

Volume 6, Issue 2
November 2019
ISSN: 1390-9266

LAJC

LATIN-AMERICAN JOURNAL OF COMPUTING

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
QUITO - ECUADOR

Editor in Chief:

PhD. Jenny Torres, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador

Invited Editor:

MSc. Esteban Crespo Martínez, Universidad del Azuay, Ecuador

<http://lajc.epn.edu.ec/>



ESCUELA
POLITÉCNICA
NACIONAL



LATIN AMERICAN JOURNAL OF COMPUTING LAJC

Vol VI, Issue 2, November 2019

ISSN: 1390-9266

e-ISSN: 1390-9134

Published by:
Escuela Politécnica Nacional
Facultad de Ingeniería de Sistemas

Quito – Ecuador

LATIN AMERICAN JOURNAL OF COMPUTING – LAJC

Published by:

Escuela Politécnica Nacional
Facultad de Ingeniería de Sistemas
Ecuador

Editorial Committee:

Dra. Jenny Torres, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
Dr. Alex Buitrago, Universidad Externado de Colombia, Colombia
Dr. Henry Roa, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador

Editor in Chief:

Dra. Jenny Torres, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador

Section Editors:

Ing. Hernán Ordoñez, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador

Mailing Address:

Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería de Sistemas
Ladrón de Guevara E11-253, La Floresta
Quito-Ecuador, Apartado Postal: 17-01-2759

Web Address:

<http://lajc.epn.edu.ec>

E-mail:

lajc@epn.edu.ec

Frecuency:

2 issues per year

EDITORIAL

El inminente avance de la computación y las tecnologías inmersas en una sociedad cada vez más exigente, obliga a generar mayores esfuerzos por investigar y desarrollar nuevos horizontes, cuyo fin es mejorar la calidad de vida de las personas y optimizar la dinámica de las organizaciones. El estar sumergido en un contexto informático nos lleva a escalar un nuevo peldaño en la revolución industrial, conocido como la sociedad del conocimiento. Y es que solamente con el pulsar de un botón tenemos acceso a múltiples fuentes de investigación provistos por diversas organizaciones, gracias a la superautopista de la información.

La información consumida en el momento preciso permite la generación de ventajas competitivas en toda organización, industria o empresa; a la que hace referencia Drucker, al mencionar que información es poder para quien la sepa utilizar oportunamente, generando un nuevo actor llamado “prosumidor”, que conjuga el acto de producir y consumir de manera simultánea.

Las tecnologías de información se han convertido no solo en el pilar de apoyo a las operaciones de negocio, sino que ahora es un eje estratégico empresarial, considerando que la actividad empresarial gira en torno a los clientes y la tecnología. Así, para la década venidera se pronostican que tres aspectos contribuirán a la transformación de la tecnología digital: la evolución de las máquinas inteligentes; el surgimiento de modelos de negocio basados en la automatización y la algoritmia; y plataformas tecnológicas que habilitan la creación de nuevos ecosistemas, ya sea en temas de alojamiento, viajes y turismo, transporte, comercios al detalle, etc.

Desde el año 2013, la Corporación Ecuatoriana para el Desarrollo de la Investigación y la Academia – CEDIA, a través del Congreso Internacional en Tecnologías de la información y comunicaciones TIC EC promueve la integración entre investigadores, estudiantes, técnicos y público en general y consolida un espacio perfecto para la socialización de los resultados conseguidos con gran esfuerzo producto de sus investigaciones, realización de talleres teóricos-prácticos mediante los cuales se transmiten conocimientos a la comunidad investigativa, así como el compartir las lecciones aprendidas en esta ardua trayectoria, recordando que la formación continua es el éxito de la vida profesional.

Comprometidos con la academia, la sociedad y aportando a esta evolución tecnológica, nos es grato, como Universidad del Azuay, ser la sede de la Séptima Edición de este evento desarrollado los días 27, 28 y 29 de noviembre del 2019 en nuestro renovado campus universitario.

MSc. Esteban Crespo Martínez
Chair Track Técnico - TIC EC 2019
Editor Invitado

The imminent advance of computing and technologies immersed in an increasingly demanding society, forces to generate greater efforts to research and develop new horizons, whose purpose is to improve the people life quality trying to optimize the organizations dynamics. Being immersed in a computer context leads us to start a new step in the industrial revolution, known

as the knowledge society. In a globalized world, multiple research sources could be reached through a click, thanks to the information superhighway.

The information consumed at the opportune moment allows to generate competitive advantages in any organization, industry or company. Drucker mentions that the information is the power for those who know how to use appropriately, generating a new actor called "prosumer", which combines the act of producing and consuming simultaneously.

Information technologies have become a strategic business axis and not only as a pillar of support for business operations, considering that in the XXI century the business activity revolves around customers and technology. Thus, for the coming decade three aspects are contributing to the transformation of digital technology: the intelligent machines evolution; the business models emerged based on automation and algorithms; and technological platforms that enable the creation of new ecosystems, whether in terms of accommodation, travel and tourism, transportation, retail stores, among others.

Since 2013, the Ecuadorian Corporation for Research Development and the Academy – (for its acronyms in Spanish – CEDIA), through the International Conference of Information Technology and Communications TIC-EC promotes the integration between researchers, students, technicians and the general public and consolidates a perfect space for the socialization of the results achieved by their research, conducting theoretical-practical workshops through knowledge that is transmitted to the research community, as well as sharing the lessons learned in this arduous trajectory.

Committed to academia, society and contributing to this technological evolution, we are pleased, as Universidad del Azuay, to host the Seventh Edition of this event held on November 27, 28 and 29, 2019 in our renovated university campus.

MSc. Esteban Crespo Martínez
Technical Track Chair - TIC EC 2019
Invited Editor

Latin American Journal of Computing – LAJC

Reviewers

We are most grateful to the following individuals for their time and commitment to review manuscripts for Latin American Journal of Computing – LAJC.

Afanasyev Ilya, Innopolis University, Russia
Aguilar Vera Raúl Antonio, Universidad Autónoma de Yucatán, Mexico
Al-Mashhadani Mohammad Abdulrahman, Al-Maarif University College, Iraq
Almeida Galárraga Diego Alfonso, SENESCYT, Ecuador
Almentero Eduardo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Brazil
Araújo Marco Antônio, Federal University of Juiz de Fora – UFJF, Brazil
Ayala Claudia, Universitat Politècnica de Catalunya, Spain
Azurdia Meza Cesar, University of Chile, Chile
Banu Ioan Viorel, Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Romania
Bermejo Belen, University of the Balearic Islands, Spain
Brandao Diego, Centro Federal de Ensino Tecnológico Celso Suckow da Fonseca - CEFET, Brazil
Buitrago Hurtado Alex Fernando, Universidad Externado de Colombia, Colombia
Calero Coral, Universidad de Castilla-La Mancha, Spain
Calle-Jimenez Tania, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
Castro John, Universidad de Atacama, Chile
Chicaiza Janneth, Universidad Técnica Particular de Loja-UTPL, Ecuador
Cueva Samanta, Universidad Técnica Particular de Loja-UTPL, Ecuador
Díaz Cadena Angela, Snotra, Ecuador
Ferreira Vera, Universidade Federal do Pampa, Brazil
Franch Xavier, Universitat Politècnica de Catalunya, Spain
Franco Antonio, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
Galdames Patricio, Universidad del Bio-Bio, Chile
Ghosh Prasanta, International Centre of Excellence in Engineering and Management, India
Giergiel Mariusz, AGH - University of Science and Technology, Poland
Gritzalis Stefanos, University of the Aegean, Greece
Gualotuña Tatiana, Universidad de las Fuerzas Armadas, Ecuador
Gómez Omar, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador
Hallo María, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
Herrera Juan, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
Izurieta Clemente, Montana State University, United States
Prabu Jerwin, Robotic Systems India Pvt. Ltd., India
Jiménez Sánchez Álvaro, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador
Kamel Mohamed, Concordia University, Canada
Kasim Ibraheem, Baghdad University, Iraq
Lopez Lidia, Universitat Politècnica de Catalunya, Spain
Magreñán Ángel Alberto, Universidad de La Rioja, Spain
Maldonado José Carlos, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC-USP, Brazil
Matturro Gerardo, Universidad ORT Uruguay, Uruguay
Mobayen Saleh, University of Zanjan, Iran
Murphy Roberto, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica - INAOE, Mexico
Orozco Nathaly, Universidad de las Américas - UDLA, Ecuador
Pérez Jennifer, Universidad Politécnica de Madrid, Spain

Pérez María, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
Premebida Cristiano, Loughborough University, United Kingdom
Pricop Emil, Pro-Innovation, Romania
Příkladnicki Rafael, Université pontificale catholique du Rio Grande do Sul - PUCRS, Brazil
Quer Carme, Universitat Politècnica de Catalunya, Spain
Quist-Aphetsi Kester, Ghana technology University College, Ghana
Raheem Firas, University of Technology, Iraq
Recalde Lorena, Universitat Pompeu Fabra, Spain
Rybarczyk Yves, Universidade NOVA de Lisboa, Portugal
Sanchez-Gordon Sandra, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
Santos Gleison, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO, Brazil
Schuckert Markus, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong
Seder Marija, University of Zagreb, Croatia
Sousa Brito Isabel Sofia, Instituto Politécnico de Beja, Portugal
Tenreiro Machado Jose, Instituto Superior de Engenharia do Porto - ISEP, Portugal
Torres Rommel, Universidad Técnica Particular de Loja - UTPL, Ecuador
Torres-Carrion Pablo, Universidad Técnica Particular de Loja - UTPL, Ecuador
Urquiza Luis, Universitat Politècnica de Catalunya, Spain
Yacchirema Diana, Universitat Politècnica de València, Spain
Zaman Noor, Taylor's University, Selangor, Malaysia
Zambrano Marcelo, Universidad Técnica del Norte, Ecuador

TABLE OF CONTENTS

Diseño de una Agenda Universitaria Electrónica para Llevar el Control de las Tareas en los Estudiantes

Design of an Electronic University Agenda to Keep Control of Tasks in the Students

Cinthia V. Tumbaco, Alex S. Cevallos, Vanessa A. Chillagana y Evelyn P. Pulluquina.....9-16

Mobile Application as a legal and informative support tool for the active population of Ecuador

Molina Gutiérrez, Teresa de Jesús; Lizcano Chapeta, Carlos Javier; Quintero, Gisela Consolación; González Zuñiga, Luis Enrique.....17-22

An Approach for identifying Crops Types using UAV Images in the Ecuadorian Sierra

A. Sarmiento, G. Taboada, and V. Morocho.....23-30

Conmutación Óptica de Ráfagas (OBS, Optical Burst Switching), Perspectivas Actuales y Futuras

Optical Burst Switching (OBS), Current and Future Perspectives

Antonio Venegas, María Soledad Jiménez, y Paola Venegas.....31-46

Diseño de un Prototipo de Sistema de Prevención de Accidentes para Vehículos Industriales Mediante la Tecnología de Identificación por Radiofrecuencia

Design of a Prototype of Accident Prevention System for Industrial Vehicles Using Radio Frequency Identification Technology

Álvarez Urdiales, Ronald; Álvarez Villacís, Ronald; García Villamar, Angélica.....47-52

Diseño de Plan de Recuperación de Desastres con base a la norma NIST 800-34 y al marco de PMBOK para una empresa aseguradora ecuatoriana

Design of a Disaster Recovery Plan based on the NIST 800-34 standard and the PMBOK framework for an ecuadorian insurance company

Karla S. Rivas P. & Gustavo D. Salazar Ch.....53-62

Design and Implementation of a Real-Time Monitoring System for the Parameters of Electro-Electric Variables of the Electric Power Control and Backup Equipment of the ECU 911 Loja Integrated Security System

Diseño e Implementación de un Sistema de Monitoreo en Tiempo Real de los Parámetros de Variables Electro Energéticas de los Equipos de Control y Respaldo de Energía Eléctrica del Sistema Integrado de Seguridad ECU 911 Loja

Cosme Xavier Gálvez Sánchez, Ángel José Ordóñez Mendieta.....63-72

Diseño de una Agenda Universitaria Electrónica para Llevar el Control de las Tareas en los Estudiantes

Design of an Electronic University Agenda to Keep Control of Tasks in the Students

Cinthia V. Tumbaco, Alex S. Cevallos, Vanessa A. Chillagana y Evelyn P. Pulluquina

Resumen—Se investiga la forma en que los estudiantes de las universidades administran su tiempo para actividades académicas en base a la falta de organización con respecto a tareas, actividades pendientes, horario de clases y gastos económico generados en el estudio. La presente investigación busca visualizar información de las tareas según el tema ante un posible olvido, para ofrecer a los estudiantes un mejor ordenamiento de tiempo y tareas, mediante un sistema de agenda universitaria que ingresa, calcula y da información de tareas, actividades, horarios de clases y gastos incurridos durante el estudio. Nuestra información está compuesta por los siguientes módulos: Gestión administrativa de complementos en la agenda, entrada de información de la universidad, basada en 3 extensiones. La gestión del horario de clases se determinó por asignaturas según la carrera y el ciclo estudiantil, con un total de 40 a 50 asignaturas. La gestión de tareas académicas y actividades adicionales se determinó mediante la admisión de tareas académicas y actividades adicionales como resultado se obtuvieron un total de 20 tareas. La gestión del gasto económico del estudiante se registró con el costo de campo (escriba material o boletos) a través de un cálculo matemático de programación para determinar el gasto total incurrido por el estudiante.

Palabras Clave—Estudiante, Organización, Tiempo, Universidad.

Abstract— The way in which university students manage their time for academic activities is based on the lack of organization regarding tasks, pending activities, class schedules and financial expenses generated by the study. The present investigation seeks to visualize information on the tasks according to the topic before a possible forgetfulness, to offer students a better ordering of time and tasks, through a system of university agenda that enters, calculates and gives information on tasks, activities, schedules of

classes and expenses incurred during the study. Our information is composed of the following modules: Administrative management of add-ons in the agenda, university information entry, based on 3 extensions. Class schedule management is determined by subjects according to the career and the student cycle, with a total of 40 to 50 subjects. The management of academic tasks and additional activities was determined by the admission of academic tasks and additional activities as a result a total of 20 tasks were obtained. The management of the student's economic expense will be with the cost of the field (write material or tickets) through a mathematical calculation of programming to determine the total expense incurred by the student.

Index Terms—Student, Organization, Time, University, Agenda.

I. INTRODUCCIÓN

Desde una visión global, nos referimos a las “agendas digitales”, como una herramienta que nos permite recordar y planificar las diversas tareas a realizar en un determinado tiempo.

Se evita correr el riesgo de olvidar la tarea a efectuar, se puede decir que en el ámbito académico organiza el tiempo para tareas, exámenes, trabajos en grupo [1].

Utilizar una agenda electrónica es un hábito muy beneficioso para nuestro tiempo y memoria, ya que el desorden solo nos lleva a que perdamos tiempo en actividades menos importantes y que luego nos falte tiempo para realizar las más urgentes y primordiales [2]. En ese momento el estudiante tendrá que buscar información acerca de sus tareas ya sea donde sus amigos, compañeros o al mismo profesor, pero esto probablemente trae una gran pérdida de tiempo. El buen

Article history:

Received 24 June 2019

Accepted 03 September 2019

Este documento fue presentado en el LAJC en septiembre de 2019

Cinthia V. Tumbaco, Carrera de Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales, Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador; (email: cinthia.tumbaco5974@utc.edu.ec)

Alex S. Cevallos, Carrera de Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales, Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas,

Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador; (email: alex.cevallos@utc.edu.ec)

Vanessa A. Chillagana, Carrera de Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales, Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador; (email: vanessa.chillagana1357@utc.edu.ec)

Evelyn P. Pulluquina, Carrera de Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales, Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador; (email: evelyn.pulluquina9313@utc.edu.ec)

rendimiento del universitario depende en gran medida de una adecuada gestión y organización del tiempo de estudio [3]. Se presenta la inquietud de considerar que los antiguos y tradicionales sistemas, como lo son el calendario y la agenda, no son tan utilizados como antes ya que están siendo sustituidos por diferentes dispositivos electrónicos [4].

En Junio del 2015, en la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Buenos Aires (FLACSO), Argentina reporto la agenda universitaria electrónica durante las gestiones de Néstor y Cristina Kirchner: el financiamiento como organizador de las iniciativas oficiales. Los doce años de continuidad de los gobiernos encabezados por Néstor Kirchner (2003-2007) y Cristina Fernández de Kirchner (2007-2011 y 2011-2015) se plasmó en el sector universitario en la conformación de una agenda de gobierno organizada en torno a un conjunto de ejes articuladores: calidad, pertinencia, inclusión e internacionalización [5].

Según lo mencionado el sistema realizado como *Do it Tomorrow (Hazlo mañana)*, “Evernote” (Siempre nota), [6] se prioriza a los estudiantes a realizar las tareas dentro de los plazos combinados para dividir mejor el tiempo entre la vida académica y personal para llevar el día a día con más calma y menos estrés que sólo nos permite apuntar las tareas del día actual y el siguiente. Esto permitirá al estudiante el deseo de disponer de mejores habilidades y estrategias para gestionar de forma efectiva su tiempo favoreciendo de manera su desempeño académico.

El objetivo del siguiente estudio es visualizar información de las tareas y gastos económicos que tiene el estudiante ante la falta de la organización, para brindar a los estudiantes un mejor ordenamiento de tiempo y tareas de diferentes asignaturas. Esto por medio de un sistema de agenda universitaria electrónica que ingrese y entregue información de los datos personales, así como también las tareas a realizar, actividades pendientes donde recibirá indicaciones de actividades que no se cumplieron en el tiempo establecido, visualización de los horarios de clases dependiendo del semestre que se está cursando, y calcule los gastos económicos del estudiante. De esta forma brindarle al estudiante una alternativa de decisión del manejo de sus actividades y así pueda tener un mejor rendimiento académico en sus deberes.

La creación de esta agenda electrónica se centra en la información de las tareas según su horario de clases que se le ha sido asignado al estudiante y en el registro de información de los participantes dentro del sistema de la Universidad la interfaz de la agenda electrónica a través del uso de la tecnología informática para entregar información verídica en relación a la asignación del horario: tareas pendientes, tareas a realizar, gastos económicos del estudiante elegimos información relevante de dichos trabajos relacionados e inyectamos en nuestro proyecto con los valores agregados, esto detalla dicha información necesaria a los estudiantes para que puedan tener alternativas para la organización de sus actividades. En esta propuesta de proyecto, inicialmente se manifiesta el enfoque de estudio de la investigación de la agenda universitaria, a continuación, se describe el método a

utilizar en la programación para el cumplimiento del objetivo. Finalmente, la tercera y última etapa consta en el diseño y publicación de la agenda universitaria electrónica para que los estudiantes de la Universidad puedan conocer y familiarizarse de este instrumento que permita llevar su vida estudiantil de una manera más efectiva.

II. MÉTODO

A. Enfoque de Estudio

El presente estudio se enfoca en la Universidad Técnica de Cotopaxi, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga, ubicadas en la Provincia de Cotopaxi, Ecuador, uno de los resultados obtenidos fue dado mediante un enfoque de investigación cuantitativo, para determinar el número de estudiantes que no tienen una agenda electrónica para organizar las actividades académicas que se le presentan en su día a día, el cual permitió conocer que en las 5 Facultades que ofrece la Universidad Técnica de Cotopaxi. En la Tabla I se muestra el número de estudiantes que tiene las Universidades de la Provincia de Cotopaxi.

TABLA I
NÚMERO DE ESTUDIANTES EN LAS RESPECTIVAS
UNIVERSIDADES DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

Universidades	Número de estudiantes
Universidad Técnica de Cotopaxi	1575
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga	1735

B. Materiales

El material que se ha utilizado para la obtención y publicación de esta información, ha sido determinado mediante la información brindada de la Universidad Técnica del Cotopaxi y de los estudiantes.

Procedimientos metodológicos

Para el procedimiento de esta investigación se desarrolló un Sistema de Agenda Universitaria que contempla un conjunto de acciones que se muestra a continuación:

1. Gestión Administrativa de complementos en la Agenda
2. Gestión de horario de clases
3. Gestión de tareas académicas y actividades adicionales
4. Gestión de gasto económico estudiantil

- Además, se realizó el estudio y análisis de diferentes sitios web para un mayor entendimiento de la organización de las actividades del estudiante en lo cual se contempló los siguientes aspectos:
- La determinación de los aspectos funcionales para el desarrollo del sistema a través de los sitios web y opiniones de los usuarios.
 - El diseño y la implementación de cada una de las funcionalidades para el sistema.

La aplicación contiene cuatro módulos que se consideró para el desarrollo del sistema, que se muestran en la Fig. 1.

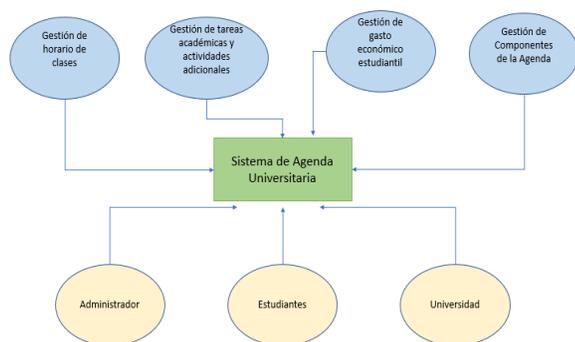


Fig. 1. Módulos trabajados en el sistema, se describe las funcionalidades que se va a realizar.

“Gestión Administrativa” de complementos en la Agenda Ingreso de datos personales de la universidad y el periodo académico que este tiene como resultado y el periodo académico determinado según la universidad.

“Gestión de horario de clases” se determinó mediante el registro del estudiante en las asignaturas según la carrera y el ciclo que cursa el estudiante un total de asignaturas que varían entre 40 a 50 asignaturas.

“Gestión de tareas académicas y actividades adicionales” se determinó mediante el ingreso de las tareas académicas y las actividades adicionales como resultado se obtuvieron un total de 50 tareas a realizar

“Gestión de gasto económico estudiantil” se registra el costo en el campo (tipo sea material o pasajes) facilitando a través de un cálculo matemático de programación que facilito conocer el gasto total incurrido por el estudiante.

Todos estos módulos de estudio interactúan con la Universidad y permite la visualizar información de las tareas y gasto económicos que tiene el estudiante ante la falta de la organización, para brindar a los estudiantes un mejor ordenamiento de tiempo y tareas de las diferentes asignaturas. Estos casos de estudio se lo realizan con el lenguaje de programación Java con el id NetBeans y con el Sistema de Gestión de Bases de Datos (MySQL).

Gestión Administrativa de complementos en la Agenda

Para el registro de los componentes de la agenda se pudo obtener información esenciales en la página oficial de la Universidad Técnica de Cotopaxi sobre las distintas matrices que tiene y las carreras que posee, así como también el periodo académico que este se rige en la mayoría de las universidades.

Por lo cual se considerada como base a la universidad para obtener datos importantes, así como también los campos principales que se deben manejar para plantearla y receptor en otras universidades se toma en cuenta la universidad según sus distintas matrices como nos muestra la Tabla II donde se muestra cómo va ser el ingreso de la clase de universidad.

TABLA II
CAMPOS PARA EL REGISTRO DE LA TABLA UNIVERSIDAD

Universidad	Facultad	Carrera
UTC-MATRIZ	4	15
UTC-SALACHE	1	4
UTC-LA MANA	4	7
Total	9	26

Gestión de horario de clases

Este módulo se desarrolló mediante el análisis de los requisitos que tiene el estudiante con respecto a su horario, se tomó en cuenta únicamente el horario que tiene las carreras de la Universidad, se procedió a que el usuario registre su horario en el sistema y así el administrador gestione los distintos horarios de los estudiantes. Si quedan espacios vacíos entre la finalización de una clase y el comienzo de la siguiente, este es un tipo especial de horarios que se suele denominar horario compacto.

En la Tabla III se puede apreciar el número de horas a la semana de acuerdo a las diferentes asignaturas que corresponden a un determinado ciclo, carrera y facultad.

TABLA III
NÚMERO DE HORAS DE LAS ASIGNATURAS DEL QUINTO CICLO

Nombre de asignatura	Número de horas
Programación Orientada a Objetos	5
Emprendimiento Social II	3
Programación de Base de Datos	6
Interfaz Gráfica de Usuario	5
Sistemas de Comunicación	5

Para el desarrollo de este módulo ha sido necesario la generación de una clase denominada “Horario” que permita especificar atributos que posteriormente se convertirán en campos de una tabla, esta clase es generada en NetBeans con hibernate y persistencia, que permita el almacenamiento en una base de datos XAMPP Control Panel (MySQL), por medio de la relación con la clase “Estudiante”. Es importante mencionar que el programa trabaja con datos de entrada que son las asignaturas que son propios de cada estudiante.

Para el desarrollo del formulario se tuvieron en cuenta los atributos (hora y día) que posee la clase, permitiendo incorporar en la interfaz. Para que los datos sean almacenados, se ingresa la asignatura de acuerdo a la hora y día, así se crea el horario que se puede visualizar en la base de datos. De este modo es como se desarrolló el horario de clase de acuerdo al estudiante.

Gestión tareas académicas y actividades adicionales.

Se desarrollo en base a las actividades que comúnmente tiene el estudiante, la interfaz de este módulo también está diseñado en NetBeans. Para que los datos sean almacenados, se ingresa las actividades de acuerdo al horario con el día, mes y año, que se puede visualizar en la base de datos. La conexión entre NetBeans con XAMPP ha permitido almacenar las actividades creando tablas.

Inicialmente se desarrolla en la agenda electrónica un ambiente para que el estudiante pueda registrar una actividad correspondiente a su materia, conjuntamente con el día, mes y año.

En esta ocasión las actividades y las diferentes fechas de presentación ingresadas por el estudiante a través de su interacción con la interfaz. El estudiante podrá modificar la fecha de una tarea a entregar hasta eliminar la misma, para esto, ha sido necesaria la utilización de un formulario JFActividades. Es así como se modifica la tarea que el usuario ha ingresado, y posteriormente guardarlo en la base de datos.

En este sentido, el Acuerdo Ministerial Nro. MINEDUC-2018-00067-A, “*Define las tareas escolares como trabajos complementarios a los realizados dentro del aula, que el docente solicita a sus estudiantes*”, es así como se toma en cuenta la planificación curricular y las necesidades de aprendizaje de los estudiantes, observando su realidad, para que sean elaboradas fuera de la jornada escolar, en un tiempo determinado y con objetivos académicos y formativos preestablecidos, permitiendo que el estudiante refuerce y practique lo aprendido en clase. Si el estudiante cumple su obligación de realizar las tareas hasta el punto de presentación, entonces sus tareas están siendo organizadas. En la tabla IV se muestran las actividades más comunes que tienen que cumplir los estudiantes, mediante las asignaturas tomadas.

TABLE IV
ACTIVIDADES QUE COMÚNMENTE REALIZAN LOS ESTUDIANTES

Actividades en la Universidad Técnica de Cotopaxi
Consultas
Trabajos en grupo
Informes
Prácticas
Talleres
Exámenes
Foros

En la Tabla IV se puede apreciar las tareas más comunes que realizan los estudiantes de acuerdo al horario, en la que poseen

diferentes asignaturas, estas se encontrarán descritas con su respectiva tarea, hasta un tiempo determinado.

Para desarrollar este módulo se ha visto la necesidad de crear una clase denominada “Actividad” la cual tiene atributos, estas se convertirán en campos de una tabla, antes generamos una clase en NetBeans, con la ayuda de hibernate y persistencia, creamos relaciones la cual se puede observar en la base de datos XAMPP, por medio de una clase “Horario”. Es importante mencionar que el programa trabaja con datos de entrada que son día, mes, año y su respectiva tarea a realizar que son propios de cada estudiante. Para desarrollar el formulario se tuvo en cuenta los atributos que posee la clase “Actividad”, creando un código en la interfaz. Para que los datos sean almacenados, se ingresa la tarea de acuerdo con su día, mes y año, la cual se pueden visualizar en el Gestor de Base de Datos (MySQL).

