisis acústico para el punto de medida (0.659,4.158,0.320) obtenidos por frecuencia, entre 2 Hz y 100 Hz; y con el objeto de identificar la tonalidad presente y el comportamiento armónico.

Fuente: Elaboración propia

4. CÁLCULO DE NIVELES DE RUIDO POR SIMULACIÓN

Para realizar el cálculo de los niveles de ruido por simulación numérica se configuran los archivos de entrada del programa HELyNOISE en consonancia a las condiciones en las que se realiza el ensayo. Para el cálculo de las cargas de la hélice se realizó un cálculo aerodinámico mediante CFD utilizando ANSYS-FLUENT 13. Ver gráficos 12 y 13.

4.1. CONDICIONES DE MALLADO

Para la simulación se empleó una malla no estructurada tetraédrica con una zona estructurada alrededor de las palas. La distancia de la primera celda se ha elegido para $y^+ < 10$. La malla consta de un total de 3.150.000 celdas. El dominio fluido es un cilindro con un diámetro de 12 veces el radio de las palas y una longitud de 20 veces el radio de las palas. Para la elaboración del mallado se utilizó un ANSYS-MESH. Ver detalles de mallado en gráficos 9,10 y 11.

ANSYS

Gráfico 9. Mallado no estructurado del volumen de control.

Fuente: Elaboración propia.

ANSYS

Gráfico 10. Mallado estructurado de una pala.

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 11. Desarrollo de mallado entre pala y volumen de control.

Fuente: Elaboración propia.

4.2. MODELIZACIÓN FLUIDODINÁMICA

Para la simulación se han impuesto condiciones de contorno de Farfield con velocidad nula y sobre las palas condición de pared. Se ha utilizado el modelo Scale Adaptative Simulation (SAS) y discretizaciones de segundo orden hasta la convergencia en el parámetro de par ejercido por las palas (aprox 7000 iteraciones).

Gráfico 12. Cargas de presión en pala (intradós).

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 13. Cargas de presión en pala (estrados).

Fuente: Elaboración propia.

Se calcularon los niveles SPL a BPF para las mismas posiciones x,y,z utilizadas en la medida experimental. Para ello se utilizó el código de predicción desarrollado por los autores. En la tabla 4 se incluyen los valores SPL obtenidos a un BPF para alguna de las posiciones (x,y,z en metros) de micrófonos, SPLsim en BPF en dB.

Tabla 4. SPL de predicción para algunas posiciones de micrófonos.

x	y	z	SPLsim a BPF
0.000	1.210	0.320	71.73
0.000	2.210	0.320	52.04
0.000	3.210	0.320	41.97
0.000	4.210	0.320	36.58
0.189	1.195	0.320	75.28
0.346	2.183	0.320	53.90
0.502	3.170	0.320	42.84
0.659	4.158	0.320	36.98
0.374	1.151	0.320	76.65
0.683	2.102	0.320	54.63

Fuente: Elaboración propia.

5. COMPARATIVA DE RESULTADOS

En el proceso de medida no es posible con la señal de un solo micrófono, sin aislar el ruido procedente de la fuente sonora interés del resto de fuentes presentes. Una medida experimental se va a considerar válida si los valores acústicos medidos superan en al menos 3 dB los valores de ruido de fondo presente, a BPF.

Para realizar una valoración objetiva de los resultados de la simulación frente a la medición experimental válida, los valores obtenidos por simulación deben ser corregidos de acuerdo a nivel de ruido de fondo presente en cada momento de la medida. Ver gráfico 14.

Para ello se ha utilizado un procedimiento habitual en acústica que es corregir mediante los valores promedio de ruido de fondo. Antes y después del tren de medidas, se toma una medida del ruido presente con la hélice sin rotación, pero con el resto de equipos activados: trafos on, refrigeradores activados, enable on, etc. Esta medida es analizada con el mismo setup del equipo acústico utilizado en las medidas de ruido.

Gráfico 14. Espectro de ruido de fondo.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se corrige energéticamente los valores de la simulación con el siguiente criterio:

- Si los valores acústicos medidos superan en al menos 3 dB los valores de ruido de fondo, a BPF, entonces al valor acústico de la simulación se suma energéticamente el ruido de fondo presente.
- En el caso inverso, se considera dos casos:
 - que el valor acústico de la simulación sea mayor en al menos 3 dB a los valores de ruido de fondo, a BPF, entonces el valor acústico de la simulación se considera representativo, no se corrige.
 - que el valor acústico de la simulación sea inferior a los valores de ruido de fondo. Este valor carece de validez de caracterización para el propósito del trabajo. Se toma aquí el valor de referencia de la medida experimental.