Gestión de Gasto Económico

Para el desarrollo de este módulo ha sido necesario la creación de un formulario que permita el almacenamiento de los gastos realizados por el estudiante durante su periodo académico, este formulario ha sido creado con el programa Netbeans, que por medio de una expresión matemática calcula el gasto económico total entre el gasto material y el gasto personal en un ambiente académico, en este caso la fuente a considerar es la Universidad Técnica de Cotopaxi. Es importante mencionar que el programa Netbeans trabaja con una librería u extensión adicional que es el jandex 2.0.0, el cual define la persistencia con la base de datos.

En consecuencia, el módulo de gasto económico hace uso de la relación que existe entre el gasto personal y gasto material representado en un formulario denominado JFGastoEconomico en el cual muestre los resultados de los cálculos obtenidos. La función de gasto en consumo está basada en la matemática usada para expresar el gasto de los consumidores. De ahí se emplea la función se usa para calcular la cantidad total de consumo de los gastos realizados por el estudiante, en efecto este cálculo se basa en la fórmula de John Maynard Keynes (ver expresión 1).

$$C = a + b (Y-T) \quad (1)$$

Una versión compleja de la función de gasto en consumo inicial se muestra a continuación (ver expresión 2).

$$C = c_0 + c_1 Y \quad (2)$$

Donde C representa el consumo total, c_0 representa el consumo autónomo ($c_0 > 0$), c_1 es la propensión marginal a consumir ($0 < c_1 < 1$), y $Y_d =$ renta disponible (renta que queda tras la intervención del Gobierno – beneficios, impuestos pagos por transferencia – o $Y + (G - T)$). En síntesis, este módulo informa a los estudiantes universitarios la manera en la que deben administrar sus ingresos.

III. RESULTADO

Los resultados del caso de estudio planteado fueron obtenidos en base a la realidad que ocurre con las actividades del estudiante universitario. Los datos de estudiantes y universidades son necesarios para el desarrollo del sistema.

Desarrollada la aplicación, en la Fig. 2 se muestra las secciones de la interfaz principal obtenida, resultado de la cohesión de los cuatro módulos planificados y estructurados.



Fig. 2. Secciones de la interfaz principal, entre las que se puede mencionar: horario, actividades, gastos, administración

Gestión Administrativa de complementos en la Agenda

Como resultado de este método nos dio que el administrador puede modificar la información de la universidad y periodo académico, para que el estudiante disponga de más opciones respectivamente del formulario JFUniversidad. El cual ayuda de manera más eficaz porque todas las interfaces dependen del otro; para que el estudiante pueda registrarse y escoger la universidad a la que pertenece, así como las demás opciones. Es aquí donde se cargan los datos predeterminados gracias al uso de persistencia con una conexión con el XAMPP Control Panel (MySQL) y lo diferentes botones que nos permite una vez modificar, eliminar según el campo que se esté ingresando como nos indica la Fig. 3.



Fig. 3. La opción Universidad es uno de los complementos de la agenda electrónica

Gestión de Horario de Clase

La conexión entre Netbeans con XAMPP, ha permitido almacenar el horario de clases con su respectivo código en relación al estudiante. En la Fig. 4 se puede apreciar que el código del horario se genera automáticamente, así como también el número de cedula del estudiante registrado, además el usuario tiene opciones de hora de acuerdo a su asignatura que posee, por otro lado disponemos de comandos ya sea para guardar los datos, editar, eliminar o volver a la interfaz principal, pero una vez que haya terminado de agregar las asignaturas se deberá finalizar para poder acceder a la siguiente interfaz de las actividades.

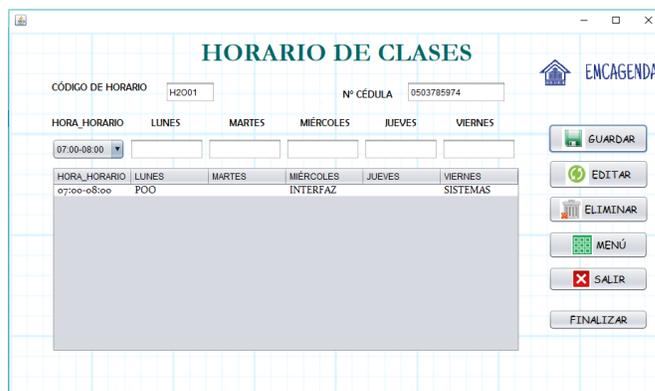


Fig. 4. Ingreso de la primera asignatura para la creación del horario

Gestión de tareas académicas y actividades adicionales.

Facilita la información de las actividades de los estudiantes universitarios con los diferentes horarios asignados. Para el registro, se ha tomado en cuenta a los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, barrio San Felipe del cantón Latacunga, en el que existen, la variación de actividades no realizadas que el estudiante debe cumplir en su jornada diaria de acuerdo con 1 a 20 actividades. El ingreso de las actividades y de igual manera la finalización es importante para tener acceso a la interfaz de gasto económico.

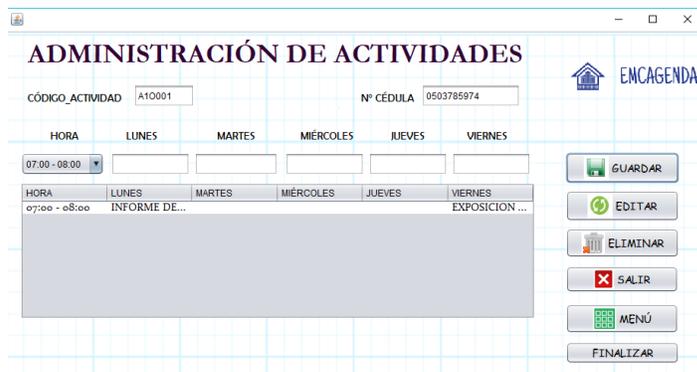


Fig. 5. Ingreso de la primera actividad del estudiante

Las actividades son ingresadas por el estudiante, una vez ingresadas se guardan en la base de datos, en la que se pueden

observar en forma de tablas según como el estudiante vaya ingresando las actividades adicionales con día, mes y año, y se irán guardando hasta la fecha establecida en el horario. En caso de que quiera modificar la información lo puede hacer, incluso puede utilizar todos los botones que se puede observar en la fig.5. Un aspecto importante que el estudiante debe realizar es, que una vez terminada de ingresar su tarea debe pulsar en el botón finalizar para que se cargue la información a la base de datos y luego lo pueda visualizar.

Gestión de Gasto Económico

Con la implementación del cálculo matemático en la Fig. 6, se puede apreciar que en el gasto total se va acumulando según vaya ingresando más gastos, además informa a los estudiantes universitarios la forma en la que deben administrar el dinero para evitar malgastar el mismo ya sea en objetos innecesarios para el estudio, pero sobre todo para el consumo personal.

CÓDIGO	FECHA	TIPO	DESCRIPCIÓN	VALOR
GE00	10/12/2019	Gasto Personal	Pasaje	1.5
GE01	10/12/2019	Materiales	Impresiones	0.5

Fig. 6. Gastos generados por el estudiante y su gasto total

IV. CONCLUSIONES

La presentación de información vinculante al número de horas de las asignaturas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, ha implicado un proceso para identificar nuestro propio horario de clases, cuya automatización ha sido una tarea compleja. Sin embargo, con correcta conexión a la base de datos nos ha permitido fusionar el horario de clases con el estudiante, de esta manera se presenta información detallada

La agenda electrónica se basa en la necesidad de llevar una mejor organización de las actividades y tareas del estudiante según su respectivo horario, en la sección de registro es importante porque se toma como referencia el número de cedula, ya que este dato permite realizar varias gestiones con el horario, actividades y gasto económico. Además, el sistema podrá ser utilizado por varios estudiantes no solo de universidades de la ciudad sino de otros lugares

Con la elaboración de la aplicación fue posible investigar sobre la metodología de la agenda universitaria y posteriormente poner en práctica la aplicación, se trata de una herramienta que conlleva grandes ventajas especialmente trabaja administrando una gran cantidad de información de los estudiantes. Es complicado tener las actividades organizadas

aun cuando lleve los apuntes en un cuaderno se dificultan estas acciones, es posible favorecer con el sistema evitando la pérdida de tiempo además es un ambiente agradable y motivador para los estudiantes, pese a que fue la primera vez en conocer e implementar la metodología. Este sistema tiene resultados visibles con respecto al rendimiento académico ya que favoreció a la organización de su tiempo, y así pueda planificar y realizar la siguiente actividad sin afectar a la otra.

REFERENCIAS

- [1] N. Aruguete, «AGENDA SETTING Y FRAMING: UN DEBATE TEÓRICO INCONCLUSO», p. 7, 2017.
- [2] J. Carrasco¹ y L. Hugo, «¿CÓMO ORGANIZAN SU TIEMPO LOS UNIVERSITARIOS?», *Rev. Investig. Psicol.*, n.º 14, pp. 97-108, dic. 2015.
- [3] E. Cosoi, «Agendas electrónicas personales y su uso pediátrico», *Rev. chil. Pediatr.*, v. 72, n.º 4, jul. 2001.
- [4] J. K. A. Rivera, «Construcción de una agenda pública para la sectorialización hacia el desarrollo nacional costarricense: reflexiones desde el sector educación», *Estado Gob. Gest. Pública Rev. Chil. Adm. Pública*, n.º 24, pp. 35-53, 2014.
- [5] J. de J. Q. Niño, G. B. M. Vieyra, y A. O. García, «IMPACTO DE LAS AGENDAS ELECTRÓNICAS EN EL RENDIMIENTO ACADÉMICO, ORGANIZACIÓN Y RESPONSABILIDAD DE LOS ESTUDIANTES», *Pist. Educ.*, vol. 38, n.º 124, jul. 2017.

- [6] M. Marquina y A. Chiroleu, «¿Hacia un nuevo mapa universitario?: La ampliación de la oferta y la inclusión como temas de agenda de gobierno en Argentina», *Propues. Educ.*, n.º 43, pp. 7-16, jun. 2015.



Cinthia Vanessa Tumbaco Sango nació en Latacunga – Ecuador, el 19 de febrero de 1998. Obtuvo el título de bachiller de Servicios de Aplicaciones Informáticas en la Unidad Educativa Marco Aurelio Subía Martínez – Batalla de Panupali (2015), obtuvo un certificado en la 15va. edición del Festival Latinoamericano de Instalación de Software Libre (FLISol) en 2019, actualmente se encuentra estudiando la carrera de Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.



Alex Santiago Cevallos Culqui nació en Latacunga – Ecuador en 1982. En la Universidad de las Fuerzas Armadas recibe el título de tercer nivel en Ingeniería en Sistemas e Informática, en la Universidad de Chile realiza sus estudios de cuarto nivel y recibe el título de Magister en Tecnologías de la Información.

Desde el 2014 ha sido Docente Investigador de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Ha sido autor de 7 artículos científicos y de 4 libros. Sus áreas de investigación están centradas en los Sistemas de Información, Sistemas Inteligentes, Inteligencia Artificial y Razonamiento Automático.



Vanessa Alexandra Chillagana Valverde nació en Quito – Ecuador, el 14 de febrero de 1996, Actualmente estudiante de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas en la carrera de Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales de la Universidad Técnica de Cotopaxi (2019), Obtuvo el título de bachiller en Ciencias del Colegio

Técnico Humanístico Experimental Quito (2014), estudio primario realizado en la escuela Juan León Mera. Certificado obtenido de la 1ª Conferencia Internacional de Innovación Informática además obtuvo un certificado en la 15va. edición del Festival Latinoamericano de Instalación de Software Libre (FLISol) en 2019.



Evelyn Pilar Pulluquina Quimbita nació en Latacunga – Ecuador, el 24 de mayo de 1998. Obtuvo el título de bachiller de Servicios de Aplicaciones Informáticas en el Colegio Victoria Vásquez Cuvi (2015), obtuvo un certificado en la 15va. edición del Festival Latinoamericano de Instalación de

Software Libre (FLISol) en 2019, actualmente se encuentra estudiando la carrera de Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Mobile Application as a legal and informative support tool for the active population of Ecuador

Molina Gutiérrez, Teresa de Jesús; Lizcano Chapeta, Carlos Javier; Quintero, Gisela Consolación; González Zuñiga, Luis Enrique

Abstract—The purpose of this study was to design a mobile application as legal and informative resource aimed at an Active Population—employed and in search of employment—in Ecuador. A quantitative research method was used with the Feasible Project, which complement with the “Development of Mobile Apps. First, the model was obtained through the National Statistics and Census Department (INEC, 2018) and by the Employment, Unemployment and Underemployment National Survey— (ENEMDU, 2019). Second, data was gathered through a documental technique—a method consisting of empirical levels. In addition, data sheets were used as tools, while the Content Analysis enabled data interpretation. The technical diagnosis revealed that the Active Population faces unemployment and underemployment serious issues affecting the country’s productive stability in addition to decreasing the likeliness of promotion in the latter of opportunities in society. A mobile app has been designed as a tool containing legal and informative content to enable access to rules and regulations governing labor and information of productive processes. In order to accomplish the making of this app, agile methods, SCRUM work frame and a CMMI model. Furthermore, analyses requirement, conceptualization and assessment prototypes were established.

Index Terms— Active population, rules and regulations, labor market, mobile app.

I. INTRODUCTION

ACCORDING to Banco Interamericano de Desarrollo, —The Inter American Development Bank IDB 2018—By the year 2018 a favorable economic growth scenario was forecast at a global level Inter-American Development Bank, BID [1]. Therefore, Latin America should have an economic growth at 2, 2%. However, real time figures are not encouraging because in recent years, unemployment has risen.

The IDB also points out that if compared Ecuador’s current condition to other countries in Latin America, agencies such as International Monetary Fund estimated a lower than estimated economic growth by 2018. Despite this estimate, Ecuador is not exempt from an economic and labor crisis that most countries in the region have to face and it is proven by their unemployed or underemployed population that in other words claims an improvement in labor conditions.

Labor stability in any country has become a vital aspect for its own development thus, having a positive impact on income inequality, betterment of social protection and the minimization of the impact on an informal economy. Likewise, a robust labor market boosts social advancement, poverty reduction in other words, this would be interpreted as quality of life for society.

Under this scope, finding attention mechanisms for the Active Population of Ecuador is an utmost priority involving those who are in a working age being able to reach a certain level of enjoyment when it comes to having a job. However, this mostly young segment of society still face problems related to employment rights or are job searching. Additionally, their demands are not being satisfied and as a result, the unemployment line keeps getting longer and eventually this young segment may become underemployed. This context certainly deserves the relevance of Employment rights, since it is necessary to create awareness of this issue in the Constitution of the Republic of Ecuador and in the Labor Code.

In this respect, the aim of this research work is to design the APPS Job- Ecuador with the purpose of bringing together the advantages of mobile applications backed by thorough legal knowledge of rules and regulations that have established employees’ labor rights and duties which in turn, enhance updated and useful information regarding job offers, market tendencies, hiring and training requirements among other processes.

Article history:

Received 30 June 2019

Accepted 03 September 2019

Molina Gutiérrez, Teresa de Jesús is with the Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ibarra, Ecuador.

Lizcano Chapeta, Carlos Javier is with the Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ibarra, Ecuador.

Quintero, Gisella Consolación is with the Universidad Nacional de Educación, Ecuador.

González Zuñiga, Luis Enrique, is with the Universidad Eloy Alfaro de Manabí, Manabí, Ecuador.

General Objective

The designing of a mobile application as a legal-informative resource aimed at the Active Population of Ecuador.

Specific Objectives

- Diagnosis of labor market actual conditions in Ecuador
- Interpret the legal contents that regulate work in Ecuador
- Applying the methodology that identifies the proper requirements that the mobile application should meet thus creating user interphase in paper.

TABLE 2. RESULTS NATIONAL EMPLOYMENT, UNEMPLOYMENT AND UNDEREMPLOYMENT SURVEY (ENEMDU, 2019)

GLOBAL PARTICIPATION RATE	Unemployment Rate	Suitable Employment Rate	Underemployment	Other Employment or unsuitable employment	Unpaid Employment
66,5%	4,6%	37,9%	18,7%	22,7%	11,0%

- Validating mobile application requirements with a low-fidelity prototype

Likewise, labor obligations dismissal by disobeying labor rules or misconduct or even unjustified dismissal laws are included. Dismissal by agreement is defined as: “the authorization granted by a Labor Inspector for such dismissed labor relationship which happens when one of the parties whether the grounds for dismissal are set out in Articles 172 y 173 under the Labor Code” Bustamante, [5] Unjustified dismissal is the legal way by which a labor relationship is finished and it’s provided by a judgement given through an administrative labor authority.

Another form of labor dismissal is unjustified layoff defined as: “The unilateral will of the employer which breaks an employment relationship, generally characterized by an unexpected or violent action.” [6]

It would sound relevant to point out that the employer who dismisses and employee in an unjustified way will be forced to compensate him in accordance with length of service and to a predetermined scale provided by the Labor Code. Compensation by dismissal –firing—may have a more positive outcome by mutual agreement between the parties, but not by a Labor Court.

Rights in Ecuador are progressive according to the Constitutional Mandate Article 11 numeral 8 “the content of citizens’ rights will be developed in a progressive way through the law, regulations and public” Constitution of Ecuador [7]

II. METHODOLOGY

The Feasible Project was used, since the design of a mobile resource is proposed, which was supported by documentary research (second-hand data), as data collection instrument content sheets and data analysis technique were used The Content Analysis was used.

The analysis core was composed by reports made by the National Statistics and Census Agency—INEC [8]—and by the National Employment, Unemployment and Underemployment Survey— ENEMDU [9].

Such procedures aggregate to the method for development of mobile applications which must comply with a mobile device particular capabilities such as: memory restrictions, processing and storage, the platform’s implementation in addition to deployment and maintenance processes.

Within framework and software creation methodologies multiple options, the so called “agile methods” stand out. Pressman [10]. In this context, the following framework are considered: SCRUM, Model CMMI *Capability Maturity Model* [11]. From these framework, the following phases for the mobile application design were determined: Requirement analysis phase, Conceptualization phase and Validation and Prototype phase.

Building phases and testing, Application’s Corrective and Preventative maintenance practices for the implementation phase are not part of the scope in this Project.

III. RESULTS

In order to watch Labor Market’s performance in Ecuador, the following figures provided by the National Statistics and Census Agency [8].

Source: INEC [8]

As it can be observed, by 2017, employed population reaches 7, 7 million figure considerable superior to unemployment rate.

TABLE 1. ECUADOR’S ESTIMATE LABOR MARKET 2017

EMPLOYMENT RATE	UNEMPLOYMENT RATE	SUITABLE EMPLOYMENT	NON CLASSIFIED EMPLOYMENT	UNSUITABLE EMPLOYMENT
7,7 MILLION	373.000 MILION	3,5 MILLION	13 MILLION	PART TIME EMPLOYMENT, OTHER 45,6% UNDEREMPLOYED 37.4% UNPAID WORK 17,0%

On the other hand, there are 3, 5 millions of people that enjoy of suitable employment which means that they have a 40hour full-time employment gaining minimum wage.

Unclassified employment is reported at a rate of 13.000 people at a national level (located in the Andean range and in the Coast). It is evident that unclassified employment represents a low participation in relation to the total of employment in the country.

Unsuitable employment is subdivided in: Part-time employment (45, 6%), underemployment (37,4%) and unpaid labor (17%). Under the unsuitable employment category belongs to the employment that does not reach 40 working weekly paying basic wage of \$375 or less. Figures for each of the subcategories that comprise unsuitable employment have gradually increased.

Figures show a complex general scope of the Ecuadorian Labor Market which needs to certainly improve labor relationships between employers and those who apply for paid labor. Similarly, economically active sectors that are often at disadvantage like the young, women and the informal sector deserve special attention.

The following results were taken from an ENENDU survey in 2019. This survey has covered the entire country of Ecuador, including rural and urban areas equally, as well as five self-represented cities of: Quito, Guayaquil, Cuenca, *Source*: ENEMDU [9].

Previous data dates to March 2019 which are an important reference to specify at a national level, economic activity indexes and source of income pertaining to the Ecuadorian population.

As to the global participation rate, is about the “resulting percentage from the ratio between the economically active population (PEA) and the working-age population (PET)” ENEMDU [9]. Totals reached a national level of 66, 5 % and it means that there is a 66,5% of young people that are over the age of 15 apt to start being economically productive.

As far as the unemployment rate denominated as “the resulting percentage from the ratio between the unemployed and (D) the economically active population (PEA)” ENEMDU [9] -another important point is that the active population reached 4, 6%, compared to figures from 2018. Then it is safe to say that these percentages did not experience significant statistical fluctuations.

Suitable employment rate belongs to the “resulting percentage from the ratio between total suitable employment or full-time (EA) and the economically active population (PEA)” ENEMDU [9]. Data shows that this indicator has reached 37, 9%. By comparing this figure to the one from the previous year, a significant decrease turns out to be evident and indicates a negative performance.

Underemployment is defined as “the resulting percentage from the ration between the total number of underemployed individuals (SUB_E) and the economically active population (PEA)” ENEMDU [9], as demonstrated by the figures, underemployment reached 18, 7. Additionally it did not show significant statistical fluctuations compared to previous data.

As far as Part-time employment rate, “the resulting percentage from the ratio between the total part-time employment and the economically active population” (PEA) ENEMDU [9], positioning itself at 11, 0%, representing an significant increase statistically speaking.

Finally, non-paid labor is defined as “the resulting percentage from the ratio between the number of non-paid Jobs and the economically active population (ENR) and “PEA” ENEMDU [9]. This category has reached 11, 0% at national levels. Furthermore, this indicator did experience fluctuations statistically powerful in relation to 2018 and these changes represent evidence of an increase in non-paid labor.

By taking a closer global look, these figures may highlight that the working population in Ecuador it not at is prime, although global employment has proved a relative stability as well as the unemployment rate. It is clear that suitable employment has decreased from 2014, while underemployment has risen from 2012, Olmedo [12]. Although urban areas seem to have the most employability capacity, they may create underemployment conditions. On the other hand, the rural population for the most part generates non-paid labor compared to urban populations.

It is imperative for those responsible for unemployment to pay close attention to this trend and also pay attention to additional employment categories since the purpose of the labor market should not only be to “reach a natural unemployment rate” Olmedo [12] but also to achieve more favorable working conditions for the general population by taking care of underemployment and other types of employment that aren’t necessarily satisfactory. Undoubtedly, the need for the implementation of market sustainable policies is essential for the strengthening of their structural bases.

The previous discussing helps to comprehend the transcendence that the intervening variables in labor markets and its own incidence in populations quality of life. Having labor stability is vital. As a result, technology has become an absolutely crucial information tool for the active population in aspects like legal instruments that can guarantee employees’ rights and obligations, job offers, market tendencies, statistical data and the most valuable professions among other services.

IV. PROPOSAL MOBILE APP DESIGN

a. Data gathering and requirements definition:

By exploring employability figures in Ecuador, certain characteristics related to the need for understanding rules and regulations governing labor aspects where found. Additionally, the urgency to access effectively enterprises with good economic prospects, better job offers and the most valuable profession among others. Having easy access to centralized permanent available data would be extremely useful to the general population.

Findings:

Employed population that also demands better employment choices. Active population should have access to legal information regarding their labor rights and proper procedures given situations that attempt to disturb job stability, or compensation once the employer has stable employment. In the same way, those in search of employment should be familiarized with pertaining legal aspects as well as elements surrounding job offers, enterprises such as:

- Regulations: Labor Code Republic of Ecuador Constitution

Practical Purposes. In this case, the active population demands information regarding labor markets, offers and employment agencies that enable individuals to find work, apart from finding institutions that promote skills training and professionalism.

Intermediary companies between job seekers and the economically active population, particularly Web portals and pages.

Enterprises and Institutions that bid on the development of skills training.

A basic control for statistical aims suggests obtaining data from users for an application required such as:

- Email address, age, gender, professional experience, education, expected salary and the like.
- b. Functional and non-functional requirements for the mobile app:
- c. Based on data gathering and the proposal made, the mobile application must meet following functional and non-functional requirements.

Functional requirements (RF):

TABLE 3.
MAIN HIGH-LEVEL FUNCTIONAL REQUIREMENTS

ID.	NAME	REQUIREMENTDESCRIPTION
RF1	USER RECORD	The application will record data user: personal email address and password.
RF2	SURVEY FILL-IN	As a user logs in for the first time, the app will ask the user to fill in a survey
RF3	OPTIONMENU DISPLAY	The application will provide a hamburger-type menu. It will show the different information categories in a list so that it is easy to access.
RF4	INFORMATION DISPLAY	Through the option menu, the application will allow selecting available options, opting to download them in the local memory such as documents, requirement list, audios and videos and general information.
RF5	GLOSSARY	The application must have a glossary easily accessed by menu or search.
RF6	SEARCH BOX	In the app displaythe user may have access to a text box for the search of resources and information.
RF7	FREE NAVIGATION	Every section will be linked for free navigation provided the user wants to.

ID.	NAME	REQUIREMENTDESCRIPTION
RF8	ACCESS TO SOCIAL NETWORKS	The app will allow access to official accounts among those involved in every type of process pertaining to the labor market.
RF9	WEB RESOURCES	The app will have links to complementary resources in the Web, official web pages including those in the economic sector.
RF10	TERMS OF USE	The app will provide the user privacy politics, terms and conditions including an option to accept them or not. The use of this app requires user acceptance.

SOURCE: THE AUTHORS

Non-functional requirements (RnF):

TABLE 4.
NON-FUNCTIONAL MAIN REQUIREMENTS

ID.	NAME	DESCRIPTION
RNF1	NAME	THE APP WILL BE NAMED "JOB- ECUADOR"
RNF 2	HARDWARE	HARDWARE REQUIREMENTS SHOULD BE EASILY ACCESSED EITHER FROM A COMMON MOBILE DEVICE OR FROM A SMART MOBILE WITH A COMMON OPERATIVE SYSTEM.
RNF 3	CONNECTION	THE APP MAY BE ACCESSED FROM ANY WHERE WITH WIFI CONNECTION.
RNF 4	AVAILABILITY	THE APP WILL BE AVAILABLE 24-7
RNF 5	PLATFORM	THE APP SHOULD WORK WITH ANDROID OPERATING SYSTEM DEVICES
RNF6	LICENSING	ALL RESOURCES SHOULD COMPLY WITH COPYLEFT LICENSING (FREE DISTRIBUTION) GUARANTEEING THE NO VIOLATION OF COPYRIGHTS.
RNF 7	USERHELP	THE APP WILL HAVE BASIC HELP INTEGRATED FOR ALL FUNCTIONALITIES AND A CONTACT FOR PRODUCT OR SERVICE ENHANCEMENT REQUEST.
RNF 8	CONTROL CHANGE	ELEMENTS INFORMATION CONTROL ARE BASED ON SETTINGS MANAGEMENT, PARTICULARLY WHEN IT COMES TO FILE NAMES, VERSION AND FEATURES, GIVEN THAT RESOURCES MAY BE PERIODICALLY UPDATED..
RNF 9	QUALITY	APPLICATION MAXIMUM RESPONSE TIMEWILL BE AT ONE SECOND IN 95% OF THE OPERATIONS.
RNF10	FAILURE CAPTURE	THE APP WILL BE ABLE TO CAPTURE AS MANY POSSIBLE FAILURES AND TREAT THEM ACCORDINGLY.
RNF11	LANGUAGES	THE APP WILL SUPPORT ENGLISH AND SPANISH LANGUAGES.
RNF12	DATA PROTECTION	FOR DATA STORAGE PURPOSES, THE CORRESPONDING REGULATION MUST BE TAKEN INTO ACCOUNT, IN ADDITION TO "PERSONAL DATA PROTECTION" AS WELL AS TELECOMMUNICATION SECTOR REGULATIONS.
RNF13	SECURITY	DATA EXCHANGE BETWEEN APP AND SERVER DATA BASE WON'T USE AN ENCRYPTION METHOD.