A continuación, se anexan una serie de gráficos de comparativa según radiales, realizados a partir de los datos experimentales (SPLexp) y de predicción (SPLsimcorr):

Gráfico 15. Comparativa de niveles de ruido según radial 45 grados.

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 16. Comparativa de niveles de ruido según radial 90 grados.

Fuente: Elaboración propia.

Los gráficos representan los mapas de isófonas en el plano del eje de hélice paralelo a plataformas, realizados a partir de los experimentales (SPLexp) y de predicción (SPLsimcorr).

Gráfico 17. Mapa de isófonas obtenido por predicción.

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 18. Mapa de isófonas obtenido por medición.

Fuente: Elaboración propia.

6. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados experimentales y de simulación, se puede advertir la característica directividad acústica de una hélice³, en la que existe una gran diferencia de emisión acústica entre radiales próximos al eje de la hélice (máximo) y los del plano de hélice (mínimo). De igual forma se observa una diferencia de presión sonora para los puntos up-wind y los down-wind⁴.

Por otra, se detecta una asimetría acústica a ambos lados del eje de hélice, más acusada en los valores experimentales, y que no debería existir según los resultados teóricos⁴. Se han analizado las posibles causas y entre ellas se considera como más probables la influencia de algún tipo de reflexión acústica y la presencia de una asimetría de flujo de aire sobre la hélice, existentes durante los ensayos, imposibles de predecir y/o eliminar con la instalación e instrumentos de los que se disponía. En este sentido, puede ser menor esta asimetría en los datos obtenidos por simulación, ya que aquí se puede garantizar, al menos de forma matemática, que no existen reflexiones acústicas ni variaciones ni distorsiones en el flujo sobre la hélice¹¹.

Desde un punto de vista cuantitativo los resultados acústicos obtenidos por simulación se ajustan espacialmente de forma correcta, coincidiendo valores máximos y mínimos en las zonas en las que se ha podido obtener con validez datos acústicos experimentales.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1-Crocker M.J. "Handbook of Acoustics". Jonh Wiley & Sons, INC., 1998.
- 2-Farassat, F. "Introduction to generalized functions with applications in Aerodynamics and Aeroacoustics". NASA TP 3428. May. 1994.
- 3-Farassat, F. "Theory of noise generation from moving bodies with an application to helicopter rotors". NASA TR R-451. Dec. 1975.
- 4-Farassat, F. and Succi, G. P. "The prediction of helicopter rotor discrete frequency noise". Vertica, 7. 1983. pp. 309-320.
- 5-Ffowcs Williams, J. E. and Hawkings, D. L. "Sound generated by turbulence and surfaces in arbitrary motion". *Philosophical Transactions of the Royal Society*, Vol. A264, 1969, pp. 321-342.
- 6-ISO 3755. "Guide to the expresión of uncertainty in acoustic measurements". Ginebra 1993.
- 7-ISO 3745 "Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Precision methods for anechoic and hemi-anechoic rooms". Ginebra 2003.
- 8-Kinsler, Lawrence E., Frey, Austin R. "Fundamentals of Acoustics". New York: John Wiley and Sons, 2000.
- 9-Mueller T.J. "Aeroacoustic Measurements". 2001.
- 10-Morse, Philip M., Ingard, Uno K. "Theoretical Acoustics". Nueva Jersey: Princenton University, 1986.
- 11-Strawn, R. C., Duque, E. P. N., and Ahmad, J. "Rotorcraft aeroacoustics computations with overset-grid CFD methods". *Journal of the American Helicopter Society*, Vol. 44, No. 2, Apr. 1999, pp. 132-140.

CONSEJO EDITORIAL

COMPONENTES	
Director	Víctor Gisbert Soler
Editores adjuntos	María J. Vilaplana Aparicio
	Inés Poveda Pastor
	Vicente Sánchis Rico
Editores asociados	David Juárez Varón
	F. Javier Cárcel Carrasco

COMITÉ CIENTÍFICO TÉCNICO

ÁREA TEXTIL	Prof. Dr. Josep Valldeperas Morell Universidad Politécnica de Cataluña España
ÁREA FINANCIERA	Prof. Dr. Juan Ángel Lafuente Luengo Universidad Jaume I; Castellón de la Plana España
ORGANIZACIÓN DE EMPRESAS Y RRHH	Prof. Dr. Francisco Llopis Vañó Universidad de Alicante España
ESTADÍSTICA; INVESTIGACIÓN OPERATIVA	Prof. Dra. Elena Pérez Bernabéu Universidad Politécnica de Valencia España
DERECHO	Prof. Dra. María del Carmen Pastor Sempere Universidad de Alicante España
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA	Prof. Dr. David Juárez Varón Universidad Politécnica de Valencia España
TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN	Prof. Dr. Manuel Llorca Alcón Universidad Politécnica de Valencia España

tecnología