SOURCE: THE AUTHORS

d. Actors definition:

The application *Job-Ecuador* interacts with two types of actors:

- Active population. Referring to working age population (employed or in search of employment).

- Administrator: Responsible(s) individual for the app which main responsibility is to update information and improve operational malfunctions.

The three general processes user type “Active Population” may do with the *Job-Ecuador* app are the following:

- Mobile App Installation
- Application Navigation (optional menu system)
- Uninstalling the mobile app

e. Information Categories definition:

According to data gathered, *Job-Ecuador* app will display the following information categories:

Information regarding legal resources and procedures, entities that provide the employee information and labor resources, surveys, companies offering Jobs and labor resources, general information regarding the application, assistance and contact data as well as social networks official accounts.

f. Use of mobile app cases

Given that the interaction between user and app is shaped for the most part regarding consulting of information, using basic navigation supported by usability criteria and accessibility to every screen, no use-case were designed.

g. Low-fidelity prototy pedesign

For prototype design at low fidelity levels, the BalsamiqMockupstool (version 3.5.17 / <https://balsamiq.com/>) was used. This app enables designing interface models fast and efficiently, allowing the user to navigate through the prototype, experiment and validate functional requirements, [13].

h. Resource Format Specification

Built-in application resources keep the following conventions needed for their names and format type. Such definition corresponds to a non-functional requirement. A through specification is part of the building process for the *Job-Ecuador app*, which has not approached in this study.

Name format for resources: **ir_mnemonic_vr<nn>.ext**, where:

- go: identifier for the type of resource possibly having the following values:
 - vi: video (Accepted format: mp4)
 - au: audio (Accepted format: mp3)
 - dc: document (Accepted format: pdf, xls, pps, jpg)
- mnemonic: Used to describe resource content
- vr: constant followed by resource version
- nn: resource number version (01, 02, 03, no period)
- ext: file extension (pdf, mp3, xls, pps, jpg, swf, mp4)

i. Social Networks selection and official accounts:

Job-Ecuador enables official accounts social networks particularly in the economically active population interest and to the general public. Having such accounts, users have access to the most updated information by each agency, entity as the case may be.

5. CONCLUSION

The current labor market in Ecuador has similar difficulties to other countries in South America, according to the National Statistics and Census Institute INEC [8] and [9] In Ecuador global employment keeps certain stability, as a result suitable employment has decreased and unemployment has increased. Generally, urban areas show the most employability capacity, although there is a great deal of underemployment. This numbers discourage major efforts made to combat unemployment related issues. There is an immediate call for attending to the young population labor needs, as well as to reconcile strengthening policies for the structure of the domestic system of production.

Methodology used for the mobile app design was SCRUM and CMMI model which offered support for the three phases: Requirement analysis, conceptualization and prototype requirement analyses resulting in a complete and thorough application design. Job Ecuador has informative resource content regarding general aspects known as labor markets and legal content—the Constitution and Labor Code—and regulation for employment accessibility in Ecuador.

REFERENCES

- [1] Inter-American Development Bank (2018). Time of growth. Latin American and The Caribbean Macroeconomic report. Available at: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8805/Informe-macroeconomico-de-America-Latinay-el-Caribe-2018-La-hora-del-crecimiento.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- [2] Royal Spanish Academy (2013). Dictionary of the Royal Spanish Academy. RAE: Spain
- [3] Arévalo, G. (2014). Ecuador, citizen revolution economy and policy preliminary assessment. *Apuntes del CENES*, 33(58), 109-134.
- [4] Ecuador National Assembly (2005) Labor Code. Official Recordbook 167 del 16-dic-2005. Ecuador.
- [5] Bustamante, C. (2012) Labor Rights Manual. Individual Employee’s Contract. Ecuador: Ecuador Judicial Editorial
- [6] Espinoza, G. (1982). Dictionary of jurisprudence of the Supreme Court of Justice 1981-1982, second series: compilation of all resolutions of the five rooms of the supreme court of justice. Quito: Don Bosco.
- [7] Nacional Constituent Assembly (2008) Constitución de la Republic of Ecuador’s Constitution, Official record 449 del 20-oct-2008. Ecuador.
- [8] National Institute of Statistics and Censuses. (2018). Tabulated National Survey of Employment, Unemployment and Underemployment (ENEMDU). Available at: www.ecuadorencifras.gob.ec
- [9] National Institute of Statistics and Censuses (2019). National Survey of employment, unemployment and underemployment (ENEMDU). Technical Bulletin No. 02- -2019. Quito: ENEMDU.
- [10] Pressman, R. (2010). Ingeniería del software. Un enfoque práctico. New York: McGraw-Hill
- [11] CMMI (CapabilityMaturityModel). [Online]. Available at: <https://cmmiinstitute.com/>
- [12] Olmedo P. (2018). Employment in Ecuador - A look at the situation and perspectives for the current labor market. Quito.Fiedrich-Ebert-Shiftung.

- [13] Navarro, A. (2002). Conceptualization, Prototyping and Hypermedia Applications Process. (Doctoral thesis). Complutense University of Madrid. Spain.



Teresa de Jesús Molina Gutiérrez Master in Linguistics and Ibero-American Literature, specialist in Research Methodology, Ph.D in Linguistics, graduated from the University of Los Andes. Professor of undergraduate and postgraduate at the National Open University (UNA) and the Libertador Experimental Pedagogical University (UPEL), research professor at the Regional Autonomous University of Los Andes, member of the Research Group: NIEME, lines of research: analysis of speech, university education, qualitative research. CONABA Prize, PEII researcher, participant as speaker, lecturer and workshop at national and international research events.



Carlos Javier Lizcano Chapeta is a lawyer, Bachelor of Education and Master of Political Science. He has been an undergraduate and postgraduate professor at several universities in Venezuela. He is a researcher recognized by the corresponding agencies in Venezuela and Ecuador. He currently works as a teacher-researcher at the Regional Autonomous University of the Andes (UNIANDES), Ibarra-Ecuador extension.



Gisela Quintero Master in University Management. Specialist in Psychoneurolinguistics. Degree in PhD Letters in Pedagogical Sciences. Research teacher,

Principal professor at the National University of Education, Ecuador. Member of the inter-institutional research group on Oral Studies, UNAE. Member of the Ibero-American Network of Oral Studies and the CLACSO Working Group on Teacher Training and Critical Thinking. He has participated as a speaker, lecturer and workshop worker in national and international research events.



Luis Enrique González Zúñiga Economist graduated from the Universidad de los Andes (ULA), Specialization in Management of Multilateral Projects of the IESA, Master in Political Science at the Universidad de los Andes, Ph.D. in Existential Pathology and Crisis Intervention of the Autonomous University of Madrid (UAM). Prometheus - SENESCYT, Ecuador. Undergraduate and postgraduate professor at several Universities: Ecuador: Lay University "Eloy Alfaro" of Manabí (ULEAM), National University of Chimborazo (UNACH), University of Guayaquil; Spain: Autonomous University of Madrid; Venezuela: University of the Andes of Venezuela, National Experimental University of the Lake (UNESUR), Simón Rodríguez National Experimental University. luisgonzalezprometeo@gmail.com.

An Approach for identifying Crops Types using UAV Images in the Ecuadorian Sierra

A. Sarmiento, G. Taboada and V. Morocho

Abstract. Spectral signature analysis allows identification of the different types of terrestrial objects and characterizes behaviour of different kinds of vegetation. In Ecuador usually phenological analysis (state of vegetal growing) and crop type are based on acquired manually information. This does not allow taking agile decisions over crops management. The advantages for using UAV images propose a significant change to the current methodologies. This paper presented a correlation study of crop spectral signature using multispectral images from a UAV. Ecuadorian Sierra was the study zone to differentiate the types of crops in an agricultural field. The Inception algorithm of Tensorflow was chosen to generate a crop layer and to predict the crop type with the closest possible approximation from an image.

Index Terms— UAV multispectral images, analysis images, phenological analysis, crop type.

I. INTRODUCTION

SINCE ancient times, agriculture has become the main means of supplying human beings which has led to improving soil cultivation techniques for the benefit of humanity. In this way, the agricultural sector has become one of the main economic drivers of Latin American countries. In fact, Latin America will be the main food producing region not only for domestic consumption but also for export, and it is estimated that in 2020 it will represent 20% of the world food supply [1].

Latin American countries have abundant territory for agriculture; it can see in Table 1 majority of countries have more than 40% of its territory suitable for agricultural exploitation. Agriculture is one of its main income by exporting your products to various parts of the world.

Over the years new technologies have been introduced in the agricultural sector, and step by step the farming task has been eased by this. As to mention some examples to describe the importance of informatics in agriculture, we have software apps, programs computer for crops, campaigns and crops management.

Those applications are very useful to keep track of crop rotations, plantings, harvests, post-harvest crops and the agricultural market [2].

Article history:

Received 01 July 2019

Accepted 03 September 2019

A. Sarmiento and G. Taboada are with the University of Palermo
V. Morocho is with the University of Cuenca

TABLE I
AGRICULTURAL AREA OF LATIN AMERICAN COUNTRIES.

Country	Area (Km2)	Agricultural area (Km2)	Percentage (%)
Argentina	2780400	1487910	53,51
Bolivia	1098580	375150	34,15
Brazil	8515770	2756050	32,36
Chile	756096	158089,8	20,91
Colombia	1141748	426176	37,33
Cuba	109880	64060	58,30
Dominican Republic	48670	24970	51,30
Ecuador	256370	75069	29,28
El Salvador	21040	15670	74,48
Guatemala	108890	44290	40,67
Haiti	27750	17700	63,78
Honduras	112490	32350	28,76
Jamaica	10990	4490	40,86
México	1964380	1067050	54,32
Nicaragua	130370	50710	38,90
Panamá	75420	22650	30,03
Paraguay	406752	215000	52,86
Peru	1285220	243260	18,93
Uruguay	176220	152590	86,59
Venezuela	912050	216000	23,68

Some advantages from the combination between informatics and agriculture are:

- Higher production
- Farmer has more planning time
- Plot Control and its crops during whole period
- Saving in Crop water, fertilizers and other products.
- Obtaining data from the plot in real time
- Automatic irrigation according to weather conditions

In last years the agricultural revolution is being experienced thanks to technology application in its processes such as crops monitoring from the air. It means that agronomists, agricultural engineers and farmers use drones and UAV to

obtain another point of view for planning and administering of their operations with greater precision [3].

II. USING IMAGES FOR AGRICULTURE

Looking for the best and optimal technology to images gathering. Often, the question is which of the technology is to be used. Whether satellite images or images obtained from a drone. The drones and UAV are capable of carrying different measurement sensors (thermographic, multispectral, LIDAR, optical). On the other hand, sensors on satellite platforms can include optical and multispectral sensors and, although, there are also thermal and radar sensors, their resolution is not suitable for agricultural applications [4]. The images acquired by sensors on satellite platforms are calibrated by geometric and atmospheric corrections. The latter can cause distortions between images acquired at different times, due to a concentration of aerosols present in the atmosphere. However, these sensors have a high spectral resolution (number of bands), and their spatial resolution (number of pixels) is very large. Which causes the reflection of the ground or adjacent weeds to interfere with the accuracy of take measurements. A satellite image shows the differences by comparison very well, but radiometry from one satellite capture to another from a different date is usually not comparable. Radiometric calibration in cameras for UAV and drones is becoming an easier task. It does not require difficult atmospheric calibration. This feature allows a high precision, even allowing a perfect comparison of images. The latest sensors that can connected to UAVs have fewer bands (spectral resolution), but their high spatial resolution (pixel size) achieves a much more accurate vegetation analysis [4]. In the case of Sequoia® camera have real color and multispectral in the same equipment, then the comparison of bands can be done more accurate yet.

Within the field of agriculture, phenology is a solid indicator of the effects of climate change on natural systems. For example, the principles of sprouting and flowering of plants have been documented in response to recent warming trends. Improved monitoring of vegetation phenology is seen as an important, but simple, means of documenting biological responses to a changing world [3].

III. SPECTRAL PATTERNS DETERMINATION

A. UAV photographs

In coordination with research group on SDI (Spatial Data Infrastructure) from University of Cuenca, was defined the study zone in an experimental farm, with controlled crops condition, for example documented application of fungicides and fertilizers. The planning and execution of flights with the eBee® RTK drone was carried out on May 23 (Canon® camera) and on May 12. September 2016 (Sequoia camera). Table 2 indicates the most important characteristics of the equipment used.

TABLE II
MAIN CHARACTERISTICS OF THE EQUIPMENT

Wingspan	Weight	Scope of the radio connection	Removable wings	Camera (supplied)	Optional cameras
96cm (37,8 in)	0,73 kg (1,61 lb)	3 km (1,86 mi)	Yes	WX RGB (18,2 MP)	S110 NIR/RE/RGB
Planner and control	Image processing				
eMotion	Pix4Dmapper				
Cruise speed	Wind resistance	Maximum flight autonomy	Maximum coverage (one flight)	Automatic landing	Oblique photograph
40-90 km/h (11-25 m/s o 25-56 mph)	Until 45 km/h (12 m/s o 28 mph)	40 minutes	8 km ² (3 mi ²)	Linear landing with precision of ~ 5 m (16,4 ft)	0 - 50°
Earth sampling distance GSD ¹	Absolute accuracy horizontal / vertical				
Until 1,5 cm (0,6 in)/pixel	Until 3 cm (1,2 in)/5 cm (2 in)				

Within the planning phase of the flight several parameters were established within the application eMotion2® (automated controller of the UAV) as recommended by the manual of Pix4Dmapper® for land with agricultural fields. At least 75% of frontal overlap (with respect to the direction of the flight) and at least 60% of lateral overlap (between flight tracks). Fig. 1 shows an example of the planning configuration.

¹ Ground sample distance. Distance between the central pixels measured on the ground

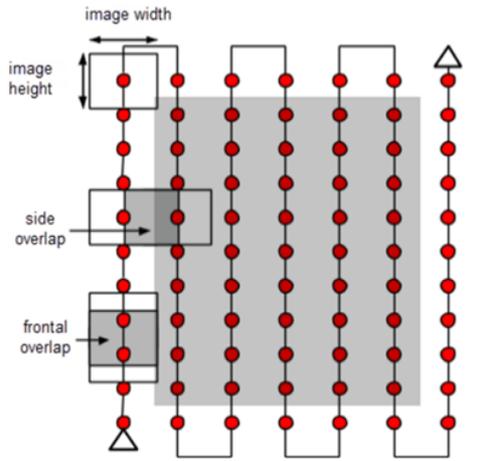


Fig. 1. Ideal acquisition plan for land with agricultural fields

The shots were made on the experimental farm, located about 42 km northwest of the city of Cuenca, between the towns of Paute and Guachapala (see illustration in Fig. 2). Whose climatic conditions are:

- Altitude: 2.945 m a.s.l
- Weather: 11-26° C
- Winds: 5-14 km/h



Fig. 2. Location of the Romeral of the University of Cuenca. VANT eBee RTK. Configuration of the flight through the software emotion. Drone's launching.

B. Canon S110 NIR Camera

The Canon S110 NIR camera (Fig. 3) provides data on the red green and NIR bands.

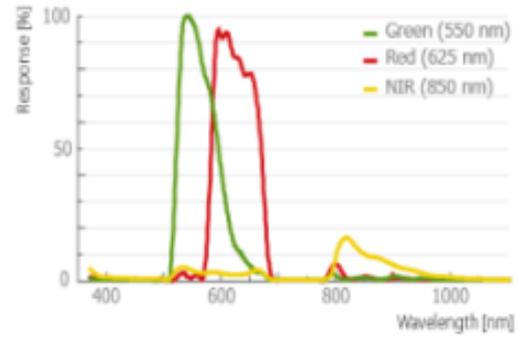


Fig. 3. Ideal acquisition plan for land with agricultural fields

TABLE III
CHARACTERISTICS OF CANON S110 NIR CAMERA.

Resolution	Resolution on the ground at 100 meters	Sensor size	Pixel size	Image format
12 MP	3.5 cm / px	7.44 x 5.58 mm	1.86 um	JPEG and/or RAW

C. Sensor used - Sequoia Camera

Sequoia (Fig. 4 (a)) is the smallest and lightest multispectral drones sensor released until 2016, capable of capturing crop images through four highly defined (visible and non-visible) spectral bands in addition to the RGB band as You can see in Fig. 4 (b). These four sensors: NIR, Red_Edge, Red and Green are 1.2 MP that are added to the 16 MP RGB sensor to give us a multispectral and RGB image in a single flight. It also has a solar sensor that is automatically calibrated to obtain accurate images whatever the lighting conditions.

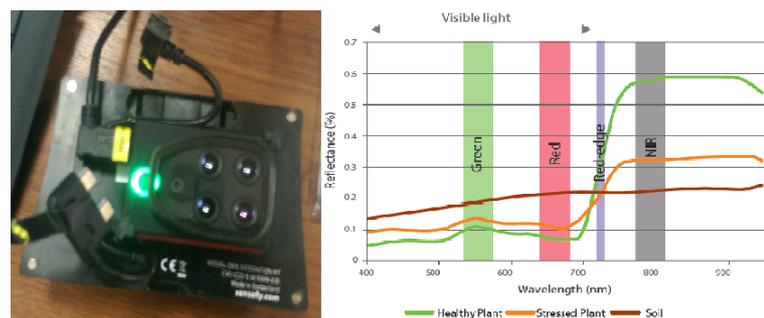


Fig. 4. a) Sequoia camera b) Bands that supports the Sequoia camera

Once the information is retrieved the project is generated and can be loaded into the Pix4D program. The result obtained from the flight performed in the experimental farm is shown in Fig. 5. The red points show the location where images were collected while the drone exploration experiment happened.



Fig. 5. Result of the flight performed on the romeral of the University of Cuenca

Likewise, Pix4D provides with a summary of the project to be processed, which indicates that the coordinate system used is the World Geodesic System 1984 (WGS84) and that 118 images were generated on the UTM 17 S area. In Fig. 6, it is expressed the complete summary of the project. As mentioned in section 3.1, the first flight used a Canon camera that returned three types of bands: Green, Red and NIR. The processed image is the one shown in Fig. 6:

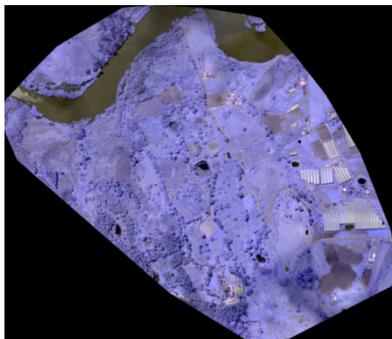


Fig. 6. Result of image processing with Canon S110 NIR camera

On the other hand, in Fig. 7 we have the result obtained when processing the images of the second flight made with the Sequoia camera.

It should be noted that this last image combines the Green, Red, Red Edge and NIR bands, allowing better analysis at a glance and later with specialized tools.



Fig. 7. Result of image processing with Sequoia camera

IV. CREATING THE PROJECT WITH ECOGNITION

Once the information is processed, the segmentation and classification of objects is performed using the application eCognition® 9 (Trimble, Sunnyvale, California, United States).

The first step is to import the processed information, which is in a TIF format file. In Fig. 8 we can see a selected selection, which with GPS survey was determined to belong to the apple plant. Also, it was decided to keep the RGB combination predetermined by the application, only changing the Equalization to Standard Deviation 3.0, which allowed having a differentiation between the apple plants and the shrubs that surrounded them.

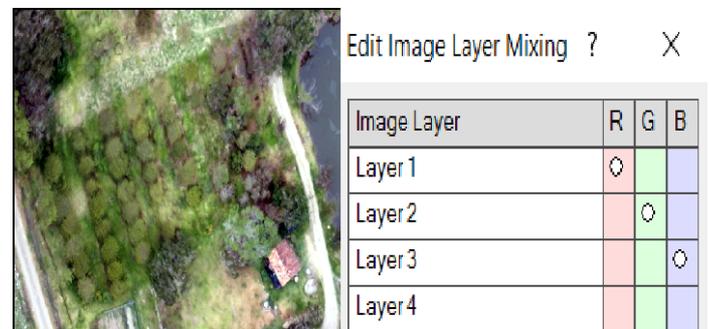


Fig. 8. Project creation eCognition

A. Multi-resolution segmentation

Among the different segmentation algorithms, it uses multi-resolution segmentation. The multi-resolution segmentation of eCognition (Fig. 9) achieves the best overall results compared to other software (Neubert and Meinel, 2003). Applying this segmentation technique allows to obtain good results for different types of data and images.

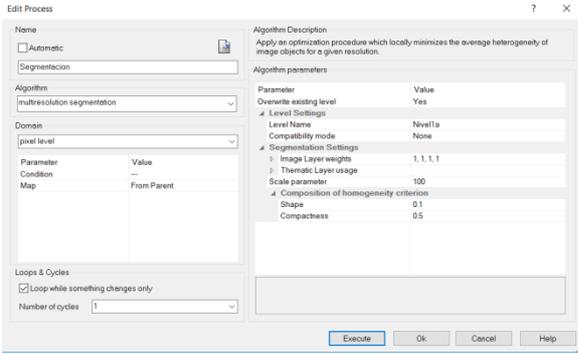


Fig. 9. Multi-resolution segmentation algorithm in the eCognition process tree

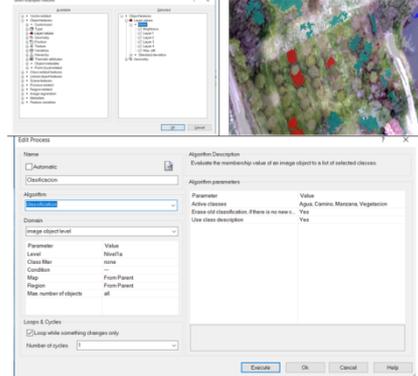


Fig. 11. OBIA Classification

After execute several tests (ten approximately), it was determined that the scale of 75 was ideal for the medium size of objects to be segmented. The rest of the parameters were kept with the default values, for example the values or composition of homogeneity criterion such as shape at 0.1 and compactness at 0.5. The result of the segmentation is shown in Fig. 10.

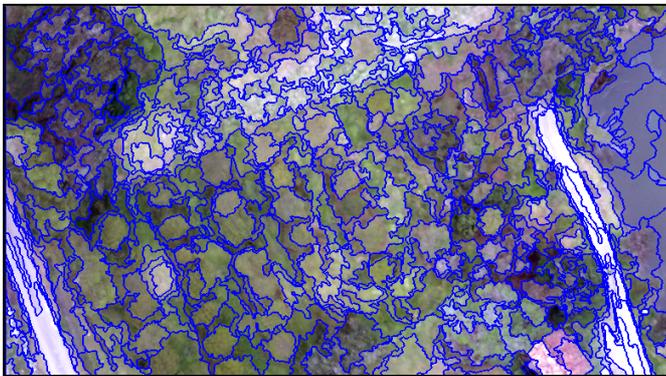


Fig. 10. Result of the segmentation process with 75 of scale, 0.1 of shape and 0.5 of compactness.

B. OBIA Classification

Once obtained the result of the segmentation process, we continue with the following OBIA procedure (Object Based Image Analysis), the classification of segmented objects. To obtain a Classification based on Objects, we start with the insertion of classes: Water, Path, Apple and Vegetation in general. Then we decided that the classification will be based on the average values of each of the 4 bands (Green, Red, Red Edge and NIR) and on the luminosity of the established segments. Now we proceed to the selection of samples for each class that will serve as the basis for the grouping. Finally we add the classification process (Fig. 11) activating the mentioned classes.

Fig. 12 shows image classification process, to grouping water segments at the upper right side which is a small lake, two roads that limit the plot of apples and covers the lower central side, the roof of a house (that was not part of the classes) in the lower right and the vegetation that grouped the rest of the green objects of the image.



Fig. 12. Result of the Classification process

C. Comparison of OBIA Classification with different bands

In the previous section, the best result of an OBIA segmentation and classification process was shown, however to arrive at this result we made some tests and combinations on the different bands offered by the processes obtained from the two flights. Table 4 presents a comparison of said combinations.

TABLE IV
COMPARISON OF THE SEGMENTATION AND CLASSIFICATION PROCESSES OF THE DIFFERENT BANDS.

Bands	Segmentation	Classification	Description
Green / Red			Dispersed classification of the apple to such an extent that it enters the water, applies a yellow color to the house without being in the classes. The road is well differentiated.

Red_Edge / NIR		It does not allow classification because all nuances are lost to differentiate objects.
Green / Red / Red_Edge		It is quite close to the best version, since it presents very little dispersion of the apple plant, the water and path is correctly differentiated. Difference the roof of the house although this is not in the classes.
Green / Red / NIR		Results less real than the previous version, including water shows deviations, the apple very dispersed.
Green / Red_Edge / NIR		In the apple sector there is good coverage, but the vegetation is introduced into the water. It also detects yellow parts that did not enter the selection of images.
Red / Red_Edge / NIR		Parts of road are not determined to which class it belongs and introduces vegetation into the water. Discriminate on the roof of the house. Well pronounced sector of apples but also scattered by other areas.

- Flight configuration:
 - Frontal overlap: 75%
 - Lateral overlap: 60%
 - Radio: 800 meters
 - Flight ceiling: 300 meters
 - K: 1 index
 - Number of satellites: 12
 - Pixel size: 8 cm / px
- Check weather conditions
 - Winds: normal to low
 - Weather: Sunny to cloudy
- Check the components and assembly of the drone
 - Foam on wings and body: Good condition
 - Pitot: Free obstacles
 - Earth sensor: Free obstacles
 - Helix with two bands: Fixed
 - Camera connected to Ebee: Correct
- Set an ideal time for flights in the mountainous sierra area: 11:00 - 15:00
- Generation of the project with Pix4Dmapper.
- Segmentation and classification with eCognition
 - Standard deviation: 3.0
 - Segmentation Algorithm: multiresolution with a scale of 75
 - Insertion of objects

Classification will be based on the objects average values.

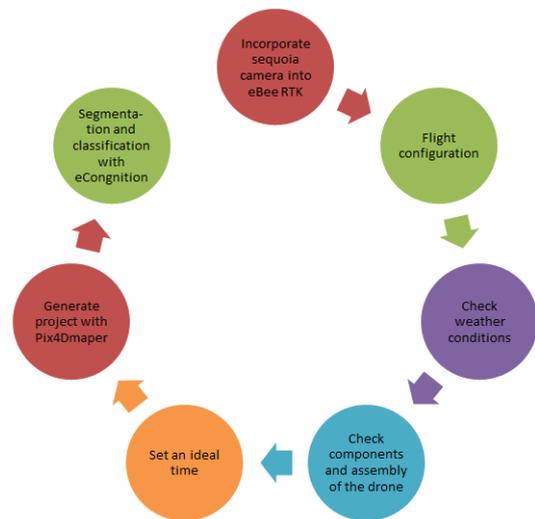


Fig. 13. Methodology for crop classification

D. Methodology for the classification of crops

After the research and tests carried out in the previous sections, the methodology proposed in this project (Fig. 13) consists of the following steps:

- Incorporate the five-band Sequoia camera into the eBee RTK drone.

V. CONCLUSION

Using NIR camera with three bands implies size of the segments decreases; this is a disadvantage when making classification because it can generate mistakes about segregating classes. So, use five-band Sequoia camera allowed obtaining segmentation with a superior granularity that led to better defined and discerned classes.

There is a great difference between analyzing urban and nature images. Objects such as streets, houses, parks are more distinguishable than if it compares with field objects such as crops, plants or trees, because green color predominates in this type of elements. For this reason, eCognition segmentation algorithms were influenced by this similarity resulting in the diversification of classes over other areas.

Among the classes used in the segmentation phase, water and road had better defined and smaller quantity segments and compared with other segments. Water and road resulted in an almost perfect classification also influenced by the proximity of their polygons. On the other hand, vegetation and apple cultivation segments obtained less realistic results with overlapping in other areas.

Another aspect that affects the images classification is the number of classes used. For improving algorithm result in differentiation, it could be increasing the classes number. In field is more complicated to determine which group some vegetation belong.

A drone has become a practical device, easy to use and its price increasingly affordable for research, education and entertainment. The UAV used in this project was very useful since its characteristics allowed dozens shots in a prudential time. The disadvantage was presented when trying to analyze premature phenological stage crops because prevented the software used to determine their location or prediction.

From the results, it can be concluded that the agricultural field can take advantage from the use of drones and UAV. The image obtained from a drone and classify it among a number of categories of crops can be used in more research field. The farmer will have in his hands a useful tool capable of identifying with an almost exact approximation crops regardless of the type or characteristics of the same.

REFERENCES

- [1] Agritotal Homepage, <http://www.agritotal.com/nota/america-latina-tiene-condiciones-para-garantizar-la-seguridad-alimentaria/>, last accessed (February, 2016)
- [2] HEMAV Homepage, <https://hemav.com/agricultura-de-precision-teledeteccion-satelital-vs-teledeteccion-con-drones/> (April, 2018)
- [3] iRiego Homepage, <https://miriego-blog.com/2013/10/09/la-informatica-en-el-campo/>, last accessed (April, 2018)
- [4] Parry, M. L., (2007) Climate change-impacts, adaptation and vulnerability: Working group II contribution to the fourth assessment report of the IPCC (Vol. 4).



Sarmiento A. was born in Guayaquil Ecuador, in 1983. He received the degree in system engineering from the University of Cuenca, Ecuador, in 2007 and the degree in Master in Information Technology from University of Palermo, Buenos Aires, Argentina in 2019. He received Certificate on Way to Excellence in Project Management from

Catholic University of Chile in 2019. From 2008 to 2012, he was a Research Developer with Research, Development and Innovation Center. From 2014 to the present he is Developer with Financial Cooperative JEP.



Taboada G. was born in Buenos Aires Argentina. He received the degree in systems from University of CAECE Argentina. He is professor at the University of Palermo and University of CAECE Argentina. Software engineering consultant for more than 25 years. Architect with the development life cycle and selection and implementation of tools to support software development. Certified auditor in ISO 9001: 2015 and 27001: 2013.



Morocho V. PhD by Polytechnic University of Catalonia 2004, belongs to the Research Department of the University of Cuenca (DIUC) where she plays the role of Principal Researcher. He was founder and director of the Research, Development and Innovation Center of Engineering Faculty from 2007 to 2011. He was assessor of Industry Ministry 2008. He was Executive

Director of the National Academic Network CEDIA between 2009 and 2013. He is a specialist in Spatial Data Infrastructure (IDE), he has been project director related to this field since 2008, with national and international funding, among which is highlighted: The Spanish Agency for International Cooperation for Development (AECID) (2008-2012). He was the Coordinator of the South American IDE LATINO Working Group, which is sponsored by RedCLARA, CEDIA and the University of Cuenca, and WorldWide LifeFund (WWF) 2015-2017 among others. General Secretary of the Working Group on SDI 2014-2018 sponsored by CEDIA among others.

Conmutación Óptica de Ráfagas (OBS, Optical Burst Switching), Perspectivas Actuales y Futuras

Optical Burst Switching (OBS), Current and Future Perspectives

Antonio Venegas, María Soledad Jiménez, y Paola Venegas

Resumen— En este artículo se realiza un recorrido de la evolución del networking óptico con énfasis en la tecnología de conmutación óptica de ráfagas (Optical Burst Switching, OBS), que actualmente se encuentra en estado de desarrollo e investigación, y sus perspectivas actuales y futuras que apuntan a visualizar este paradigma como una solución prometedora para el Internet óptico de nueva generación, que podría ser adoptada para el transporte de información en el nivel de core y dentro de los centros de datos, con el fin de minimizar el procesamiento electrónico para superar el cuello de botella de los enrutadores actuales, en comparación con las altas velocidades de transmisión alcanzadas en el nivel óptico, y a su vez enrutar y conmutar grandes volúmenes de información ensamblados en ráfagas en el dominio completamente óptico.

Palabras clave— Conmutación óptica de ráfagas, pérdida de ráfagas, tecnologías habilitantes, demostradores, amenazas de seguridad, centros de datos, redes definidas por software.

Abstract— This paper intends to take a tour of the evolution of optical networking with emphasis on the Optical Burst Switching (OBS) technology, which is currently in a state of development and research, and its current and future perspectives, that aim to visualize this paradigm as a promising solution for the new generation Optical Internet, which could be adopted for the transport of information at the core level and within the data centers, in order to minimize electronic processing to overcome the bottleneck of current routers compared to the high transmission speeds achieved at the optical level, and in turn routed and switched large volumes of information assembled in bursts in the fully optical domain.

Index Terms— Optical Burst Switching (OBS), Burst Loss Probability (BLP), enabling technologies, testbeds, security threats, datacenters, Software Defined Networks (SDN).

Article history:

Received 01 July 2019

Accepted 03 September 2019

A. Venegas estuvo en la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Av. 12 de Octubre 1076, Vicente Ramón Roca, Quito, Ecuador. Actualmente está prestando sus servicios profesionales en el sector privado (e-mail: toni.venegas78@gmail.com).

I. INTRODUCCIÓN

PARA el desarrollo de este trabajo se utilizó el método deductivo, partiendo de una perspectiva general en cuanto al crecimiento en la demanda del tráfico de Internet que cursa a través de las redes actuales y sus principales tecnologías, enmarcadas dentro de la evolución del networking óptico, para luego ampliar el estudio con un enfoque particular sobre la tecnología OBS y sus perspectivas actuales y futuras. Para este propósito se empleó información obtenida de distintos documentos digitales como libros, tesis y artículos publicados en la literatura científica sobre este tema de gran relevancia en los últimos años, seleccionados de repositorios y hemerotecas digitales de ámbito científico como Scopus, Springer, IEEE, etc., así como también de exposiciones en congresos internacionales y disertaciones de grado, con el fin de garantizar su confiabilidad y validez.

El entorno dinámico en el cual el tráfico de datos es el principal protagonista, ha conducido a una demanda continuamente creciente de mayor ancho de banda, que ha experimentado una evolución exponencial en los últimos años, debido principalmente a la proliferación del acceso a Internet, que seguramente se intensificará con el advenimiento del Internet de las cosas (Internet of Things, IoT), y a la adopción cada vez mayor de aplicaciones intensivas en banda ancha como transferencias de archivos de gran tamaño, streaming de audio/video, juegos multi-participante en línea, grid computing, cloud computing, distribución de contenidos, y muchas otras aplicaciones multimedia con exigencias en tiempo real, que precisan mayores capacidades y tasas de transmisión en el backbone de la red para poder satisfacer los requerimientos actuales y futuros, donde las crecientes demandas de usuarios residenciales (100's de Mbps con movimiento hacia Gbps) y empresariales (10 Gbps), las necesidades actuales de usuarios científicos (10-40 Gbps), así como también posibles servicios imaginativos (p.ej. multimedia con experiencias en 3D

M. Jiménez está en el Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara E11-25, 170525 Quito, Ecuador (e-mail: maria.jimenez@epn.edu.ec).

P. Venegas estuvo en la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Av. 12 de Octubre 1076, Vicente Ramón Roca, Quito, Ecuador. Actualmente está prestando sus servicios profesionales en el sector privado (e-mail: paola.venegas.187@gmail.com).

interactivas y virtuales combinados con formatos de alta definición y realidad aumentada) que se podrían visualizar en el futuro, siguen impulsando el desarrollo de nuevas tecnologías para las redes ópticas del futuro [1] [2].

Ante esta realidad, la tecnología óptica y en concreto los conmutadores ópticos son una alternativa mucho más eficiente para conmutar altas tasas de bits e interconectar subsistemas más distantes a altas velocidades de transmisión, considerándose como base para las redes de transporte que se encuentran en su etapa de evolución hacia las denominadas redes todo ópticas, dando lugar a la aparición de técnicas de conmutación óptica como: OCS (Optical Circuit Switching), OPS (Optical Packet Switching) y OBS que se encuentran dentro del segundo y tercer nivel de la escala evolutiva del networking óptico, como se ilustra en la Fig. 1. En esta figura se evidencia el avance progresivo desde redes de primera generación estáticas con enlaces punto a punto y conversiones O/E/O costosas, a redes OCS actuales de segunda generación interconectadas en anillo o malla con soporte orientado a la conexión y capacidades de enrutamiento y conmutación en el dominio óptico con elementos reconfigurables como ROADM (Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer) con conmutadores ópticos WSS (Wavelength Selective Switch) y tecnología OTN (Optical Transport Network), que emplean un plano de control basado en ASON (Automatically Switched Optical Networks) o GMPLS (Generalized Multiprotocol Label Switching) o SDN (Software Defined Network), hasta redes de tercera generación que se visualizan como redes con soporte de networking óptico no orientado a la conexión (OPS/OBS) con enrutadores de alta velocidad en los nodos de ingreso, y en el core una malla de fibras con múltiples longitudes de onda mediante elementos reconfigurables interconectados de alta capacidad; siendo evidente una reducción en cuanto a la granularidad del tráfico requerido [2].

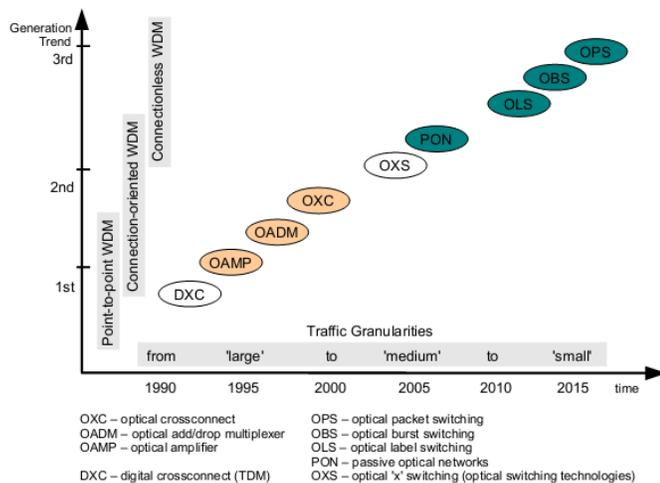


Fig. 1. Evolución del networking óptico [1]

A. Desarrollos recientes y desafíos técnicos en sistemas de transmisión de alta capacidad

La evolución de las redes a sistemas de alta capacidad, implementados sobre la misma infraestructura de red existente, que hoy en día pueden operar con canales ópticos a tasas superiores a 100 Gbps, cada uno, se dio gracias al avance significativo relacionado con los formatos de modulación avanzados y esquemas de detección coherente, que permiten un elevado rendimiento y transmisión óptica con alta eficiencia espectral. Los sistemas de transmisión DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) convencionales se basan principalmente en canales de 10 Gbps con modulación OOK (On Off Keying) sobre una grilla de canales de 50 GHz con una eficiencia espectral de 0.2 b/s/Hz. Sin embargo, en la transmisión de velocidades superiores a 10 Gbps, los efectos de distorsión de la fibra óptica como la dispersión cromática (Chromatic Dispersion, CD), la dispersión por modo de polarización (Polarization Mode Dispersion, PMD), el ruido y otros efectos no lineales se vuelven más severos, impactando fuertemente en el desempeño de la transmisión y afectando drásticamente la calidad de la señal. Por lo cual, la mejora en cuanto a la capacidad y escalabilidad de los sistemas actuales requiere que canales ópticos de 40 Gbps y 100 Gbps, sean transportados sobre la misma infraestructura de red existente, siendo necesario abordar varios desafíos técnicos como: 1) el ancho de banda espectral óptico debe ser similar al de 10 Gbps OOK; 2) la distancia de transmisión debe ser de preferencia comparable a la de los canales de 10 Gbps. Esto implica la necesidad de formatos avanzados de modulación espectralmente más eficientes, basados en portadora única como PM-QPSK (Polarization Multiplexed Quadrature Phase Shift Keying) o en multi-portadora como OFDM (Ortogonal Frequency Division Multiplexing), y esquemas de detección coherente (p. ej. CO-OFDM), para que las tolerancias de la señal al ruido ASE (Amplified Spontaneous Emission), CD, PMD, y no linealidad de la fibra no se vean comprometidas con el incremento de la velocidad de datos por canal [3]. En contraste con la tecnología existente de detección directa, un sistema de detección coherente tiene muchas ventajas entre las cuales se pueden mencionar las siguientes [4]:

- Incremento de la sensibilidad del receptor de 15 a 20 dB.
- Compatibilidad con formatos de modulación como DPSK (Differential Phase Shift Keying) o DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying).
- Detección simultánea de la amplitud, fase y polarización de la señal óptica que permite aumentar la tolerancia a las deficiencias de la red e incrementar la capacidad de detección y la eficiencia espectral con el fin de transmitir mayor información con el mismo ancho de banda óptico, mejorando así el rendimiento del sistema.
- Mejor rechazo a la interferencia de canales adyacentes en sistemas DWDM, permitiendo que más canales sean transportados dentro de la banda de transmisión.

Por otro lado, el interés de la comunidad científica y de la industria, se está centrando cada vez más en el desarrollo de tecnologías emergentes como: 1) administración y control centralizado de redes ópticas bajo una arquitectura de red definida por software, SDN, basada principalmente en OpenFlow para proveer redes reprogramables con mayor flexibilidad, dinamicidad, autonomía, rápido aprovisionamiento y restauración de servicios; 2) el concepto de espectro de grilla flexible (flex-grid), que dio lugar a las denominadas redes ópticas elásticas [5] para superar las limitaciones de usar una grilla fija con separación entre canales de 50 GHz para tasas superiores a 400 Gbps; siendo necesario el uso de transmisión multi-portadora y esquemas de modulación adaptativos (p.ej. de acuerdo a las características del enlace) combinado con asignaciones flexibles y eficientes del espectro, para la transmisión de información basada en sus requerimientos de uso, aprovechando así el espectro óptico de una manera más eficiente, y reduciendo al mismo tiempo el costo de energía por bit transmitido. En estas redes el procesamiento digital de señales y los transpondedores flexibles desempeñarán un papel fundamental [5]. Finalmente, la introducción de fibras multi-núcleo junto con tecnologías de redes elásticas y de multiplexación por división de espacio (Space Division Multiplexing, SDM) se podrían visualizar en el largo plazo para enfrentar los retos del futuro.

Los sistemas comerciales actuales se soportan principalmente en la tecnología OTN que emplea esquemas de modulación avanzados y detección coherente, con planos de control basados en ASON o GMPLS y que permiten transportar canales ópticos de 10/40/100/200 Gbps y más recientemente 400 Gbps, con una tendencia cada vez mayor hacia arquitecturas basadas en SDN. Aunque estos grandes avances han conducido a redes de transporte de alta capacidad más inteligentes y flexibles, todavía utilizan la técnica de conmutación OCS que no ofrece una granularidad en escalas de sub-longitud de onda y por tanto que no es adecuada para el tráfico de datos dominante en las redes actuales, además que carece de multiplexación estadística, lo que se traduce en una subutilización del ancho de banda disponible, por lo cual se hace evidente la introducción de cambios tecnológicos que permitan proveer una plataforma de red multi-servicios que permita la adaptación de distintos formatos de datos, el soporte de altas tasas de transmisión, y una provisión flexible de anchos de banda, que se consideran factores clave para el Internet de próxima generación. En este sentido, es importante dar un paso adelante en favor de nuevas tecnologías de conmutación, como es el caso de OBS, visualizada como una solución prometedora para el Internet óptico de nueva generación, que podría ser adoptada en el core de la red y dentro de los centros de datos, con el fin de minimizar el procesamiento electrónico superando así el cuello de botella de los enrutadores actuales, y a su vez enrutar y conmutar a nivel completamente óptico grandes volúmenes de información ensamblados en ráfagas, cuya evaluación en términos de desempeño y adaptabilidad en cuanto al tráfico con naturaleza a ráfagas que se experimenta en el Internet, ha mostrado resultados interesantes en los distintos estudios y pruebas realizadas, que se resumen en el siguiente apartado en la sección de Testbeds, así como también ciertas

restricciones especialmente en cuanto al tema de contenciones, debido a la limitación del buffering óptico propio de la inmadurez de la tecnología fotónica actual.

II. CONMUTACIÓN ÓPTICA DE RÁFAGAS (PERSPECTIVAS ACTUALES)

La conmutación óptica de ráfagas [6] [7] es una de las tecnologías más prometedoras para transmitir el tráfico a ráfagas sobre una infraestructura completamente óptica, que surge como una alternativa a una propuesta de OCS poco flexible y a una solución OPS tecnológicamente inmadura todavía. La tecnología OBS que se soporta en los avances de varios elementos clave de la red, incluyendo conmutadores totalmente ópticos, receptores en modo de ráfaga óptica y convertidores de longitudes de onda [8], ha recibido considerable atención en los últimos años, y sobre su base se han propuesto y analizado diferentes soluciones en un intento de mejorar su rendimiento, incluyendo técnicas de ensamblado de ráfagas, esquemas de planificación de canal, métodos de resolución de contenciones y provisión de QoS.

Aunque aún se encuentra en estado de desarrollo, es decir que no ha sido estandarizada todavía, OBS está siendo considerada actualmente como una de las arquitecturas todo ópticas más prometedoras para el Internet óptico de nueva generación [9]. Entre otras razones, el éxito de OBS se debe principalmente a dos características fundamentales: 1) se basa en esquemas de señalización de una vía para reducir el retardo asociado con el tiempo de ida y vuelta; y 2) utiliza un pequeño encabezado de control para transportar una gran cantidad de datos de carga útil [1].

A. Arquitectura de la red OBS

Una red OBS está compuesta de nodos de conmutación óptica de ráfagas interconectados mediante enlaces de fibra óptica, que soportan múltiples canales de longitud de onda utilizando DWDM. Los nodos en una red OBS se pueden clasificar en nodos de edge (de ingreso o egreso) y nodos de core [10].

Los nodos de edge conocidos también como enrutadores de borde, tal y como su nombre lo indica, se encuentran en el límite de la red OBS, y actúan como interfaz para proporcionar las funcionalidades necesarias para la interoperación entre el mundo externo (redes de clientes) y la red OBS. Por otro lado, los nodos de core referidos también como enrutadores centrales o nodos intermedios, componen el core interno de la red OBS. El nodo de ingreso es responsable principalmente de ensamblar los paquetes provenientes del mundo exterior en bloques de mayor tamaño denominados ráfagas, y planificarlas para su envío a través de canales ópticos de salida. Antes de transmitir una ráfaga, el nodo de ingreso genera un paquete de control (Burst Header Packet, BHP), que contiene la información necesaria para la reserva de recursos a lo largo de la red para la transmisión de la ráfaga, la cual se envía un tiempo después, denominado offset, de su correspondiente paquete de control.

Por otro lado, el nodo de core se encarga principalmente de conmutar las ráfagas que llegan a un puerto de entrada hacia un puerto de salida, en base a la información proporcionada por los paquetes de control y de controlar las contenciones de ráfagas

que se transmiten en el dominio completamente óptico a lo largo del core de la red, sin ningún tipo de almacenamiento en los nodos intermedios. Finalmente, el nodo de egreso se encarga de recibir las ráfagas de datos y desensamblarlas en sus paquetes originales, para posteriormente reenviarlos hacia las redes cliente de destino.

La arquitectura genérica del enrutador de edge consta básicamente de un módulo de enrutamiento (Routing Module, RM), un ensamblador de ráfagas y un planificador, que cumplen distintas funciones como pre-clasificación de paquetes, almacenamiento de paquetes en buffers electrónicos, ensamblado de paquetes en ráfagas, y desensamblado de ráfagas. Por otra parte, la arquitectura genérica del enrutador de core se compone de una Unidad de Control de Conmutación (Switch Control Unit, SCU) y un conmutador óptico (Optical Cross Connect, OXC). La SCU crea y mantiene una tabla de reenvío y es responsable de la configuración del OXC. Cuando la SCU recibe un paquete de control, consulta los procesadores de enrutamiento y señalización para identificar el puerto de salida en base al destino. Si el puerto de salida está disponible cuando llega la ráfaga de datos, el OXC se configura de manera que permita el paso de dicha ráfaga; por el contrario, si el puerto no está disponible, el OXC se configura en función de la política de resolución de contenciones implementada. Adicionalmente, la SCU tiene otras responsabilidades importantes que incluyen el procesamiento de la cabecera, planificación de ráfagas, detección y resolución de contenciones, reescritura de la cabecera, y control de los convertidores de longitudes de onda [8].

B. Tecnologías habilitantes para OBS

1) Tecnología de conmutación óptica y láseres sintonizables ultra-rápidos

En la Tabla I se presenta un resumen de las principales tecnologías de conmutación y láseres sintonizables (Tunable Lasers, TL) utilizados en OBS. En el primer caso se pueden distinguir dos clases de conmutadores a la hora de considerar su tecnología de fabricación base: 1) de espacio libre, como (p.ej. MEMS Micro Electrical Mechanical Systems); y 2) guía de onda, como (p. ej. MZI Mach-Zehnder Interferometer, MMR Micro-ring Resonator), electro-ópticos PLZT (Lead Zirconate Titane)¹, electro-absorción (Electro-Absorption Modulator, EAM), combinaciones basadas en láseres sintonizables y conversores de longitud de onda, cada uno en conjunto con el enrutador de arreglo de rejillas de guías de onda (Arrayed Waveguide Grating Router, AWG) para formar el equivalente de una funcionalidad de conmutación espacial, donde el camino a través del AWG se determina por la longitud de onda en su puerto de entrada, siendo los basados en SOA (Semiconductor Optical Amplifier) y en PLZT, los que han sido utilizados en los prototipos y testbeds desarrollados más recientemente. En el segundo caso se pueden destacar principalmente los láseres que se basan en la selección entre múltiples cavidades (p.ej. MFL, Multi-Frequency Laser), y otros en sintonizar elementos de una cavidad, como los grating o resonadores de anillo, (p.ej. SG-DBR, Sampled Grating Distributed Bragg Reflector). Además, se pueden mencionar los láseres VCL (Vertical-Cavity Laser) con una sección de sintonización pasiva, basados en el efecto plasma de portadores libres (absorción de fotones por parte de los portadores libres) en combinación con el desplazamiento del espectro de ganancia inducido por la temperatura.

TABLA I
TECNOLOGÍAS DE CONMUTACIÓN ÓPTICA Y LÁSER SINTONIZABLES PARA OPS/OBS [11]

Tecnología	Tiempo de conmutación/sintonización	Características	Escalabilidad	Aplicación
MEMS 2D/3D	~50 μ s / ~10 ms	Alta transparencia, pérdida razonable/baja	50x50/ 320x320	OBS
Mach-Zehnder/MMR (termo-óptico)	~10 ³ μ s	Alta transparencia, alta pérdida/ pérdida razonable	32x32/ 8x8	OBS
PLZT MZI	~10 ns	Alta transparencia, alta pérdida	8x8	OPS, OBS
LiNbO3 MZI	~1 ns	Transparencia razonable, alta pérdida	32x32	OPS, OBS
TWC + AWGR	~10 ³ s ns	Baja transparencia, pérdida razonable	10 ³ s × 10 ³ s	OPS, OBS
TL + AWGR	~10 ³ s ns	Alta transparencia, baja pérdida	100 ³ × 100 ³ s	OPS, OBS
EAM Broadcast & Select (B&S)	~1 ns	Alta Transparencia, alta pérdida	8x8	OPS, OBS
SOA B&S/ multi-etapa	~1 ns / < 10 ns	Alta transparencia, pérdida razonable	64x64/ 16x16	OPS, OBS
Semiconductor Optical Phase Array ^a	~20 ns	Alta transparencia, pérdida razonable	64x64	OPS, OBS
MFL	< 1 ns	32-56 canales 100 GHz		
SG-DBR	45 ns 5 ns	32 canales 100 GHz		
VCL	~1-11 ns	16-32 canales 100 GHz		

^a Tecnología basada en dos fenómenos físicos. El primero es el patrón de interferencia de una rejilla óptica, que se forma de franjas claras y oscuras a cierta distancia de la rejilla cuando se ilumina con luz coherente (p.ej. láser); y el segundo es el fenómeno basado en el efecto electro-óptico.

¹ Material ferroeléctrico transparente que presenta varios efectos electro-ópticos no lineales como birrefringencia/dispersión de la luz variable, siendo

uno de los más utilizados para la conmutación óptica debido a su facilidad de fabricación y costo [12] [13].

2) Receptores en modo ráfaga

Los receptores tradicionales utilizados en los sistemas de transmisión óptica no son adecuados para la conmutación óptica de ráfagas, porque consideran que las componentes de fase y potencia de la señal entrante se mantienen constantes, y que dicha señal está siempre presente, lo cual no ocurre en una red OBS puesto que la fase y potencia de las ráfagas que llegan a un determinado receptor pueden presentar variaciones debido a que arriban de distintas fuentes y pueden haber atravesado diferentes rutas a través de la red; además que la señal está presente únicamente durante el período de duración de una ráfaga, por lo que es necesario emplear receptores en modo ráfaga para adaptarse a estas condiciones. Otra característica de estos dispositivos es su alta velocidad de adquisición de reloj, que ha sido probada en escenarios de laboratorio con receptores capaces de recuperar el sincronismo de una señal entrante de 10-25 Gbps con separación de 100 GHz (y 50 GHz) en decenas de ns (y μ s) [14] [15] [16].

3) Convertidores de longitud de onda

En redes de conmutación óptica de ráfagas que utilizan WDM, es deseable disponer de capacidades de conversión de longitud de onda en cada nodo para reducir la contención. Existen algunos métodos que se han desarrollado para realizar la conversión de longitud de onda, entre los cuales se pueden mencionar: conversión O/E/O, modulación de fase cruzada (Cross-Phase Modulation, XPM) y mezcla de cuatro ondas (Four Wave Mixing, FWM); estas últimas emplean los efectos no lineales que se producen en la fibra debido a la dependencia del índice de refracción con la intensidad de la luz [8].

4) Inconvenientes de la capa física

Para el diseño de una red óptica de alta capacidad, se deben tomar en cuenta una serie de restricciones propias de la capa física que incluyen atenuación, dispersión y no linealidades de la fibra óptica, que pueden conducir a limitaciones en una fibra óptica monomodo utilizada en sistemas de transmisión basados en DWDM, que incluyen a las redes OBS. Debido a que el efecto de la dispersión cromática es directamente proporcional al cuadrado de la tasa de transmisión, y a que la ráfaga de datos utiliza un canal de mayor capacidad como portadora óptica con relación al paquete de control, la carga útil de la ráfaga transmitida tiene mayor posibilidad de que se degrade e interfiera con el paquete de control. De igual manera, la distorsión causada por la dispersión por modo de polarización que afecta a tasas de transmisión mayores, podría causar aparte de la interferencia entre símbolos, problemas de sincronización en las redes OBS, donde la cabecera de la ráfaga se envía normalmente en una longitud de onda diferente de la que se utiliza para la ráfaga de datos. Cada una de estas longitudes de onda experimentará distintos grados de dispersión, causando que la cabecera y la ráfaga tiendan a separarse o acercarse más en el dominio del tiempo; lo cual se podría mitigar si se conocen las distancias físicas de cada enlace y el perfil de dispersión de

la fibra, ajustando apropiadamente el tiempo de offset en el nodo de origen [8].

Por otro lado, el efecto conocido como wavelength skew², correspondiente a la desviación en el tiempo de llegada de los canales ópticos, que puede afectar también este tipo de sistemas, específicamente alterando el tiempo de offset entre la ráfaga de datos y el paquete de control. En este sentido en la presentación realizada por [17] se mencionan como alternativas, un esquema de compensación de dispersión sintonizable para contrarrestar dichos efectos, así como también el monitoreo dinámico de sistemas OBS incluyendo parámetros de potencia, longitud de onda, OSNR y distorsión (CD, PMD y no linealidades) en un amplio rango de longitudes de onda para las ráfagas de datos y paquetes de control, a fin de: 1) soportar nodos de ensamblado libres de error combinados con compensadores sintonizables; 2) mantener el tiempo de offset; 3) localizar y medir la distorsión de la ráfaga de datos y paquetes de control; y 4) aislar diferentes efectos de degradación. Para separar los efectos de CD de PMD se puede utilizar el filtrado óptico de banda lateral vestigial (Vestigial Sideband Optical Filtering), puesto que el retardo de tiempo entre las dos señales VSB (inferior y superior) es función de CD, y los bits se pueden recuperar de cualquiera de los dos lados del espectro. Por otro lado, y con relación a las técnicas de monitoreo de PMD, se pueden mencionar: 1) la medición de apertura de ojo, que se puede integrar con la equalización electrónica, pero requiere dispositivos de alta velocidad (demostrado para una señal RZ de 160 Gbps) y es afectada por otras fuentes de distorsión; 2) análisis del espectro, que se caracteriza por su simplicidad, pero es afectada también por otras fuentes de distorsión, y los rangos de sensibilidad y retardo diferencial de grupo (DGD, Differential Group Delay) dependen de la frecuencia monitoreada; y 3) la medición del grado de polarización, que no requiere de electrónica de alta velocidad, es independiente de la tasa de transmisión, depende sólo del PMD y no es afectada por otras fuentes de distorsión, aunque es dependiente del ancho del pulso [17]. Adicionalmente, se pueden también mencionar en este punto, los esquemas de detección coherente expuestos en el apartado anterior, como alternativas para mitigar los efectos de la dispersión que podrían impactar el desempeño de las redes OBS.

C. Ensamblado de ráfagas

El ensamblado de ráfagas es el proceso mediante el cual un nodo de ingreso agrupa una determinada cantidad de paquetes provenientes de las capas superiores, en unidades de mayor tamaño denominadas ráfagas (algunas decenas o centenas de kilobytes), en función de una política de ensamblado predefinida y las envía hacia el core de la red OBS en el dominio completamente óptico. A medida que los paquetes arriban a la interfaz de un nodo de ingreso, éstos son pre-clasificados y almacenados temporalmente en buffers electrónicos, en función de tráfico con características similares

² El término skew se aplica en sistemas de transmisión en paralelo, y está relacionado con la desviación en el tiempo de llegada de las señales de transmisión, en este caso las longitudes de onda, la debido al retardo de grupo.

relacionadas principalmente con su destino y clase de servicio, esta última utilizada opcionalmente para la provisión de QoS (Quality Of Service). Por otro lado, cuando las ráfagas llegan al nodo egreso de destino son desensambladas en sus paquetes originales para ser enviadas posteriormente hacia las redes cliente de destino.

Las políticas de ensamblado se definen en función de al menos uno de los siguientes criterios basados en umbral: vencimiento de un temporizador, tamaño máximo de ráfaga o una combinación de ambos, que definen la creación y envío de una ráfaga de datos, así como su característica de llegada al core de la red OBS. Los parámetros involucrados en estas políticas, incluyen un tiempo de umbral T , una longitud mínima de ráfaga B_{min} , y una longitud máxima de ráfaga B . B_{min} se puede calcular en base al tiempo de procesamiento del BHP en cada nodo y a la relación entre los canales de control y el número de canales de datos en la fibra [8]. Por otro lado, los umbrales T y B se pueden establecer de forma predefinida o dinámica, dando lugar a los algoritmos de ensamblado basados en tiempo, longitud de ráfaga, mixtos o híbridos y dinámicos, entre los que se pueden mencionar los algoritmos con capacidades de QoS y de predicción de tráfico, como BASTP (Burst Size and Assembly Time Prediction), ATH-FMTL (Adaptive-Threshold with Fixed Maximum Time Limitation), ACCS (Adaptive Classified Cloning and Aggregation Scheme), que en su mayoría se enfocan en reducir el retardo extremo a extremo, que constituye un aspecto importante a considerar para las aplicaciones sensibles a este parámetro [18].

D. Señalización

Para que una ráfaga de datos pueda atravesar los diferentes nodos de una red OBS, es necesario implementar un esquema de señalización que permita asignar los recursos en cada uno de los nodos (puerto y longitud de onda) y pre-configurar los OXC de manera que toda la red esté preparada para permitir el paso de la ráfaga de datos, esto debido a la naturaleza sin almacenamiento propia de esta tecnología; lo cual se consigue normalmente enviando el BHP fuera de banda, es decir, por un canal óptico diferente del que se emplea para la ráfaga de datos, la cual se transmite un tiempo de offset después de su correspondiente BHP. Dicha separación, permite a este tipo de redes transportar grandes capacidades de información en el dominio completamente óptico con un reducido procesamiento electrónico. En general, un esquema de señalización se puede clasificar de acuerdo a las siguientes características [8]:

- Dirección en una sola vía, en dos vías o híbrida.
- Iniciación por origen, por destino o por nodo intermedio.
- Recurso persistente o no persistente.
- Reservación de recursos inmediata o retardada.
- Liberación de recursos explícita o implícita.
- Control centralizado o distribuido.

Los esquemas de señalización más populares para redes OBS son JIT (Just-In-Time) y JET (Just-Enough-Time). JIT se basa en un esquema de reserva inmediata y liberación explícita (podría también ser implícita), donde cada nodo OBS configura

su OXC para la ráfaga entrante a partir de la recepción de su correspondiente BHP, conduciendo a una reserva anticipada del canal antes de la llegada de la ráfaga de datos y por ende a una asignación ineficiente de los recursos. Por el contrario, JET emplea métodos de reserva retardada y liberación implícita, donde cada nodo OBS configura su OXC justo antes de la llegada de la ráfaga de datos y libera los recursos automáticamente al finalizar la duración de la misma, permitiendo así una asignación más eficiente del canal y por ende una menor probabilidad de bloqueo, así como también una disminución de la latencia; siendo el protocolo más adecuado para el tipo de redes de OBS, con algunas variantes mejoradas implementadas posteriormente, como S-JET (Slotted JET), QoS-enhanced JET, pudiendo incluso, con ciertas modificaciones, ser utilizado en entornos avanzados basados en grid computing [11] [19] [20].

E. Planificación de canal

En una red OBS, las ráfagas de datos generalmente pueden tener diferentes tamaños y tiempos de offset, pudiendo arribar no en el mismo orden que sus paquetes de control, lo cual conduce a pensar en una fragmentación del ancho de banda en espacio y tiempo, donde los canales ópticos a través de los cuales se transmite la información, incluyen huecos o vacíos entre ráfagas consecutivas. Es así que cuando una ráfaga llega a un nodo, se le debe asignar una longitud de onda disponible sobre un enlace de salida durante un determinado tiempo, para su transmisión a lo largo del dominio OBS. El objetivo fundamental de la planificación es minimizar los vacíos en cada programación de canal, es así que un algoritmo de planificación eficiente, debería ser capaz de ajustar un período de reserva nuevo en un intervalo vacío existente siempre que sea posible, a fin de incrementar la utilización del ancho de banda y reducir la tasa de pérdida de datos [21].

La planificación de los canales en redes OBS difiere de la planificación tradicional de paquetes IP, ya que en este caso los enrutadores cuentan con buffers electrónicos que permiten almacenar temporalmente los paquetes entrantes y planificarlos adecuadamente en función de su destino y opcionalmente de sus requerimientos de QoS, a través del puerto de salida correspondiente. En OBS, por el contrario, una vez que llega una ráfaga de datos a un nodo central, se la debe enviar directamente al siguiente nodo sin ningún tipo de almacenamiento electrónico. Como parte de los mecanismos de planificación de ráfagas para minimizar los huecos generados a medida que éstas se transmiten, se han definido una serie de algoritmos que se pueden dividir principalmente en dos categorías [7]: algoritmos de planificación sin relleno de huecos (p.ej. LAUC Latest Available Unscheduled Channel y algoritmos de planificación con relleno de huecos (p.ej. LAUC-VF Latest Available Unscheduled Channel with Void Filling, Min-SV (Starting Void)/EV(Ending Void), Best Fit) que difieren en cuanto a una mayor simplicidad (o complejidad) computacional, resultando en un menor (o mayor) uso de ancho de banda y una mayor (o menor) BLP (Burst Loss Probability), respectivamente. La Tabla II presenta un resumen descriptivo que compara el desempeño de algunos de ellos.

TABLA II
COMPARACIÓN DE LOS DIFERENTES ALGORITMOS DE PLANIFICACIÓN [7]

Algoritmo de Planificación	Complejidad Temporal	Información de estado	Uso de ancho de banda	Probabilidad de pérdida de ráfagas
LAUC	$O(W)$	Horizon _i	Bajo	Alta
LAUC-VF	$O(W \log M)$	S_{ij}, E_{ij}	Alto	Baja
Min-SV/EV	$O(\log M)$	S_{ij}, E_{ij}	Alto	Baja
Best Fit	$O(\log^2 M)$	S_{ij}, E_{ij}	Alto	Baja

Donde:

W = Número de longitudes de onda en cada puerto de salida.

M = Máximo número de ráfagas de datos (o reservaciones) en todos los canales.

Horizon_i = El horizonte del i-ésimo canal de datos.

S_{ij} y E_{ij} = Tiempos de inicio y fin de la j-ésima reservación en el canal i.

A diferencia de los esquemas anteriores basados en ráfagas individuales, existen también algoritmos de planificación por lotes o grupos de ráfagas, como LAW (Look-Ahead Window), planificación en grupo [8], BFCA-VF (Best Fit Channel Allocation with Void Filling), donde se trata básicamente de aprovechar el espacio entre los BHPs (Burst Header Packets) y sus correspondientes ráfagas de datos para formar ventanas de agrupación por *slots* de tiempo, donde los principales desafíos que se enfrentan son la complejidad del proceso y los problemas relacionados con la BLP, que ocurre en la formación del grupo [22]. Finalmente se pueden mencionar alternativas avanzadas con mecanismos de planificación basados en clasificación de flujos que utilizan SDN o árboles de decisión [23] [24].

F. Resolución de contenciones

La contención es la principal causa de pérdidas de ráfagas en redes OBS, y se puede presentar de forma temporal con una naturaleza aleatoria, pero únicamente cuando dos o más ráfagas provenientes de distintos puertos de entrada, están destinadas hacia el mismo canal óptico de un determinado puerto de salida simultáneamente. Por lo tanto, su resolución es un objetivo de diseño de suma importancia debido a que permite reducir la BLP, que es un parámetro crucial en el desempeño de redes OBS debido a que puede degradar las aplicaciones que utilizan este tipo de sistemas (p.ej. TCP podría ir al estado de timeout y múltiples pérdidas de ráfagas conducirían a un throughput muy bajo y a un desperdicio de recursos debido a la retransmisión de paquetes). Al respecto, y debido a que en el dominio óptico no existe aún el equivalente a la memoria RAM electrónica, utilizada en las redes tradicionales de conmutación de paquetes electrónicos para resolver las contenciones mediante el almacenamiento temporal (buffering) de paquetes, varias

investigaciones han conducido a diferentes alternativas para tratar este tema sobre redes OBS, planteando tres métodos conocidos como: deflexión (o desvío), descarte y priorización.

El primer método se puede aplicar en el dominio de: 1) longitud de onda, mediante convertidores para este fin; 2) espacio, a través del desvío por otro puerto, (enrutamiento por deflexión); o 3) tiempo, mediante el retraso durante un período de tiempo usando FDLs (Fiber Delay Line, buffering óptico). En el segundo método, la ráfaga que contiene se descarta si no se puede desviar por falta de disponibilidad de recursos (p.ej. longitud de onda, puerto de salida o FDL). El tercer método hace posible que la ráfaga entrante tenga preferencia sobre una ráfaga existente en función de una prioridad o perfil de tráfico definido. Adicionalmente, es posible utilizar una técnica conocida como segmentación que consiste en dividir la ráfaga entrante o la ráfaga existente en múltiples segmentos, y cada uno luego puede ser desviado, descartado o priorizado. Una posible implementación de este método es definir un segmento como una trama Ethernet, con el fin de utilizar su encabezado y cola para la sincronización y detección de errores, para no requerir ninguna información de control adicional [7] [8].

G. Mecanismos para la recuperación de pérdida de ráfagas

Para el caso en que la contención no se haya podido resolver de forma satisfactoria, inevitablemente se procederá a descartar una de las ráfagas, ante lo cual se tienen dos posibilidades: 1) las capas superiores se encargan de asegurar la fiabilidad de la transmisión (p.ej. el protocolo TCP retransmitiría los segmentos perdidos), con problemas de latencia y degradación de la señal debido a interpretación de falsos estados de congestión; o 2) la propia red OBS proporciona mecanismos para asegurar que los datos no se pierdan, dentro de los cuales se pueden mencionar: retransmisión, FEC (Forward Error Correction) y clonado de ráfagas. En el primer caso, luego del envío del BHP, se duplica y almacenada la ráfaga de datos en el nodo de ingreso antes de transmitirla hacia el core de la red para posibles retransmisiones, donde se utiliza un número de secuencia para identificar cada ráfaga y un mensaje de ARQ (Automatic Retransmission Request) para indicar el fallo de una solicitud de reserva. En el segundo caso se envía información redundante junto con los datos, de manera que, aunque falte una parte de la información, ésta se puede recuperar en su totalidad en el destino. En el tercer caso se replica una ráfaga y se envían copias duplicadas a través de la red de forma simultánea, por lo cual, si la ráfaga original se pierde, la ráfaga clonada tiene la posibilidad de llegar al destino [13].

TABLA III
TESTBEDS DE OBS [2] [25]

Testbed	Año	Hitos	Tecnología de conmutación
ATDnet	2003	Primer <i>testbed</i> de OBS, JIT, tasas de 2.5 Gbps	MEMS
JGN II	2004	Reserva en 2 vías, tasas de 10 Gbps, 6 nodos	MEMS, PLC ^b
NTT	2005	Señalización en 2 vías, enrutamiento por deflexión, distancia 126 km	PLC
Universidad de Tokio	2005	Primer <i>testbed</i> OBS completo, 3 nodos	PLC
BUPT	2005/2007	Implementación de JET/LAUC-VF, soporte multi-QoS, pruebas de TCP sobre OBS e interacción con GMPLS	SOA
Universidad de Essex	2007	OBS sensible a la aplicación	SOA
OITDA	2009	Reserva salto por salto, conmutador muy rápido, reconocimiento de etiqueta óptica, tasas de 10-40 Gbps con conversión de longitud de onda, distancia 92 km	PLZT
Laboratorios/ Corporación NEC de America	2013	Primera demostración de un intra-centro de datos óptico basado en OpenFlow, mediante OFDM y OBS	CAWG ^c

^bPLC (Planar Lightwave Circuit) es un circuito integrado con varios componentes ópticos para satisfacer diferentes funciones complejas, pudiendo ser fabricado en la superficie de algún material policristalino (p.ej. silicio o LiNbO₃) o una plataforma de material anisotrópico [26].

^cCAWG (Cyclic Arrayed Waveguide Grating), denominado también enrutador AWG o intercalador cíclico, es un multiplexor/demultiplexor óptico pasivo que enruta diferentes longitudes de onda desde N puertos de entrada distintos hacia N puertos de salida diferentes de manera cíclica [27].

TABLA IV
STARTUPS Y SUS SOLUCIONES DE OBS [2]

Empresa	Hitos	Solución comercial
Startup Americana <i>Matisse Networks</i>	Pionera en apostar por OBS (2003-2009), enfoque en entornos metropolitanos, tasas de 10- 640 Gbps. Cerró sus operaciones en el año 2009 al no poder conseguir más fondos.	" <i>EtherBurst</i> " con topología anillada, tamaño de ráfagas constante con tecnología sincrónica (<i>slots</i> de tiempo fijos), planificación centralizada, y TL para 10 Gbps en el orden de ns.
Irlandesa <i>Intune Networks</i>	Continuo desarrollo y lanzamiento de su producto (OPST, <i>Optical Packet Switch & Transport</i>) (2009-2011).	" <i>Verisma IVX8000</i> " para anillos metropolitanos, con tecnología asincrónica y TL rápidos.
Huawei	Demostración versión pre-comercial de su producto OBTN y nuevo prototipo PPXC (2011-2012)	OBTN ^d (<i>Optical Burst Transport Network</i>) y PPXC (<i>Petabit per-second Photonic CrossConnect</i>) con una matriz de 80×80.

^dOBTN es una tecnología de conmutación completamente óptica que permite la convergencia de la capa 0 (capa óptica), capa 1 (capa física eléctrica) y capa 2 (capa de enlace), reduciendo la OAM total de una red [28].

H. Demostradores de OBS

OBS ha tenido una gran aceptación en el ámbito de investigación de las tecnologías de comunicaciones ópticas, con más de 2000 artículos presentados en congresos y revistas en los últimos 15 años, donde se ha explorado OBS desde el punto de vista teórico, hasta el desarrollo de prototipos y demostradores (*testbeds*) experimentales en centros de investigación de universidades y empresas de varios países del mundo, que confirman la viabilidad de esta tecnológica [13], siendo los más relevantes los indicados en la Tabla III.

Los intentos por comprobar las diversas arquitecturas y protocolos propuestos para redes OBS, no han quedado únicamente en artículos o experimentos de prueba, sino también han conducido a implementar algunos equipos en versiones pre-comerciales, referidos en la Tabla IV, lo cual se considera un hito tecnológico que ha evidenciado los primeros pasos en cuanto a la viabilidad real de este paradigma, pudiéndose apreciar claramente que OBS va tomando cada vez más fuerza y extendiendo el interés de la comunidad científica y de la industria, en múltiples ámbitos y aplicaciones; aunque aún no existe ningún despliegue real en producción en algún operador.

III.

CONMUTACIÓN ÓPTICA DE RÁFAGAS (PERSPECTIVAS FUTURAS)

Los estudios y enfoques más recientes acerca de la tecnología OBS, se han centrado principalmente en los campos de grid computing para aplicaciones distribuidas y servicios colaborativos, problemas de seguridad, SDN y centros de datos ópticos, mencionados a continuación:

A. OBS para aplicaciones distribuidas y servicios colaborativos

En cuanto a este tipo de aplicaciones que emplean el concepto de grid computing, para usuarios científicos, y a la necesidad de ciertos requerimientos específicos de pequeños usuarios, como: colaboración científica de gran escala (p.ej. física de partículas, VLBI Very Long Baseline Interferometry, e-health), colaboración científica de baja escala (p.ej. bioinformática, investigación ambiental), laboratorios virtuales distribuidos (p.ej. instrumentación remota), seguridad y defensa nacional, entornos de aprendizaje personalizado, bibliotecas digitales, y servicios de usuarios de banda ancha en evolución (p.ej. edición de videos/TV interactiva de alta definición, renderizado en tiempo real), entre otros, donde la tecnología OCS actual no provee una solución eficiente, escalable, ni factible por la demanda de enlaces dedicados para cada tipo de aplicación y/o categoría; que por el contrario, requieren de una infraestructura de red flexible para el transporte de grandes

volúmenes de información con una granularidad a nivel de sub-longitud de onda, almacenamiento, procesamiento, y visualización de recursos para una amplia base de usuarios, con tiempos de duración específicos en función de los perfiles de tráfico. Así, OBS resulta ser una alternativa atractiva, donde el uso de elementos conocidos como NPs (Network Processor) son claves para el soporte de funcionalidades requeridas como: soporte de QoS, multicast, y enrutamiento basado en recursos.

En este nuevo esquema (ver Fig. 2), se debe dotar a los nodos de edge con funcionalidades de interfaz que incluye procesos de interoperación entre el usuario y el dominio OBS, referida como G-OUNI (Grid Optical User Network Interface), para la diferenciación y clasificación de tareas computacionales “job” (p.ej. job request, job submission), asignación flexible de recursos, y demás funciones usuales para la transmisión de ráfagas, donde la información de recursos informáticos se podría adaptar junto con los de la capa física (p.ej. requerimientos de ancho de banda) en el BHP, o utilizar el BHP tradicional y el transporte de la información relacionada a la aplicación en el payload de dos ráfagas independientes, con los recursos de red y no de red en la primera, y en la segunda los datos reales a ser procesados remotamente.

Por otro lado, debe extenderse la potencia de procesamiento y funcionalidad del nodo de core para co-asignación y co-reservación de recursos de red y no de red (almacenamiento, procesamiento); además, los protocolos de señalización/reservación deben interactuar con la capa de aplicación para soportar funcionalidades de middleware como: adquisición de información relacionada con los requerimientos, reservación y asignación de recursos, entre otros. El uso de NPs en los nodos de core, permite analizar los datos contenidos dentro de las ráfagas que transitan a través de la red y ejecutar funciones de procesamiento específicas sobre éstos, a la velocidad de la tasa de transmisión (p.ej. algoritmo de descubrimiento de recursos informáticos), además de enrutar los datos en base a las aplicaciones y sus requerimientos de recursos. A diferencia de GUNI, la interfaz de red de recursos para grid GRNI (Grid Resource Network Interface) [29] en los nodos de edge/core, debe realizar procedimientos interoperables entre elementos finales de recursos externos y el dominio OBS, principalmente la propagación del estado de disponibilidad y envío de tareas de recursos locales grid; así como también, el envío al origen de resultados o información de múltiples destinos alternativos [30].

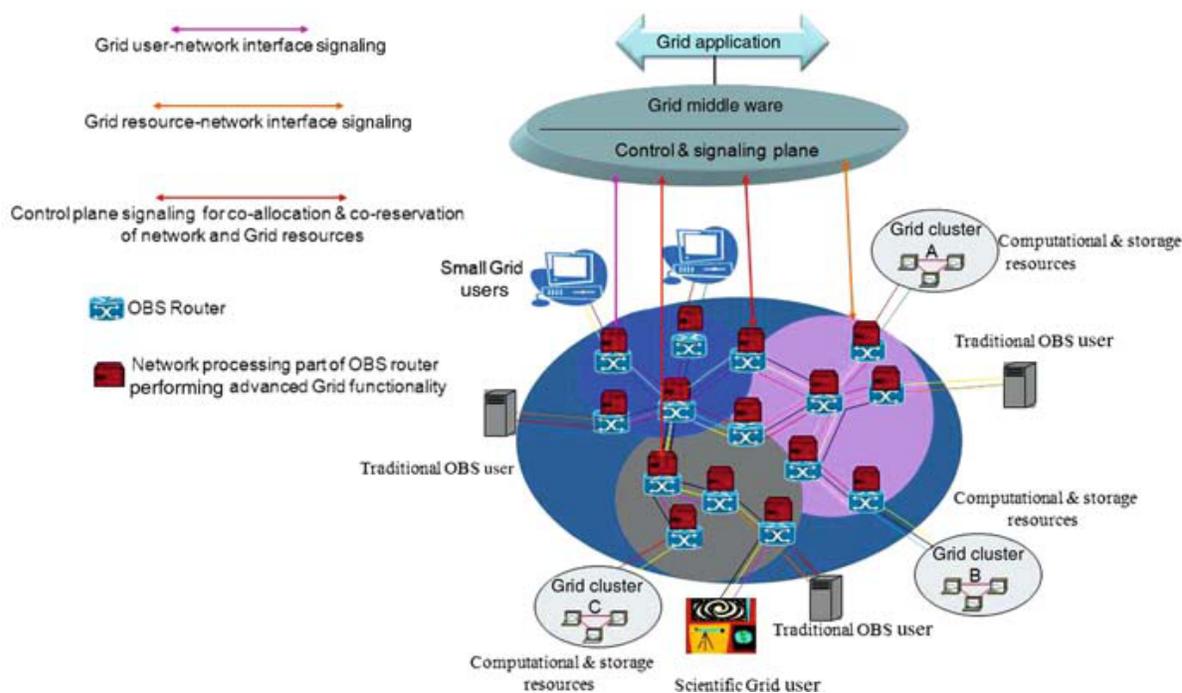


Fig. 2. Arquitectura genérica de una red OBS soportada para grid [30]

En la Tabla V se presenta un resumen de los posibles escenarios de implementación de OBS con soporte para grid computing.

TABLA V
ESCENARIOS E IMPLEMENTACIONES DE OBS PARA GRID-COMPUTING [30]

Escenario	Características	Implementación
<i>Wavelength-Routed (WR-OBS)</i>	Control centralizado (SCU potente). Sobrecarga de <i>overhead</i> para servicios en tiempo real. Escalabilidad limitada.	Híbrida WR-OBS/DWR-OBS. Nodos de <i>edge</i> con interfaces GUNI y GRNI, para administrar todos los recursos <i>grid</i> de la organización virtual (VO) local.
<i>DWR-OBS, Distributed Control (WR-OBS)</i>	Control distribuido, más factible y escalable.	Nodos de <i>core</i> con funcionalidades de la capa <i>grid</i> (p.ej. descubrimiento de recursos y seguridad). Jerarquía en el plano de control para la administración de recursos <i>grid</i> .
<i>Application-aware</i>	Provisión de servicios más rápida y flexible. Descubrimiento de recursos basado en los requerimientos de usuario/aplicación. Soporte de tráfico tradicional/aplicaciones distribuidas.	Señalización mediante JET modificado (ver Fig. 3). Solicitud de usuario/aplicación en ráfagas ópticas activas. Descubrimiento de recursos mediante los enrutadores de <i>core</i> activos, que ejecutan funciones de procesamiento específicas sobre los datos contenidos dentro de una ráfaga activa, a la velocidad de la tasa de transmisión, como: clasificación de requerimientos de red y recursos, clasificación de red y recursos en base a políticas de restricción, establecimiento de vínculos entre requerimientos de recursos clasificados y disponibles [30]. Confirmación o no de recursos al origen y al destino, para el establecimiento de <i>lightpaths</i> y tiempos de duración. Elección del usuario entre recursos disponibles y envío del resultado de la tarea procesada en ráfagas normales (no activas).
<i>Consumer-based</i>	Edición multimedia. Gran número de tareas generadas de tamaño pequeño (pocos megabytes). Tiempo y ubicación de la presentación de tareas altamente impredecible.	Procesamiento y entrega de datos mediante protocolos <i>anycast</i> .

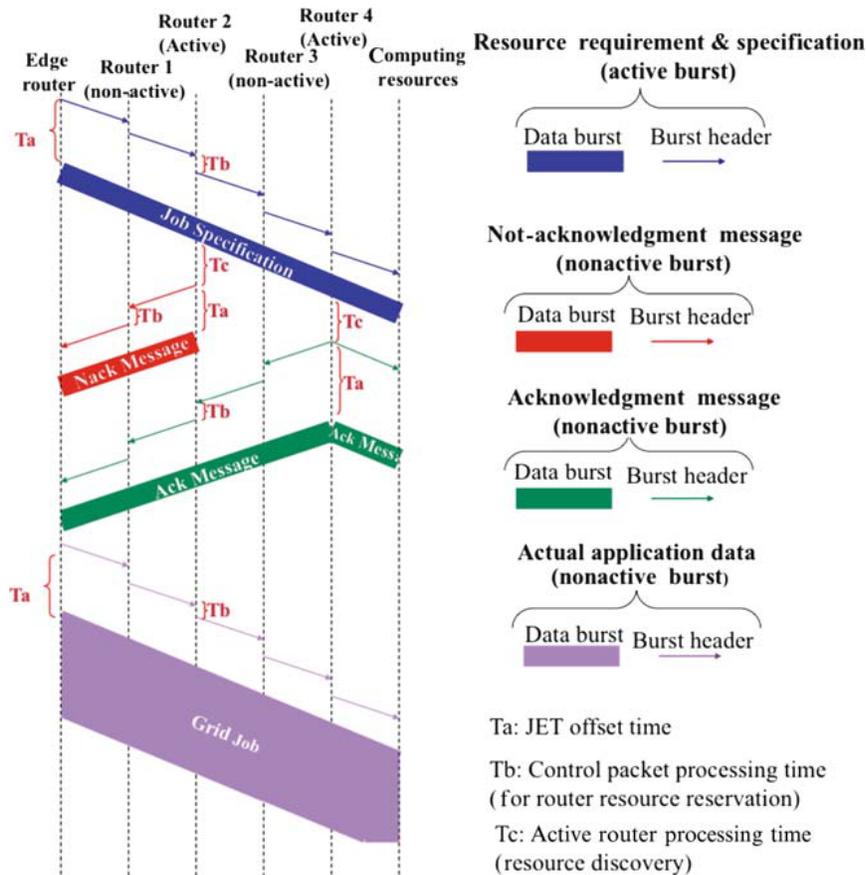


Fig. 3. Procesos de solicitud de recursos y transmisión de datos basados en JET modificado y reservación retardada [30]

B. Problemas de seguridad en redes OBS

Se han realizado algunos estudios sobre los problemas de seguridad en redes OBS, identificando ciertas amenazas como [31] [32] [33]: 1) análisis de tráfico, que extrae la información que está siendo comunicada entre el origen y destino; 2) espionaje “eavesdropping”, similar al anterior pero cambia la capa del ataque; 3) suplantación de identidad “spoofing”, en el que un atacante intenta tener acceso a un sistema usando una identidad falsa; 4) denegación de servicio (Denial of Service, DoS) que prohíbe la comunicación o degrada la calidad del servicio; 5) ataque de redirección de ráfagas (Data Burst Redirection, DBR); 6) ataque de duplicación de ráfagas (Burst Duplication, BD); y 7) inundación “flooding” de BHPs, mencionando particularmente a continuación más detalles sobre los tres últimos, en cuanto a su operación y medidas de seguridad para contrarrestarlos.

En el análisis del ataque DBR [31], se utiliza una solución que equipa a los nodos de privacidad y autenticación usando el algoritmo de cifrado RSA (Rivest-Shamir-Adleman) para encriptar y desencriptar los BHPs, a fin de proteger la red contra de este tipo de ataques, reduciendo el número de BHPs comprometidos.

El análisis efectuado sobre el ataque de BD [32], se basa en la posibilidad de que un enrutador intermedio genere un BHP duplicado y modifique su valor para crear un camino entre el atacante y el nodo comprometido, por lo tanto, la ráfaga que arriba se enviaría tanto al destino como al atacante, comprometiendo su integridad. Como contramedida se proponen dos alternativas: 1) un método de firma digital, creada por el enrutador de ingreso sobre el BHP (en base a las direcciones de origen/destino e ID de la ráfaga), donde cada nodo de core debe verificar si la firma ha sido o no alterada, para descartar o transmitir el BHP; y 2) el uso de un nodo de confianza que en base al registro de los nodos de core, establece un valor de confianza y si es menor que el umbral definido, determina que un nodo está comprometido. El ataque se puede evitar si el nodo de ingreso origen selecciona cada vez una ruta diferente para enviar la ráfaga al nodo egreso de destino, de manera que, aunque el atacante llegase a obtener una ráfaga, no le será de utilidad porque no tendrá la información completa.

En el estudio realizado sobre el ataque de flooding (basado en DoS contra TCP) [33], que consiste en el envío de paquetes BHP maliciosos sin sus correspondientes ráfagas de datos, conduciendo a una reserva de recursos innecesaria, y desencadenando así varios inconvenientes como: baja utilización del ancho de banda, desempeño limitado de la red, alta BLP, y eventualmente problemas de DoS debido a la falta de recursos para las reservas requeridas frente a ráfagas de datos que sean válidas. Como contramedida para bloquear el ataque, se propone un modelo basado en un árbol de decisión que se contrasta con varias técnicas de aprendizaje de máquina (Machine Learning), donde los nodos de core clasifican los

nodos de edge en función de su comportamiento y de los recursos reservados que no están siendo utilizados; concluyendo en que los modelos de árboles de decisión, presentan clasificadores más predictivos en comparación con varios de los algoritmos de aprendizaje de máquina analizados.

C. OBS en centros de datos ópticos

Al igual que las redes de transporte, los centros de datos deben soportar cada vez mayores cargas de trabajo complejas y volúmenes de tráfico, generados en sus servidores y equipos de networking, donde a diferencia de lo que ocurre en las redes de telecomunicaciones, el tráfico de datos en los sistemas informáticos es del 80% a nivel interno y del 20% a nivel externo [11]. Si bien el desarrollo de las tecnologías de paralelismo a nivel de chip y multi-núcleo adoptadas en los equipos informáticos, ha permitido soportar mayores demandas de capacidad computacional (impulsadas por aplicaciones de uso intensivo de datos), y virtualización de alta densidad, los equipos de red empleados en los centros de datos, basados principalmente en circuitos integrados para aplicaciones específicas (Application-Specific Integrated Circuit, ASIC) e interfaces ópticas que requieren conversiones O/E/O para su funcionamiento, limitan su escalabilidad y viabilidad, con mayor impacto en los centros de datos de gran escala, debido al cuello de botella opto-electrónico, mayores recursos en cuanto a espacio, energía, climatización, etc. Por lo tanto, es evidente una evolución de las tecnologías utilizadas actualmente en este ámbito, donde la fotónica embebida junto con la electrónica, podría dar lugar a un enfoque híbrido que aproveche las ventajas de ambos mundos para la fabricación de tarjetas opto-electrónicas (OE-PCB, Optical-Electrical Printed Circuit Board), a fin de superar dichas limitaciones con una relación costo-beneficio mucho mayor [11].

En adición a lo anterior, y en vista de que en la práctica los centros de datos se dimensionan con una relación de sobresuscripción de 1:4 - 1:10, limitando principalmente la capacidad de conmutación y transmisión de los segmentos entre racks/clusters, debido a la alta densidad de puertos requeridos y a etapas en cascada involucradas, se han investigado en los últimos años, la adaptación de las tecnologías OCS, OBS y OPS dentro de este ámbito. Es así que, la tecnología OCS se ha probado en experimentos recientes en intra-centros de datos, por todas las mejoras y ventajas que presenta en comparación con el esquema tradicional de networking en el dominio electrónico, evidenciando una evolución inminente hacia el manejo de flujos de datos a nivel completamente óptico [11]. Otros experimentos realizados se han basado también en OBS, y dentro del contexto de los esquemas de conmutación óptica, las tecnologías SDN y NFV (Network Function Virtualization) se visualizan como factores clave para integrar un control coordinado de recursos y asignación flexible de capacidad en la red [11]. En la Tabla VI se presenta un resumen de los estudios realizados con relación a la tecnología OBS.

TABLA VI
PROPUESTAS PARA CENTROS DE DATOS ÓPTICOS BASADAS EN OBS [2]

Arquitectura	Características	Ventajas y desventajas
OBS con conmutadores rápidos	<i>Switches ToR (Top off Rack)</i> en el <i>edge</i> y conmutadores ópticos rápidos en el <i>core</i> . Reserva bidireccional. ToR conectado a cada conmutador en topología de un salto.	BLP cero con ligero incremento de latencia. Escalabilidad limitada. Complejidad en plano de control.
Anillos OBS	<i>edge</i> tráfico más estacionario y <i>core</i> con naturaleza a ráfagas.	Alto ancho de banda. Gran interconectividad (>1000 puntos de entrega). Tiempo de reconfiguración < OCS.
HOS (<i>Hybrid Optical Switching</i>)	Conmutación óptica híbrida (con etiqueta óptica para ráfagas). Topología tradicional de 3 niveles. MEMS 3D para OCS y ráfagas grandes. SOA para paquetes/ráfagas.	BLP y latencia baja. Desafío práctico para red a gran escala.
HOSA (<i>Hybrid Optical Switching Architecture</i>)	Conmutación óptica híbrida. Ensamblado/desensamblado en un nuevo ToR.	Latencia y consumo de energía bajos, alto rendimiento. Gran cantidad de puertos sobre una red de una sola etapa.
TORUS	Basado en OBS/OPS, topología plana con enrutadores opto-electrónicos híbridos (HOPR, <i>Hybrid Optoelectronic Router</i>) conectados a los ToR. Conmutadores rápidos EAM (B&S) y control en basado en <i>OpenFlow</i> (ver Fig. 4).	Escalabilidad superior y conectividad robusta.
LIGHTNESS	Uso de OCS/OPS. SOA (B&S) para OPS. Plano de datos programable mediante control SDN unificado. Controlador local de OPS mediante etiquetas ópticas (ver Fig. 5).	Utilización eficiente del ancho de banda. <i>Backplane</i> con arquitectura bajo demanda (<i>Architecture on Demand</i>), AoD). Escalabilidad intra/inter cluster mediante AoD.

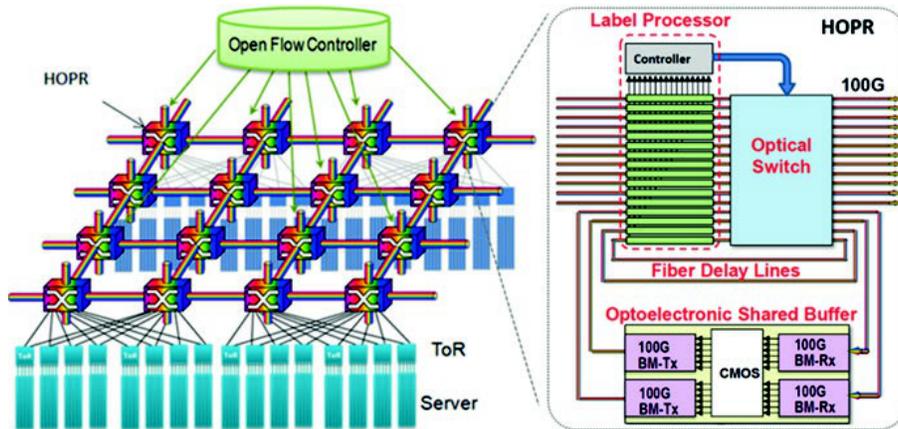


Fig. 4. Arquitectura TORUS que emplea enrutadores opto-electrónicos (HOPRs) [11]

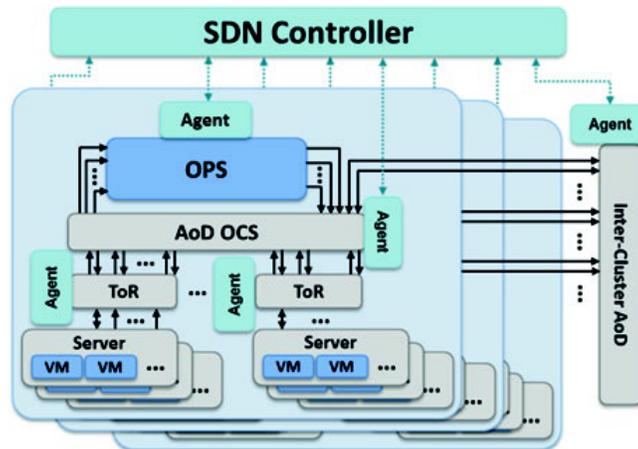


Fig. 5. Arquitectura para red de centro de datos LIGHTNESS [11]

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Considerando que la electrónica está llegando cada vez más cerca de la barrera física en términos de la miniaturización de sus componentes, la investigación y el desarrollo de dispositivos, y técnicas de conmutación fotónica cobra mayor relevancia a cada instante, donde la comunidad científica tiene un gran reto y un importante camino por recorrer todavía, para lograr los primeros pasos que puedan dar surgimiento al Internet óptico de nueva generación.

La constante demanda de servicios y aplicaciones tanto actuales como emergentes y futuros, requiere indudablemente una evolución de las redes ópticas existentes, donde las nuevas tecnologías de conmutación óptica tendrán un papel crucial en el transporte de grandes volúmenes de información a nivel completamente óptico a través de técnicas de multiplexación estadística, tanto en las comunicaciones que se llevan a cabo dentro de los centros de datos como en los segmentos de transporte que los interconectan, pudiéndose visualizar un nuevo ecosistema opto-electrónico, donde OBS se podría considerar como una alternativa candidata a una solución inicial para el Internet óptico de nueva generación en el corto y mediano plazo, mientras se alcanza un desarrollo y grado de madurez en el paradigma de OPS, que podría lograrse en el largo plazo.

Existe una relación de compromiso entre los distintos parámetros de una red OBS, como el tiempo de ensamblado/tamaño de ráfaga y retardo/pérdida de ráfagas, señalización/complejidad de planificación y performance, entre otras, que pueden impactar en el desempeño total del sistema, y por lo tanto se deben considerar en la etapa de diseño para conseguir un comportamiento óptimo.

El desarrollo exitoso que pueda tener OBS depende de una serie de tecnologías habilitantes y nuevos algoritmos/funcionalidades que han sido evaluados en entornos de simulación y laboratorio, e incluso en prototipos de versiones pre-comerciales, que se consideran un hito tecnológico que ha evidenciado los primeros pasos de este paradigma, como una solución técnicamente realizable teniendo en cuenta el grado de madurez de la tecnología actual, dado sus requerimientos moderados de operación.

La tecnología OBS ha sido ampliamente estudiada y evaluada en múltiples ámbitos de aplicación, con expectativas interesantes; sin embargo, para una implementación en un entorno real por parte de los fabricantes de equipos, se requeriría la introducción y posterior estandarización de nuevos protocolos principalmente del stack TCP/IP, que se adapten de mejor forma a esta posible solución, de manera que se la pueda introducir paulatinamente como proyectos piloto, para evaluar su potencial, y aprovechar el momento en despliegues de nueva infraestructura o reemplazo de equipamiento por obsolescencia.

Con la adopción cada vez mayor de arquitecturas de administración y control basadas en SDN, se puede pensar también en un esquema inicial híbrido que conserve las tecnologías actuales para el tráfico que requiere OCS o ráfagas grandes, complementado con la capa de OBS para el tráfico de ráfagas de menor tamaño, donde los principales desafíos seguirán siendo las exigencias de conmutación para altas

capacidades, la resolución de contenciones y el nivel de escalabilidad, a costos razonables y accesibles.

La tecnología de conmutación en redes ópticas está llegando cada vez más a un punto de inflexión, y a pesar de los grandes esfuerzos de los fabricantes de equipos para lograr adaptar las redes con capacidades de flexibilidad, dinamicidad y autonomía para satisfacer los diferentes perfiles de tráfico, se evidencia una mayor necesidad de abandonar las tecnologías actuales en favor de nuevos paradigmas como OBS, que con seguridad permitirá optimizar el uso de los recursos con un mayor aprovechamiento de la capacidad, a una relación costo beneficio más alta.

Con el advenimiento de tecnologías emergentes como SDN, blockchain, 5G, IoT, Inteligencia Artificial, Machine Learning, etc., y nuevas aplicaciones que se puedan derivar del uso de bigdata, Web 3.0, Web 4.0, computación cuántica, computación cognitiva, etc. que utilizan las redes como plataforma para la comunicación, se podría imaginar como expectativas futuras, una arquitectura de red óptica modular definida por software, con capacidades de aprendizaje automático, que permita identificar diferentes perfiles y requerimientos de tráfico para su tratamiento y transmisión, donde los siguientes pasos del networking óptico son cada vez más requeridos. En este sentido, se deja abierta la posibilidad de incursionar más en la adaptación de las redes OBS y los diferentes componentes y aspectos mencionados en el presente artículo, para extender su estudio en trabajos futuros.

Debido a la inmadurez de la tecnología óptica actual, la introducción de OBS requiere la adaptación e interacción entre los dominios eléctrico y óptico para su funcionalidad, donde la nueva estructura de transmisión de ráfagas tiene ciertas implicaciones en cuanto al tratamiento y manejo del tráfico, que requiere cambios importantes en diversos componentes como láseres, receptores, conmutadores ópticos, compensadores de dispersión, esquemas de buffering, etc., en relación con los implementados en los sistemas existentes, así como también el soporte de nuevos protocolos para el transporte del tráfico de datos, por lo cual se recomienda considerar todas estas aristas y relaciones de compromiso que se pueden derivar, a fin de consolidar una solución integral, que pueda ir reemplazando paulatinamente en un futuro cercano, el ecosistema de red interconectado existente.

Puesto que la tecnología OBS se visualiza como una alternativa predecesora a OPS, se recomienda tener en cuenta durante su diseño, los componentes y mecanismos óptimos, que posteriormente permitan escalar con cambios menores o moderados hacia OPS.

REFERENCIAS

- [1] Barradas, Á. de M. P. do, y de Lima, N. (2009). Quality of service in optical burst switching networks.
- [2] Venegas, A. (2017). *Estudio y Evaluación del Desempeño de TCP sobre Redes de Conmutación Óptica de Ráfagas (OBS, Optical Burst Switching) mediante un Prototipo basado en Simulación*. (Maestría). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- [3] Zyskind, J., y Srivastava, A. (2011). *Optically amplified WDM networks*. USA: Academic press

- [4] Alzate, D. F., y Cárdenas, A. (2011). Retos en la transmisión de 40/100 Gb/s sobre fibra óptica. *Revista en telecomunicaciones e informática*, 1(2).
- [5] Torres, J. J. G., Soto, A. M. C., y González, N. G. (2015). Redes ópticas elásticas: un nuevo paradigma en las futuras redes de telecomunicaciones. *Respuestas*, 20(2), 6–22.
- [6] Turner, J. S. (1999). Terabit burst switching. *Journal of High Speed Networks*, 8(1), 3–16.
- [7] Chen, Y., Qiao, C., y Yu, X. (2004). Optical burst switching (OBS): A new area in optical networking research. *IEEE network*, 18(3), 16–23.
- [8] Jue, J. P., y Vokkarane, V. M. (2006). *Optical burst switched networks*. New York, USA: Springer Science + Business Media.
- [9] Battestilli, T., y Perros, H. (2004). Optical burst switching for the next generation Internet. *IEEE Potentials*, 23(5), 40–43.
- [10] Venkatesh, T., y Murthy, C. S. R. (2010). *An analytical approach to optical burst switched networks* (Vol. 2010). New York: Springer.
- [11] Testa, F., y Pavesi, L. (2018). *Optical Switching in Next Generation Data Centers*. Springer.
- [12] Ohashi, T., Hosaka, H., y Morita, T. (2010). Light transmittance memory effect of ferroelectric materials induced by electrical imprint field. En *Service Robotics and Mechatronics* (pp. 363–366). Springer.
- [13] González de Dios, Ó. (2012). *Rendimiento de TCP y Cálculo de Rutas en Redes de Conmutación Óptica de Ráfagas* (Doctorado). Universidad de Valladolid.
- [14] Hossain, A. D., y Hossain, M. (2018). Burst mode optical receiver with 10 ns lock time based on concurrent DC offset and timing recovery technique. *IEEE/OSA Journal of Optical Communications and Networking*, 10(2), 65–78.
- [15] Rylyakov, A., Proesel, J. E., Rylov, S., Lee, B. G., Bulzacchelli, J. F., Ardey, A., ... Schow, C. L. (2015). A 25 Gb/s burst-mode receiver for low latency photonic switch networks. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 50(12), 3120–3132.
- [16] Yoo, S., Lee, J. K., y Kim, K. (2017). Fast tunable laser assembly and burst mode receiver for photonic switched optical network. En *Information and Communication Technology Convergence (ICTC), 2017 International Conference on* (pp. 1241–1243). IEEE.
- [17] Willner A (2003) Optical burst switching (OBS): issues in the physical layer. In: Proceedings of IEEE international workshop on optical burst switching, co-located with IEEE global communications conference (GLOBECOM), Dallas, TX.
- [18] Yayah, A. A., Ismail, A. S., y Coulbaly, Y. (2015). A Review Burst Assembly Techniques in Optical Burst Switching (OBS). *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*, 73(2), 1–6.
- [19] Sansò, B., Vázquez-Abad, F., y Gutiérrez-Cabrera, E. (2005). S-JET: efficient reservation scheduling algorithm for optical burst switches. *Journal of Optical Networking*, 4(8), 476–498.
- [20] El Houmaidi, M. (2005). *Resource allocation schemes and performance evaluation models for wavelength division multiplexed optical networks*. (Doctorado). University of Central Florida.
- [21] Xu, J., Qiao, C., Li, J., y Xu, G. (2003). Efficient channel scheduling algorithms in optical burst switched networks. En *INFOCOM 2003. Twenty-Second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*. IEEE Societies (Vol. 3, pp. 2268–2278). IEEE.
- [22] Tavanam, V. R., Bhandari, B. N., y Dasari, K. S. (2017). Deterministic batch scheduling algorithm for optimal channel utilization in optical burst switching networks. En *Region 10 Conference, TENCON 2017-2017 IEEE* (pp. 3141–3146). IEEE.
- [23] Tang, W., Chen, F., Chen, M., y Liu, G. (2016). Flow Scheduling in OBS Networks Based on Software-Defined Networking Control Plane. *KSI Transactions on Internet & Information Systems*, 10(1).
- [24] Wang, C., Cao, H., Yang, S., Guo, J., Guo, H., y Wu, J. (2018). Decision Tree Classification based Mix-flows scheduling in Optical Switched DCNs. En *2018 Optical Fiber Communications Conference and Exposition (OFC)* (pp. 1–3). IEEE.
- [25] Ji, P. N., Qian, D., Sethuraman, K., Hu, J., Aono, Y., Tajima, T., ... Wellbrock, G. A. (2013). First demonstration of real-time all-optical software-defined intra-data center star network using OFDM and burst switching. *2013 18th OptoElectronics and Communications Conference held jointly with 2013 International Conference on Photonics in Switching (OECC/PS)*, 1-2.
- [26] Binh, L. N. (2018). *Optical Modulation: Advanced Techniques and Applications in Transmission Systems and Networks*. Taylor & Francis, a CRC title, part of the Taylor & Francis imprint, a member of the Taylor & Francis Group, the academic division of T & F Informa, plc. Boca Raton: CRC Press.
- [27] Kachris, C., Bergman, K., y Tomkos, I. (2012). *Optical interconnects for future data center networks*. New York: Springer Science + Business Media.
- [28] Huawei Demonstrates OBTN Prototype at OFC/NFOEC 2011. (2011, marzo 7). Obtenido de: <https://www.businesswire.com/news/home/20110307005644/en/Huawei-Demonstrates-OBTN-Prototype-OFCNFOEC-2011>. (Octubre, 2018).
- [29] Simeonidou, D., Nejabati, R., Ciulli, N., Battestilli, L., Carrozzo, G., Castoldi, P., ... Ji, Y. F. (2005). Grid optical burst switched networks (GOBS). En *Global Grid Forum Draft*.
- [30] Aracil, J., y Callegati, F. (2009). *Enabling optical internet with advanced network technologies*. London: Springer Science + Business Media.
- [31] Kesar, P., y Mandeep, K. S. (2017). Security issues in the optical burst Switched network: a review. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 6(3), 255–260.
- [32] Coulbaly, Y., Al-Kilany, A. A. I., Latiff, M. S. A., Rouskas, G., Mandala, S., & Razzaque, M. A. (2015, April). Secure burst control packet scheme for Optical Burst Switching networks. In 2015 IEEE International Broadband and Photonics Conference (IBP) (pp. 86-91). IEEE.
- [33] Rajab, A. D. A. (2017). *A Machine Learning Approach for Enhancing Security and Quality of Service of Optical Burst Switching Networks* (PhD Thesis). University of South Carolina.



Antonio Venegas López Ingeniero Electrónico de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Quito Ecuador. Magister en Redes de Comunicaciones de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Con más de 15 años de experiencia en el sector de Telecomunicaciones, ha trabajado en varias empresas públicas y privadas de la industria, aparte de dedicarse a la docencia universitaria en las Facultades de Ingeniería Electrónica (hoy Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones) e Ingeniería en Sistemas (hoy Departamento de Ciencias de la Computación) en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, y en la Facultad de Ingeniería en Sistemas y Computación de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Su campo de interés son las Comunicaciones Ópticas, y las TICs en general.



María Soledad Jiménez Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones, Escuela Politécnica Nacional. Master of Science in Electrical Engineering, Universidad de Texas & Arlington – USA.

Docente a tiempo completo en la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional. Su campo de interés son las Comunicaciones Ópticas.



Paola Venegas López Ingeniera en Electrónica y telecomunicaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Quito Ecuador. Magister en Redes de Comunicaciones de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Magister en Administración de Empresas con mención en Gerencia de la Calidad y Productividad de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Con más de 8 años de experiencia en el sector de Telecomunicaciones, ha trabajado en varias empresas públicas y privadas de la industria, aparte de dedicarse a la docencia universitaria en la carrera de telecomunicaciones en la Universidad de las Américas UDLA, y en la Facultad de Ingeniería en Sistemas y Computación de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Su campo de interés son la Regulación de las Telecomunicaciones, y las TICs en general.

Diseño de un Prototipo de Sistema de Prevención de Accidentes para Vehículos Industriales Mediante la Tecnología de Identificación por Radiofrecuencia

Design of a Prototype of Accident Prevention System for Industrial Vehicles Using Radio Frequency Identification Technology

Álvarez Urdiales, Ronald; Álvarez Villacís, Ronald; García Villamar, Angélica

Resumen— Ante la inherente necesidad de poseer herramientas tecnológicas que permitan disminuir el número de incidentes ocasionados por la operación de maquinaria pesada, este documento describe brevemente el diseño de un prototipo de Sistema de Prevención de Accidentes para vehículos industriales mediante la Tecnología de Identificación por Radiofrecuencia (RFID) que alerta sobre la cercanía de personas al área de operación de equipos industriales, el despliegue de la tecnología Open Source provee los recursos necesarios para que un equipo de control Raspberry Pi 3 B+ ejecute el procesamiento de la información mediante una interfaz de control que activará una alarma y a través de un módulo de administración se gestionarán los componentes RFID (TAGS y Lectores) y se obtendrán los reportes de las lecturas efectuadas. Finalmente, considerando que factores como la frecuencia, el ambiente de operación, el tipo de modulación, la altura de las antenas, el patrón de radiación de la antena, la ganancia de la antena y la ganancia del receptor influyen en la propagación de las ondas de radio se realizará una investigación predictiva en diferentes escenarios mediante una estimación de la cobertura basada en el modelo de propagación de pérdida en el espacio libre para comprobar la fiabilidad del prototipo que opera con tecnología Ultra Narrow Band y emplea técnicas de Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia.

Palabras clave: Propagación, ondas de radio, RFID, UNB, FHSS.

Article history:

Received 01 July 2019

Accepted 03 September 2019

Álvarez Urdiales, Ronald y García Villamar, Angélica pertenecen a la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Álvarez Villacís, Ronald; pertenece a la Universidad de Especialidades Espíritu Santo.

Abstract— Given the inherent need to have technological tools to reduce the number of incidents caused by the operation of heavy machinery, this document briefly describes the design of a prototype Accident Prevention System for industrial vehicles using Radio Frequency Identification Technology (RFID).) that warns about the proximity of people to the area of operation of industrial equipment, the deployment of Open Source technology provides the necessary resources for a Raspberry Pi 3 B + control device to execute information processing through a control interface that will activate an alarm and through a management module the RFID components (TAGS and Readers) will be managed and the reports of the readings will be obtained. Finally, considering factors such as frequency, the operating environment, the type of modulation, the antenna height, the radiation pattern of the antenna, the antenna gain and the receiver gain influence the propagation of the waves radio will perform a predictive investigation in different scenarios by means of an estimation of the coverage based on the model of propagation of loss in free space to verify the reliability of the prototype that operates with Ultra Narrow Band technology and employs techniques of Spread Spectrum by Jump Frequency.

Index Terms— Propagation, radio wave, RFID, UNB, FHSS.

I. INTRODUCCION

Actualmente en las terminales portuarias de Ecuador se suscitan accidentes que son ocasionados por la operación de maquinaria pesada, si bien es cierto se trata de mitigar este tipo de incidentes mediante la implantación de seguridades, políticas y procedimientos dirigidos al personal que labora en este tipo de empresas, sin embargo, se requieren soluciones tecnológicas que permitan reducir el número de accidentes que afectan la calidad, la productividad, los activos fijos e incluso ocasionan pérdidas de vida. Por tal motivo se desarrolló un prototipo mediante la utilización de dispositivos

de Identificación por Radiofrecuencia (RFID) con el objetivo de disminuir el riesgo de accidentes entre personas y equipos móviles, específicamente para el personal que trabaja en áreas cercanas a la operación de maquinarias o equipos industriales. El Sistema está conformado por una red de sensores RFID compuesto de etiquetas activas también denominadas transponder o TAGs, una unidad de lectura RFID (compuesto por un módulo de radiofrecuencia y cuatro antenas RFID) y un equipo Raspberry Pi 3 B+ que funciona como módulo controlador, recibiendo las capturas realizadas por el lector al cual se conecta por medio de un puerto de comunicación RS232 y posteriormente envía una señal de 5 voltios para activar un relé y accionar una alarma visual y sonora. El Módulo de Control es un middleware programado en Python cuya finalidad es obtener la información desde las unidades de lectura y almacenarla en una base de datos temporalmente hasta que el usuario final la descargue en su equipo valiéndose de la red Ethernet u opcionalmente por Wifi accediendo al Módulo de Administración con interfaz GUI (“Graphical User Interface”) que gestiona los lectores asociados y la generación de reportes correspondientes a las lecturas de RFID obtenidas.

II. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Las personas llevarán una etiqueta RFID en el chaleco reflectivo o en un casco mientras permanezcan en un área próxima a la operación de maquinaria. El TAG será un transmisor que emitirá la identificación de la persona que la porte, previo su registro en el software de administración, será leída por las antenas receptoras del sistema RFID cuando se acerque el transeúnte a la maquinaria pesada (ejemplo el montacargas mostrado en la Figura 1) se activará una alarma sonora y otra luminosa y el evento quedará registrado temporalmente en la memoria del equipo receptor.

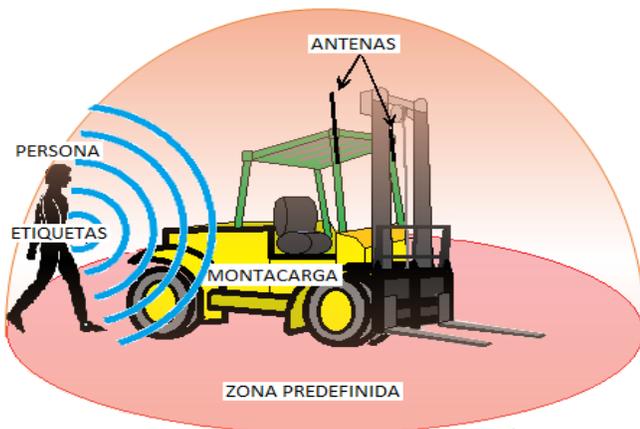


Fig 1. Funcionamiento del Sistema de Prevención de accidentes.

El tamaño de la zona predefinida será establecido regulando la ganancia de la antena receptora RFID, la cual será una zona donde el personal corre mayor riesgo de sufrir un incidente. La frecuencia de trabajo del sistema es de 2.45 GHz., para lo cual se colocarán cuatro antenas en la maquinaria pesada como se

observa en las Figuras 3 y 4.



Fig 2. Diagrama de Bloques del Sistema de Prevención de accidentes para maquinaria pesada.

Con respecto a la comunicación entre la unidad de lectura y los TAGs se emplean técnicas de Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia, utilizando tecnologías de Banda Ultra Estrecha (“Ultra Narrow Band”) sobre la banda ISM (“Industrial-Scientific-Medical”) a una frecuencia de 2.45 GHz y una modulación GFSK.

Tres antenas se encuentran dispuestas, creando un área circular de acuerdo a lo que se observa en la Figura 3, dos de ellas están instaladas en la parte trasera de la grúa móvil elevadora, una antena en el frente y en la Figura 4 visualizamos una cuarta antena en el Boom de la máquina, elemento que realiza los movimientos para la carga y descarga de contenedores.



Fig 3. Colocación de antenas de 2.45 GHz en una excavadora.



Fig 4. Ubicación de antena frontal en la grúa.

Los movimientos propios para la manipulación de contenedores pueden obstaculizar los TAGs, provocando que la antena que se encuentra en la parte frontal de la grúa no capture la señal de alguna etiqueta cercana, para minimizar este tipo de situaciones la antena que se encuentra en el boom podrá cubrir el área requerida y obtener cualquier señal de una etiqueta. El controlador y la unidad de lectura RFID se colocaron en la cabina del conductor, la energía eléctrica necesaria para su operación se obtiene de la misma grúa y activa el sistema al momento de encender la grúa.

El lector tiene una capacidad de lectura de 200 TAGs por segundo y envía la información al controlador implementado en tiempo real, es decir segundo a segundo, a pesar que dicho parámetro también puede ser configurado de distinta forma, de igual manera el lector puede ser configurado de tal forma que no lea un mismo TAG dentro de un determinado tiempo con el objetivo de evitar almacenar demasiada información en la memoria del controlador, impidiendo que la memoria se llene, además de disminuir la carga del controlador y por consiguiente no aumentará su temperatura, la misma que representa un factor de riesgo al producirse un sobrecalentamiento o pasar su temperatura máxima de operación.

III. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El análisis de los resultados implica la observación de los niveles de pérdidas y de RSSI (Received Signal Strength Indicator), verificando las distancias máximas a las que el equipo lector realiza una óptima detección de los TAGs en varios escenarios mediante simulaciones basadas en el método de pérdida en espacio libre y efectuando las mediciones obtenidas en sitio [1].

A continuación, se detallan las pruebas a las que se sometió el equipo en cuanto al nivel de potencia de la señal emitida por los transmisores y recibida por el lector en función de la distancia entre ambos, de igual forma se analizan los niveles de pérdida y de RSSI con respecto a la variación de distancia, tanto en ambiente de laboratorio como en el lugar de implantación. Además, se verifican los resultados empíricos obtenidos en las pruebas de distancia de detección de los TAGs.

Se obtuvieron las distancias máximas en las que se pueden encontrar los transmisores del receptor para una transmisión segura basados en un modelo de propagación. Seguidamente,

por método de tabulación y de acuerdo a la esquematización de datos, obtenida experimentalmente se procedió a calcular el valor del gradiente para el modelo de propagación que simula de forma óptima las pérdidas reales obtenidas en dicho ambiente determinado por sus características físicas.

Para realizar las pruebas de laboratorio se utilizó equipo FieldFox modelo N9916A [2] con una antena logarítmica de 10 dB, las pruebas fueron realizadas en el Coliseo de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, las pruebas se orientaron en cambiar el ancho de banda de observación de la señal de un TAG a un metro de distancia y analizar el comportamiento del sistema principalmente si se logra visualizar la señal de una forma correcta sin alteraciones provocadas por el ruido, en todas las mediciones realizadas se observó que el ruido tenía una intensidad de -55 dBm aproximadamente.

TABLA 1
RESULTADO DE LABORATORIO DE LECTURA DE FRECUENCIAS RFID

Ventana de observación		Ancho/Banda (Khz)	Señal Recibida (dBm)	Ruido (dBm)
Frecuencia/ inicio (Ghz)	Frecuencia/ fin (Ghz)			
2.495000	2.497000	1760	-30	-56.16
2.495600	2.495700	98.50	-42	-55.51
2.495600	2.495650	48.88	-42	-54.99
2.495600	2.495625	24.63	-42	-56.10

La Tabla 1 contiene las muestras de RSSI tomadas en laboratorio, en este escenario es necesario considerar que factores como la potencia del TAG, la misma que es muy baja, así como el elevado piso de ruido y la imposibilidad de aumentar la sensibilidad o ganancia del receptor impiden alcanzar mayores distancias entre el TAG y el receptor lo que ocasionó que se obtuviera una escasa cantidad de muestras, seguidamente se procedió a realizar el cálculo de la pérdida en espacio libre (Path Loss), tomando en cuenta la Potencia del transmisor (TAG).

Además, se realizaron 2 pruebas de campo en el mismo escenario, con los mismos equipos, la diferencia radica que en la primera prueba la antena del receptor se colocó a una altura de 2 metros y en la segunda prueba la antena del receptor fue dispuesta a 5 metros de altura.

Es importante describir que en el ambiente del puerto existen extensas áreas en las que se localizan grandes columnas de contenedores, tomando en consideración que el equipo será utilizado para seguridad, por lo que se determinó un lugar abierto con un radio aproximado de 120 metros para efectuar las pruebas y generar la línea de vista entre el receptor y el TAG.

En la primera prueba realizada, la antena del lector se instaló a una altura de 2 metros y el TAG fue elevado a 1.60 centímetros, colocado en la parte frontal de un casco de plástico para disminuir la absorción de energía que irradia el transponder por el cuerpo humano y con el fin obtener mayor confiabilidad en las lecturas obtenidas.

Como resultado se observa en la Figura 5 que el eje X correspondiente a la ganancia del receptor variada progresivamente, el eje Y representa la distancia máxima a la que puede ser leído el TAG dada una ganancia determinada en el receptor, esta distancia máxima aumenta a medida que la ganancia del receptor aumenta, también se puede apreciar que las muestras que fueron tomadas a 90 grados alcanzan una distancia de lectura mayor por parte del receptor, lo que se debe a la existencia de una zona elevada (cerro) en la parte posterior del lugar donde se realizaron las mediciones, lo cual permite deducir que se trata de una componente de la señal que se logra reflejar.

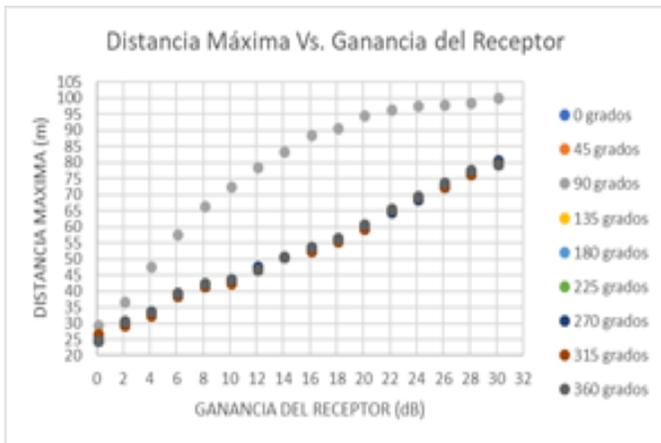


Fig 5. Distancia Máxima Vs. Ganancia del Receptor.

Tomando en cuenta de que el modelamiento aplicado es:

$$Pr_{(dB)} = Po(d_p) + 10\alpha \log\left(\frac{d}{d_p}\right) + X, \tag{1}$$

y $Po = Pt(dB) - Lo$,

podemos decir que:

$$\alpha = (Po - Pr) / ((10 * \log(d)) \tag{2}$$

En la Figura 6 se observa el eje X (distancia máxima/do) y el eje Y (ganancia del Receptor) en (dB), determinando la pendiente del gráfico que será el alfa obteniendo 6.2455 con una correlación alta de los datos.



Fig 6. Ganancia del receptor Vs. Distancia

Para la realización de la segunda prueba se elevó a una altura de 5 metros la antena del receptor, siguiendo el procedimiento descrito anteriormente se obtuvo la Figura 7, para la cual el eje X representa $10 * \log(\text{Distancia})$ y el eje Y la ganancia del receptor en (dB), en la Figura 7 se puede observar que el alfa obtenido mediante esta prueba es de 4.6993 el cual es menor al obtenido en la prueba anterior.

A. Análisis de cobertura

El análisis de cobertura se basa en las mediciones de las pruebas de campo realizadas, en las que se logró determinar que con una antena omnidireccional de 10 dB se logra cubrir un radio de mínimo de 26 metros con una ganancia en el receptor de 0dB y como máximo 80 metros, con una ganancia del receptor de 30dB, lo cual garantiza que dispositivo de seguridad trabajará de manera excelente a distancias cortas siempre que exista línea de vista entre el lector y los TAGs.

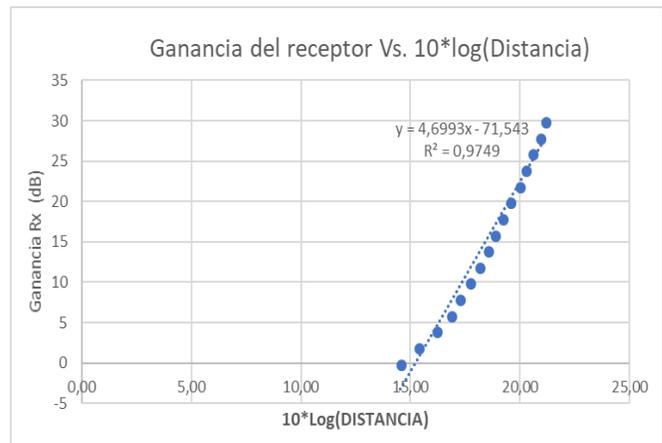


Fig 7. Ganancia del receptor Vs. 10*Log (Distancia).

B. Mediciones de la señal recibida a diferentes distancias (RSSI, por las siglas del inglés Received Signal Strength Indicator) y de la frecuencia de operación de la etiqueta activa desde un controlador.

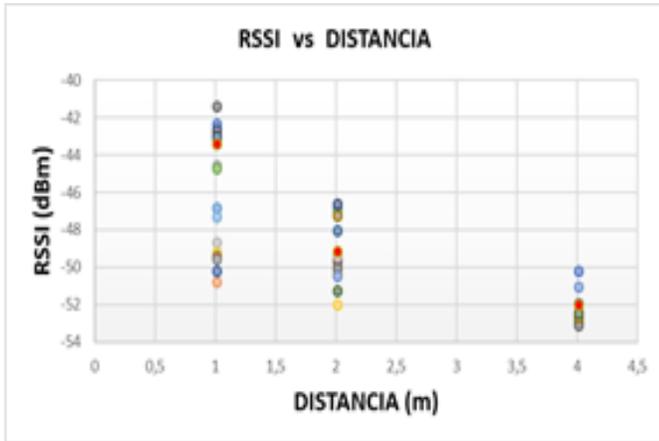


Fig 8. RSSI Vs Distancia.

En la Figura 8 se observan las muestras tomadas de RSSI vs distancia. El receptor o lector de TAGs carece de la capacidad de determinar el RSSI, por lo que el desarrollo de este punto se basa en las mediciones realizadas en el laboratorio con el equipo FIELDFOX.

Conociendo los niveles de RSSI, PIRE del transmisor y las pérdidas del cable de la antena del receptor se realizó el cálculo para lograr obtener el Path Loss de cada una de las muestras tomadas a las diferentes distancias con la finalidad de obtener un promedio de la pérdida en el espacio libre como se observa en la Figura 9.

$$P_{Tx(dBm)} - P_{Rx(dBm)} = PL_{dB}$$

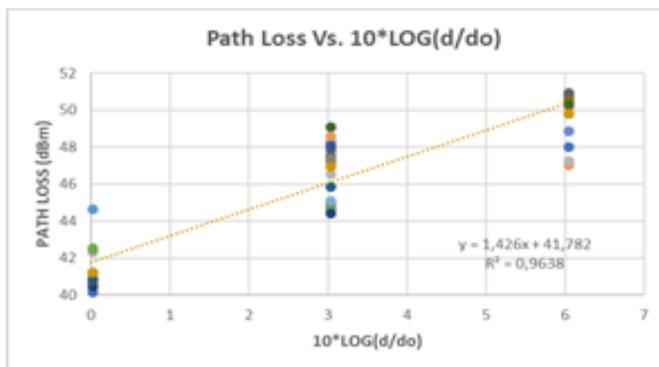


Fig 9. Path Loss vs Distancia

Para obtener el exponente de pérdida de trayecto, se tomaron los resultados de las diferencias entre la potencia de transmisión y la señal recibida [3], las mismas que se grafican separadamente dependiendo de la distancia. Así pues, las variables que se graficarán son en el eje Y path loss con unidades de decibeles, respecto al eje X lo cual es el producto (10 log (d)). Con la finalidad de obtener los valores característicos para el modelo planteado en este análisis se utiliza una regresión lineal en los datos, de tal forma que el resultado tenga forma de una recta como $y = ax + b$, donde a corresponde al gradiente de y y b a la pérdida promedio

referenciado a la distancia de d_0 , como se puede observar en la

El modelo utilizado en este proyecto es el siguiente:

$$PL_{dB}(d) = \overline{PL_{dB}}(d_0) + 10\alpha \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + X \quad (3)$$

Donde $\overline{PL_{dB}}(d_0)$, denota la pérdida promedio de trayecto en la distancia de referencia d_0 , $10\alpha \log(d/d_0)$ es la pérdida de trayecto referenciada a la distancia d , y X es una variable Gaussiana aleatoria de media cero expresada en dB, con una desviación estándar σ , esta variable es utilizada cuando hay efectos de sombra, en ambientes donde esta variable no se puede obviar.

La pérdida de trayecto promedio en d_0 y el exponente de pérdida de trayecto son determinados a través del análisis de regresión lineal. La diferencia entre este ajuste y el dato medido está representada por la variable de desvanecimiento X .

3.3. Análisis de resultados mediante el uso de los modelos de propagación en los enlaces lector-etiqueta y etiqueta-lector

Se han realizado dos tipos de pruebas, la primera en laboratorio con un alcance muy corto y considerando una pequeña cantidad de muestras debido a las características técnicas del equipo de laboratorio utilizado y la segunda en situación real con el lector de TAGs obteniendo largo alcance debido a que la ganancia del receptor se puede variar.

La prueba de laboratorio refleja un alfa de 1.426, lo cual puede atribuirse posibles reflexiones de la señal debido a que se la realizó en un lugar cerrado, exactamente en el coliseo de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, se supone que pudo ser afectada por otro tipo de señales que podrían haber estado en el ambiente en ese momento, como señales de WIFI, las mismas que se podrían confundir con la señal del TAG.

En la prueba realizada en situación real en el puerto el transmisor o TAG fue predispuesto a la altura de una persona en situación real de trabajo, el alfa encontrado fue de 6.2455, debido a la altura a la que se encontraba ubicada la antena del receptor y la altura en que se encontraba ubicado el TAG, lo que produce una obstrucción de la zona de Fresnel por lo que afecta el alfa del modelo, tal como se expone en la publicación “Characterization of Radio Path Loss in Seaport Environment for WiMAX Applications” realizado por Wireless Communications Laboratory, National Institute of Information and Communication Technology (NICT) de Singapore, donde se demuestra que la altura de las antenas van relacionadas con el alfa del modelamiento, [4] concluyendo que a mayor altura, el alfa disminuye acercándose a 2, de tal forma que en “Towards a Factory-of-Things: Channel Modeling and Deployment Assessment in PetroEcuador Esmeraldas oil Refinery” se muestra que la obstrucción de parte de la zona de Fresnell tiene incidencia en el alfa [5].

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En las pruebas realizadas se logró determinar que el alfa en un determinado ambiente puede variar dependiendo de la altura de las antenas. Se demostró que para distancias largas y

altas ganancias en el receptor, una elevación mayor de la antena del receptor provoca que el alfa tienda a disminuir y se aproxime al alfa del espacio libre, esto ocurre debido a la reducción de las obstrucciones de las zonas de Fresnel.

Para el caso particular de la terminal marítima y considerando la ubicación de las antenas lectoras y la altura a la que el personal usará los TAGs, se puede concluir que el alfa según el modelamiento utilizado es de 6.2455.

El prototipo diseñado cumplió con el objetivo para el cual fue creado, advirtiendo a un conductor y/o a un peatón o trabajador de un riesgo de accidente dentro de un área determinada.

El alcance de lectura del receptor en un ambiente real supera las expectativas planteadas al inicio de esta investigación.

Se recomienda que los usuarios del sistema utilicen los TAGs en un lugar visible para evitar la pérdida de energía de las etiquetas y la pérdida de línea de vista con respecto al receptor.

Se recomienda la utilización de un handheld con un programa que determine que el TAG portado por la persona que pretenda ingresar al lugar de mayor riesgo se encuentra en buen estado, determinando principalmente que la batería se encuentre funcionando.



Álvarez Urdiales Ronald. Ingeniero en Electricidad (1999) Escuela Superior Politécnica del Litoral, Magíster en Administración de Empresas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (2003). Magíster en Telecomunicaciones de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (2018).



Álvarez Villacís Ronald. Estudiante de la Carrera de Ciencias Empresariales, Facultad de Emprendimiento de la Universidad de Especialidades Espíritu Santo.



García Villamar Angélica. Ingeniera en Sistemas Computacionales de la Universidad de Guayaquil (2006), Magíster en Telecomunicaciones de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (2018).

REFERENCIAS

- [1] H. Córdova y P. Chávez, «Estudio, Modelamiento y Simulación de Sistemas de Espectro Ensanchado.» *Revista Tecnológica ESPOL*, vol. 18, n° 1, 2005.
- [2] K. Technologies, «Electronic Components Datasheet Search.» [En línea]. Available: [/www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=N9916a&gclid=EAIAIQobChMIkueGiJT-5AIV8IFaBR3D4AmEAAAYASAAEgIwlPD_BwE](http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=N9916a&gclid=EAIAIQobChMIkueGiJT-5AIV8IFaBR3D4AmEAAAYASAAEgIwlPD_BwE).
- [3] S. Peredo, Software para análisis del presupuesto de enlace para comunicaciones vía satélite, Tesis de Grado Licenciatura en Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas, Puebla, México, 2004.
- [4] M.-T. Zhou, J. Jurianto, J. Shankar y M. Fujise, «Characterization of Radio Path Loss in Seaport Environment for WiMAX Applications,» Singapore, 2006.
- [5] S. Savazzi, B. Ramos, J. Winter, S. Kianoush, V. Rampa, E. Del Rosario, T. Chavez y O. Cevallos, «Towards a factory-of-things: Channel modeling and deployment assessment in PetroEcuador Esmeraldas oil refinery,» *IEEE Latin-American Conference on Communications (LATINCOM)*, 2016.

Diseño de Plan de Recuperación de Desastres con base a la norma NIST 800-34 y al marco de PMBOK para una empresa aseguradora ecuatoriana

Design of a Disaster Recovery Plan based on the NIST 800-34 standard and the PMBOK framework for an ecuadorian insurance company

Karla S. Rivas P. & Gustavo D. Salazar Ch.

Resumen—Este documento resume el diseño de un plan de recuperación de desastres del área de tecnología para una empresa aseguradora del Ecuador. La primera sección expone los marcos legales, técnico y de gestión del proyecto; los cuales son: la Codificación de Seguros del Ecuador, la norma del Instituto Nacional de estándares y Tecnología 800-34 y el marco de gestión del Instituto de Gestión de Proyecto, respectivamente. En la segunda sección, a partir de los procesos de criticidad alta en el análisis de impactos, se determina la infraestructura crítica y sus estrategias de recuperación. Como resultado de la gestión del proyecto, se entregan la estructura de desglose de trabajo, la matriz de riesgos y el análisis de costos; que serán importantes para que la compañía apruebe la ejecución del proyecto.

Palabras Clave—Plan de Recuperación de Desastres de TI, NIST 800-34, PMBOK, seguros y reaseguros, Plan de Continuidad del Negocio.

Abstract - This document summarizes the design of a disaster recovery plan in the technology area for an insurance company in Ecuador. The first section sets out the legal, technical and project management frameworks; which are: the Codification of Insurance of Ecuador, the standard of the National Institute of Standards and Technology 800-34 and the management

framework of the Project Management Institute, respectively. In the second section, the critical infrastructure and its recovery strategies are determined based on the processes of high criticality in impact analysis. As a result of the project management, the work breakdown structure, the risk matrix and the cost analysis are delivered; which will be important for the company to approve the execution of the project.

Index Terms— IT Disaster Recovery Plan, NIST 800-34, PMBOK, insurance and reinsurance, Business Continuity Plan.

I. INTRODUCCIÓN

LA regulación de las compañías del sector de valores y seguros del Ecuador dispone la obligación de contar con un sistema de gestión y control de riesgos. La gestión de riesgos no solo comprende el cumplimiento del marco legal, además, previene las pérdidas financieras, operativas y de reputación causadas por la materialización de un riesgo que interrumpa la operación normal de la compañía.

Para cumplir con la normativa, las compañías generan un análisis de impactos del negocio (BIA) y un Plan de Continuidad del Negocio (BCP). El BCP requiere de los sistemas tecnológicos que soportan los procesos de la compañía, por lo cual, se necesita un Plan de Recuperación de Desastres de TI (DRP) [1].

Este trabajo es el diseño de un Plan de Recuperación de Desastres para el área de TI. En este documento se exponen las estrategias de recuperación de los sistemas tecnológicos subyacentes a los procesos calificados con criticidad alta en el

Historia de Artículo:

Recibido: 10 de julio 2019

Aceptado: 03 de septiembre 2019

K. S. Rivas P., es maestrante del Centro de Posgrados, Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador (e-mail: krivasp1504@hotmail.com)

G. D. Salazar Ch., es profesor y director de Tesis del Centro de Posgrados, Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador (e-mail: gsalazar@inlea.com – ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2394-3506>)

BIA de la compañía. Como referencia para el diseño se usa la norma NITS 800-34. Por otro lado, para gestionar el proyecto se utilizó el marco de PMBOK, y se documentaron: el acta de constitución, la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT), el cronograma de actividades, el presupuesto, la matriz de riesgos del proyecto.

Se realizó una búsqueda de trabajos similares a éste, y las diferencias más importantes están en: las normas de referencia para el diseño del DRP, el marco de referencia para la gestión del proyecto, el marco legal de la compañía, las tecnologías y arquitecturas de los servicios de cada compañía. A nivel local, el trabajo de [2] es el más similar al presente. Las diferencias principales radican en las metodologías de diseño del plan de recuperación de desastres. En [2] se trabaja con la ISO 22301, mientras que en esta propuesta se trabaja con la NIST 800-34. Sin embargo, ambas metodologías tienen como principales los pasos: 2, 4, 6 y 7 de la Figura 2.

II. MARCO TEÓRICO PARA EL DESARROLLO DEL DISEÑO

A. Naturaleza de la compañía

Este diseño se realizó para una empresa del sector de seguros y reaseguros del Ecuador, con 20 años de experiencia en los ramos de vida, incendio, hogar, accidentes personales. Según estadísticas de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros de Ecuador, la compañía ocupó el primer lugar en ventas de seguro de vida colectiva en el país durante el año 2017 [3].

B. Marco Legal

Las empresas de seguros y reaseguros del Ecuador están supervisadas por la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros y regidas por la Ley General de Seguros, Ley Orgánica de Medicina Prepagada, el Código Civil, y las codificaciones emitidas por la Junta de Regulación Financiera y Monetaria.

La Codificación de Resoluciones Monetarias, Financieras, de Valores y Seguros señala que “toda empresa de seguros y compañía de reaseguros deberán establecer esquemas eficientes y efectivos de administración y control de todos los riesgos a los que se encuentran expuestas en el desarrollo del negocio”. La normativa define el riesgo operativo como “la posibilidad de que se produzcan pérdidas debido a eventos originados en fallas o insuficiencia de procesos, personas, sistemas internos, tecnología y en la presencia de eventos externos imprevistos”. Y, dicta que, el análisis de riesgos lo realice la Unidad de Riesgos¹ o, en su defecto la Unidad de análisis Técnico² [4].

La compañía inició el diseño de un Plan de Continuidad del Negocio (PNC) para afrontar los riesgos operativos catastróficos y cumplir con la normativa. Como resultado se generó el Análisis del Impacto del Negocio (BIA), el cual

determina la criticidad de los procesos de la compañía en función de: las pérdidas financieras y de información causadas por interrupción de dichos procesos, el marco legal, la distribución del personal y la producción por sucursales. Una vez levantado el BIA, se inició el diseño de un Plan de Recuperación de Desastres de Tecnología que se expone en este documento.

C. Normativa NITS 800-34

Este diseño del plan de recuperación de desastres del departamento de Tecnología de la Información se realizó con base a la norma 800-34 del Instituto Nacional de estándares de Estados Unidos (NITS) [1].

El BCP debe garantizar que los procesos críticos del negocio no sufran interrupciones que excedan las pérdidas financieras tolerables para la compañía. El DRP identifica los servicios e infraestructura tecnológicos subyacentes a esos procesos críticos y genera las estrategias su recuperación en caso de contingencia.

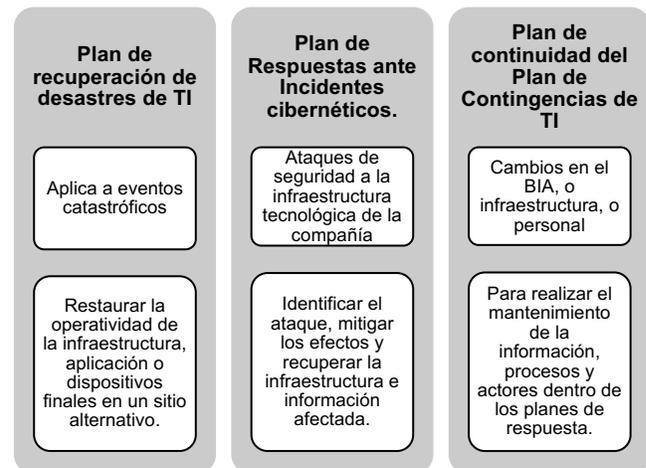


Figura 1. Tipos de Planes de Recuperación de TI [1].

La NIST 800-34 menciona varios tipos de planes para la recuperación de los sistemas de TI, como se muestra en la figura 1. La diferencia entre los planes de recuperación de TI (ver figura 1) es el alcance de cada uno de ellos y su objetivo. El DRP de TI se aplica a eventos donde el acceso a las instalaciones es difícil, o hay una interrupción de las operaciones normales del negocio durante un período prolongado, y por tanto, se requiere la reubicación de la infraestructura para restablecer la operación normal.

¹ Según la normativa, la Unidad de gestión de riesgos es “responsable de identificar, medir, monitorear, controlar/mitigar y divulgar cada uno de los riesgos de identificados que enfrenta la institución” y “deberá ser independiente de las áreas de negocios...a fin de evitar conflictos de intereses y asegurar una adecuada separación de responsabilidades.” [11]

² La Unidad de Análisis Técnico de una compañía de seguros es el órgano que realiza el análisis “de aspecto financiero como técnico, matemático y estadístico, en orden a la obtención de un equilibrio de resultados” de la actividad de la compañía [12].

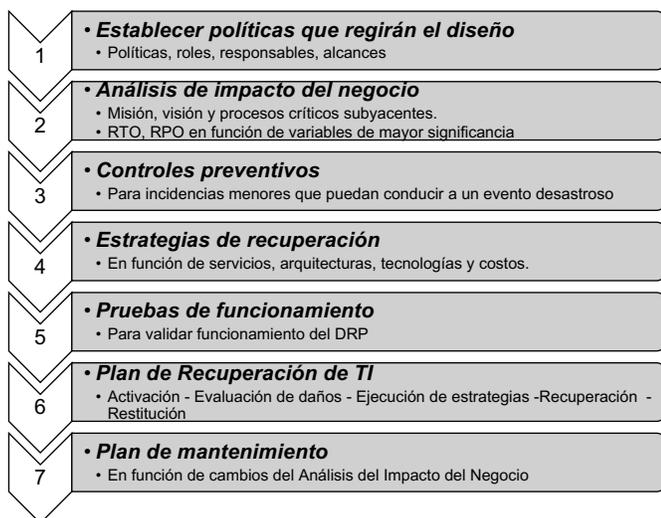


Figura 2. Fases de diseño del Plan de Recuperación de Desastres de TI según la NIST 800-34 [1].

El Plan de Respuestas ante Incidentes cibernéticos (ver Figura 1) puede considerarse dentro del BCP, pero no consta como parte del DRP y no se desarrolla en este diseño. El DRP de TI requerirá de constante mantenimiento de la información, procesos y actores dentro del mismo. La norma incorpora esta actividad en un plan separado del DRP, pero necesario para la continuidad de TI, que es el Plan de continuidad del Plan de Contingencias de TI (ver Figura 1).

Los pasos claves que establece la norma para el diseño e implementación de un DRP se muestran en la Figura 2 [1]. La sección III desarrolla los primeros cinco pasos de la norma para lograr el diseño del DRP.

D. Marco de Gestión de proyectos PMBOK

El PMBOK es un conjunto de buenas prácticas para la gestión de proyectos que establece cinco fases para un proyecto y 10 áreas de conocimiento. Las fases del PMBOK son: inicio, planificación, ejecución, control y cierre. Las áreas del conocimiento son: integración, alcance, cronograma, costo, calidad, recursos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones e interesados. Según la fase del proyecto, hay más o menos actividades relacionadas con las áreas de conocimiento. La fase donde se contemplan todas las áreas del conocimiento es la planificación [5].

Un proyecto bien planificado puede optimizar recursos (humanos, económicos, físicos, temporales) y simplificar mucho la ejecución, control y cierre de un proyecto, es por ello que, el PMBOK se enfoca el mayor conjunto de actividades en esta fase [5].

En este artículo se contemplan la fase de inicio y de planificación del proyecto. Como entregables del inicio del proyecto se generó el Acta de Constitución del proyecto. Como entregables de la planificación del proyecto se generó el Plan de proyecto que contempla: la EDT, los cronogramas, el análisis de costos, el plan de comunicación y la matriz de riesgos identificados durante la planificación de riesgos.

También son parte de los entregables de la fase de planificación según el PMBOK: el plan de gestión de adquisiciones y el plan de calidad, pero dichos planes no se entregan en este diseño.

Es importante mencionar que todas las normas (en este caso la NIST 800-34 y el PMBOK) dan una guía de buenas prácticas que deben ser adaptadas a la realidad de cada empresa y que, aplicadas de forma correcta, mejoran la efectividad del proceso para el que fueron creadas, además de ahorrar costos y tiempo. Sin embargo, la aplicabilidad de todas las prácticas o un conjunto de seleccionado de ellas, queda a discreción de cada compañía.

III. DISEÑO DEL PLAN DE RECUPERACIÓN DE DESASTRES

A. Definición del proyecto y políticas que regirán el diseño

De forma inicial, las restricciones para el diseño del DRP fueron:

- Se considerarán los procesos críticos del BIA (Tabla 1) levantado por la Unidad de Riesgos de la compañía, además se establecieron como tiempo máximo de recuperación 8 horas (RPO³), y como tiempo máximo de pérdidas de información 8 horas (RTO⁴).
- El DRP tendrá dos fases; esta primera fase comprende el 60% de la capacidad de operación actual.

B. Identificación de servicios e infraestructura tecnológica críticos de la compañía

Con base a los datos de la Tabla 1, se levantó la información de:

- Los aplicativos que utilizan los usuarios para realizar los procedimientos y sus arquitecturas.
- Los recursos de software, hardware, base de datos y servicios asociados a dichos aplicativos.
- Los proveedores relacionados con los aplicativos o responsables de dar soporte a los aplicativos.

En la tabla 2 se muestra la información listada para cada proceso crítico de la compañía. Varios servicios o recursos tecnológicos se utilizan en más de un procedimiento/proceso, por lo que, en resumen, se tienen los siguientes:

- Redes de comunicaciones: LAN, WAN, enlaces de internet y telefonía, DHCP y plataforma de seguridad perimetral (sección C.1)
- Servicio de autenticación de usuarios en la red y DNS (sección D.2)
- Servicio de correo electrónico (sección D.2)
- Plataforma de Contacto Telefónico al cliente y gestor de grabaciones de llamadas (sección D.2)
- Servicios del sistema del giro del negocio (sección D.3)
- Servicio de carga, actualización de listas de información reservada y parametrización de búsquedas de clientes en listas de información reservada (sección D.3)
- Herramienta de cotización y emisión de seguros en línea (sección D.3)
- Herramienta de administración de información e interacciones con los clientes (CRM) (sección D.3)
- Servicio de gestión de documentación y procesos (BPM) (sección D.3)

³ El punto de recuperación objetivo (RPO), “es el tiempo en el cual la información debe ser respaldada, para poder procesarla” y reconstruir la información que se pierda en la contingencia [1].

⁴El Tiempo de recuperación objetivo (RTO) es “el tiempo máximo que puede transcurrir antes de que la indisponibilidad del sistema cause pérdidas severas para la organización” [1]

– Servicio de bases de datos de aplicativos (sección D.3)

TABLA 1. PROCESOS CRÍTICOS DE LA COMPAÑÍA EN EL BIA

Macroproceso	Proceso	Procedimiento
Gestión del control	Prevención de Lavado de activos	Revisión de Clientes en lista de información reservada
Gestión Comercial	Comercialización de seguros	Comercialización de productos en distintos canales de venta (B2C, B2B, B2B2C)
Gestión de experiencia del cliente	Gestión de Quejas, requerimientos y recepción de reclamos.	Recepción de siniestros, quejas, requerimientos, modificaciones, anulaciones y cancelaciones
Gestión de Siniestros	Gestión de Siniestros	Apertura de casos, recepción de información, análisis, aprobación/negativa y pago de siniestros
Gestión de Tecnología	Administración de la plataforma tecnológica	Administración de infraestructura tecnológica y de comunicaciones. Administración de Base de Datos. Administración de aplicativos internos y externos

C. Descripción de estrategias por servicios tecnológicos

Una vez que se completó el mapeo de los aplicativos y sus respectivos recursos (Figura 7) se establecieron las estrategias de recuperación de los aplicativos y bases de datos, conforme a los siguientes a la arquitectura de software y base de datos de las aplicaciones; la tasa de cambio de la información de las aplicaciones y el juicio de los expertos y quienes diseñaron las aplicaciones.

1) *Centro de cómputo y redes de comunicaciones: LAN, WAN, enlaces de internet y telefonía, DHCP y DNS y plataforma de seguridad perimetral.*

El sitio contingente debe localizarse en un área geográfica que no esté afectada por el mismo evento de desastre del sitio principal [1]. La compañía cuenta con centros de cómputos en la localidad de Quito, por lo que se optó por uno en la ciudad de Guayaquil, con servicio de arrendamiento.

D. Descripción de estrategias por servicios tecnológicos

Una vez que se completó el mapeo de los aplicativos y sus respectivos recursos (Figura 7) se establecieron las estrategias de recuperación de los aplicativos y bases de datos, conforme a los siguientes a la arquitectura de software y base de datos de las aplicaciones; la tasa de cambio de la información de las aplicaciones y el juicio de los expertos y quienes diseñaron las aplicaciones.

1) *Centro de cómputo, redes de comunicaciones, plataforma de comunicaciones unificadas y seguridad perimetral.*

El sitio contingente debe localizarse en un área geográfica que no esté afectada por el mismo evento de desastre del sitio principal [1]. La compañía cuenta con centros de cómputos en la localidad de Quito, por lo que se optó por uno en la ciudad de Guayaquil, con servicio de arrendamiento.

TABLA 2. SERVICIOS TECNOLÓGICOS ATADOS A LOS PROCESOS CRÍTICOS

Proceso crítico	Procedimiento	Aplicativos / servicios tecnológicos
Prevención de Lavado de Activos	Búsqueda y Análisis de Clientes en listas de información reservada	Sistema de carga y actualización de listas de información reservada (Bridger Insight)
		Enlaces de Internet
	Revisión de Clientes en espera y aprobación o negación	Sistema de configuración y parametrización de búsquedas de clientes en listas de información reservada (Risk Control)
		Módulo de aprobación de clientes en espera
Comercialización de Seguros	Comercialización de productos en distintos canales de venta (B2C, B2B y Telefónico)	Enlaces de Internet
		Correo electrónico
		Herramienta de administración de información e interacciones con los clientes (CRM)
		Herramienta de cotización y emisión en línea
		Gestor de documentación y procesos (BPM)
Servicio al cliente	Recepción de siniestros, quejas, requerimientos, anulaciones y cancelaciones	Plataforma de Contacto Telefónico al cliente y gestor de grabaciones de llamadas
		Enlaces de telefonía
		Herramienta de administración de información e interacciones con los clientes (CRM)
		Sistema Core del Negocio (SIP)
		Gestor de documentación y procesos (BPM)
		Plataforma de Contacto Telefónico al cliente y gestor de grabaciones de llamadas
Gestión de Siniestros	Apertura de casos, recepción de información, análisis, aprobación/negativa y pago de siniestros	Enlaces de telefonía
		Plataforma de entrega de aplicaciones remotas
Administración de la plataforma tecnológica	Seguridades necesarias para la infraestructura de la compañía	Enlaces de Internet
		Gestor de documentación y procesos (BPM)
		Sistema Core del Negocio
		Plataforma de Seguridad Perimetral: Firewall, Proxy y Antispam
		Plataforma de Autenticación de usuarios: Directorio Activo
Administración de la plataforma tecnológica	Seguridades necesarias para la infraestructura de la compañía	Plataforma de Administración de Redes LAN: DHCP, DNS
		Plataforma de virtualización y consolas de administración
		Enlaces de Internet

Para la segmentación de redes de en el centro de datos alterno, las redes de las consolas de administración de infraestructura física y de virtualización, se diferenciarán con el propósito de identificar qué localidad se administra; y, las redes de servidores se configurarán dentro del mismo rango para ambas localidades, como una LAN extendida, para facilitar la migración de servicios del ambiente de producción a contingencia en caso de que el DRP se active como se muestra en la Figura 3.

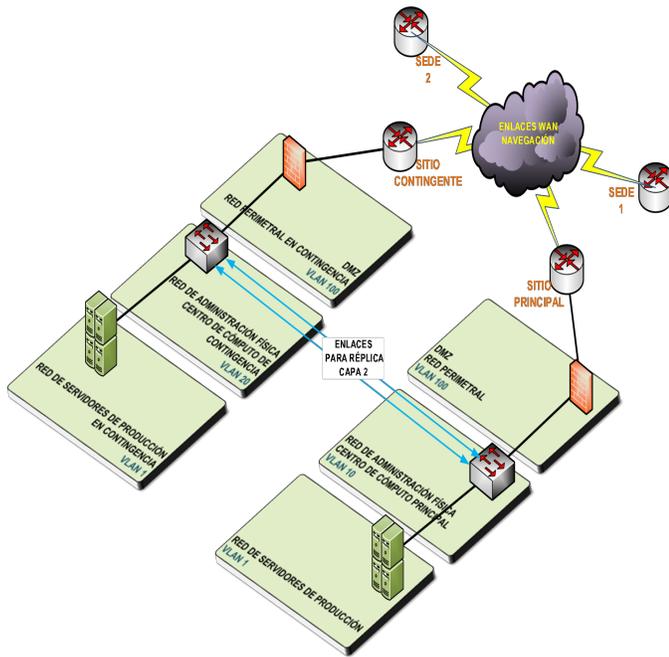


Figura 3. Estrategia de redes y enlaces de comunicación para sitio de contingencia [1].

Se tendrán dos enlaces que conectarán los centros de computación principales de Quito o las sucursales con el centro de cómputo de contingencia, que son: los de réplica y de datos. El servicio de réplica se realizará con dos enlaces de capa 2 entre los switches de distribución del sitio contingente y el principal; los enlaces serán redundantes en modo activo pasivo. Los enlaces de datos se configurarán entre las sucursales al sitio contingente (ver Figura 3). Las capacidades de los enlaces de réplica serán mayores a los de datos, puesto que se utilizarán para mantener la información de las aplicaciones sincronizadas entre el sitio principal y contingente.

Para la configuración de red propuesta, es necesario que se apunten a todos los servicios o servidores de aplicaciones por nombre de servidor y dominio (FQDN⁵); con esto, los servidores pueden tener dos direcciones IP por registro DNS: una de producción y otra de contingencia (Figura 4); al caer una de ellas el DNS facilitará la IP disponible para el mismo FQDN que será la de contingencia [6] [7].

2) Autenticación de usuarios, correo electrónico y plataforma de telefonía.

La autenticación de usuarios se realiza a través de un controlador de dominio de Microsoft, también para el correo electrónico la compañía utiliza la solución de Microsoft, Exchange. La arquitectura de ambas aplicaciones permite la configuración de alta disponibilidad de sus servicios; es decir, si un controlador de dominio, o un servidor de correo, falla los clientes se conectan automáticamente a los servidores de contingencia que conforman la arquitectura y están disponibles y sincronizados. Por lo tanto, la estrategia es disponer de un

servidor contingente en el centro de cómputo alternativo [6] [7], ver Figura 4.

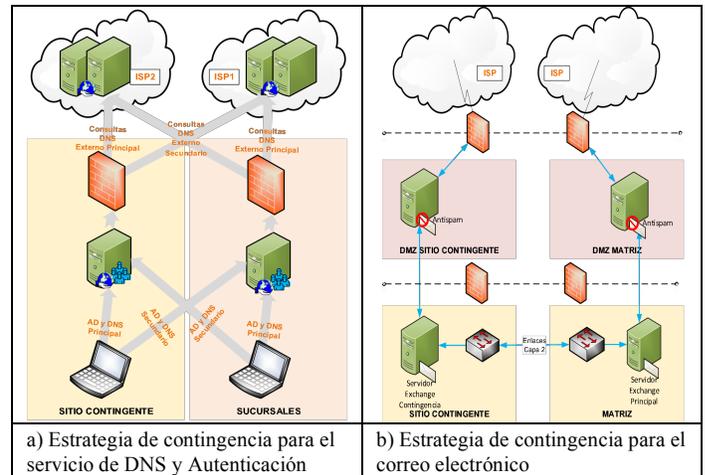


Figura 4. Estrategias de recuperación de los servicios de DNS y de correo electrónico [6] [7].

Para la arquitectura de alta disponibilidad del correo electrónico se debe configurar a los servidores de correo electrónico dentro de un mismo grupo de disponibilidad de base de datos (DAG⁶). La réplica de la información de las bases de los servidores utilizará el enlace de capa 2. En el sitio contingente existirá un antispam en clúster con el del sitio principal para el control del correo que se recibe o envía hacia fuera de la organización [7].

El servicio de comunicaciones unificadas (telefonía, centro de contacto telefónico, IVR, entre otros) también se cuenta con una arquitectura de alta disponibilidad, como se muestra en la Figura 5. Los enlaces de telefonía hacia la PSTN se gestionarán con un proveedor diferente al de la sede principal [8].

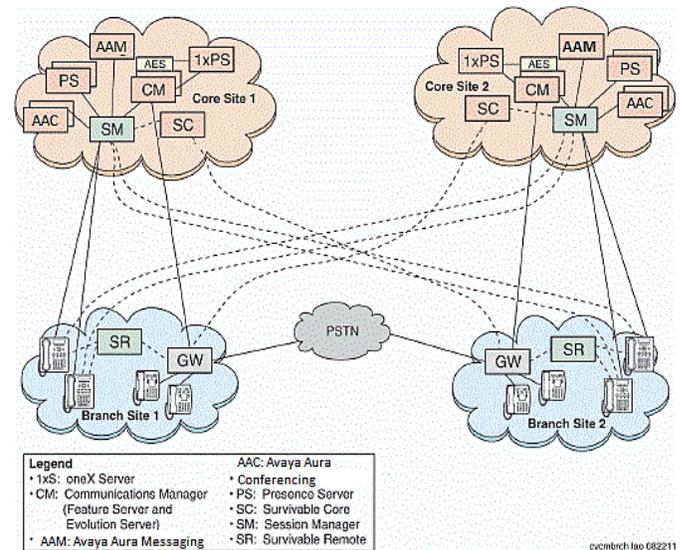


Figura 5. Estrategias de recuperación de los servicios de Comunicaciones Unificadas [8].

⁵El nombre completo de dominio de un host (FQDN, fully qualified domain name) es el registro que identifica a un computador o servidor único en un dominio, y está conformado por dos partes: nombre del host y nombre del dominio [13].

⁶ “Un grupo de disponibilidad de base de datos (DAG) es un grupo de hasta 16 servidores de buzones de correo que aloja un conjunto de bases de datos y proporciona una recuperación automática a nivel de base de datos de fallas que afectan a servidores individuales o bases de datos” [14].

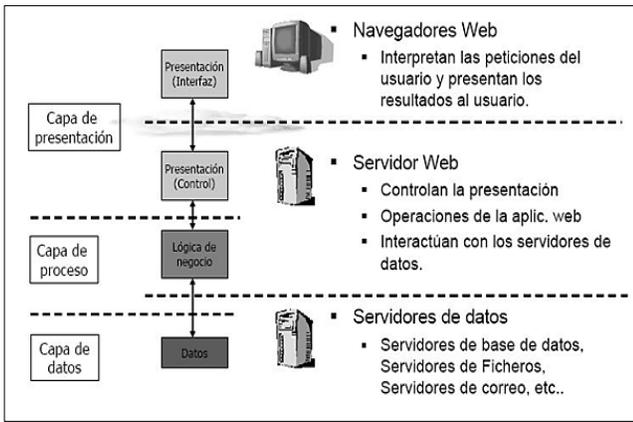


Figura 6. Arquitectura en capas de aplicativos críticos enlistados [9].

3) Estrategias para el resto de aplicativos de la compañía

Las aplicaciones del sistema del giro del negocio; la actualización de listas de información reservada y parametrización de búsquedas de clientes; cotización y emisión de productos; información e interacciones con los clientes (CRM); y, gestión documental y procesos (BPM), tienen la misma arquitectura de software (ver Figura 6), por lo cual se aplicó la misma estrategia para todos ellos.

La arquitectura consiste en tres capas (Figura 6): de presentación (servidores web), de proceso (servidores/servicios donde se aplican las reglas del negocio) y de datos (servidores de bases de datos).

Los elementos de cada capa sufren cambios con distinta frecuencia. La capa de datos de las aplicaciones, que corresponde a las bases de datos, sufre cambios en función de los datos ingresados o modificados, por lo que, se aplica la estrategia presentada en la sección 4 (más adelante), que es la réplica en línea, a fin de reducir la pérdida de información.

Las capas de presentación y procesos sufren cambios con menor frecuencia que la capa de datos. Por ejemplo, la herramienta de comercialización en línea sufre cambios en la capa de procesos o presentación, cada vez que se añade una regla de negocio⁷ como la inclusión de un campo en el formulario de venta de un producto. Por ello la estrategia de recuperación los elementos de esta capa es la réplica de las imágenes de máquinas virtuales calendarizada.

Es importante destacar que, para que en el caso de las aplicaciones que tienen las tres capas, éstas se deben recuperar en orden para que funcionen. Primero, las bases de datos, luego, la capa de procesos y, por último, los de la capa de presentación.

4) Servicio de base de datos y servicio de archivos de usuarios

Las bases de datos de las aplicaciones tienen una alta tasa de transacciones (de lectura y escritura). La estrategia de recuperación de las bases de datos consistirá en la réplica en línea de la información de las bases que corresponden a las aplicaciones críticas hacia el sitio contingente. La réplica en línea se realizará a través del enlace de capa 2. Las bases de datos del sitio contingente se configurarán en modo “clúster”

⁷ “Las reglas de negocios son instrucciones declarativas que rigen la conducta de los procesos empresariales. Una regla está formada por condiciones y acciones. La condición se evalúa, y si se evalúa como verdadera, se inician una o varias acciones.” [15]

con las bases de datos en el sitio principal, y estará en estado pasivo hasta que se deba activar el DRP.

Ítem	DESCRIPCIÓN DEL APLICATIVO	HARDWARE			SOFTWARE		CAPA DE ARO. DE SOFTWARE
		RAM (GIGAS)	vCPU	STORAGE (TERAS)	CANT.	TIPO DE LICENCIAMIENTO	
1	SERVIDORES DE ARCHIVO	72	9	20	5	WINDOWS SERVER STANDARD	ÚNICA
2	SISTEMA CORE	4	16	1	1	WINDOWS SERVER STANDARD	PROCESAMIENTO Y APLICACIÓN
3	SISTEMA CORE	384	18	42	3	WINDOWS SERVER STANDARD	BASE DE DATOS
4					3	MICROSOFT SQL SERVER	BASE DE DATOS
5	SISTEMA CORE	16	64	2	4	WINDOWS SERVER STANDARD	APLICACIÓN
6	BPM	24	4	0.46	1	WINDOWS SERVER STANDARD	APLICACIÓN
7	BPM	24	4	0.46	1	WINDOWS SERVER STANDARD	PROCESAMIENTO
8	BPM	128	5	5.3	1	WINDOWS SERVER STANDARD	BASE DE DATOS
					1	MICROSOFT SQL SERVER	BASE DE DATOS
9	Herramienta de CRM e Información del cliente	48	32	1.31	3	WINDOWS SERVER STANDARD	PROCESAMIENTO Y APLICACIÓN
10	Herramienta de Ventas móviles	32	8	1	2	WINDOWS SERVER STANDARD	PROCESAMIENTO Y APLICACIÓN
11	Plataforma de Contact Center, y gestión de grabaciones de llamadas	178	110	12	2	WINDOWS SERVER STANDARD	TODAS
					18	Red Hat Enterprise Linux	
12	Plataforma de entrega de aplicaciones remotas	52	36	1	7	WINDOWS SERVER STANDARD	TODAS
13	Correo electrónico	48	4	2	18	WINDOWS SERVER STANDARD	TODAS
14	Plataforma de Seguridad Perimetral: Firewall, Proxy y Antispam	36	58	1	3	Red Hat Enterprise Linux	TODAS
15	Plataforma de Autenticación de usuarios: Directorio Activo	8	4	0.5	1	WINDOWS SERVER STANDARD	NO APLICA
16	Plataforma de Administración de Redes LAN: DHCP, DNS	8	4	0.5	1	WINDOWS SERVER STANDARD	NO APLICA
17	Plataforma de virtualización y consolas de administración	8	4	0.5	1	WINDOWS SERVER STANDARD	TODAS
TOTALES		1070	380	91.03			

Figura 7. Recursos totales para implementación de servicios/aplicativos críticos identificados. Nota: los nombres han sido modificados por los términos de confidencialidad del proyecto, dejando la descripción del aplicativo.

PROCESAMIENTO			
Cant.	Servidores	vCPU	RAM
9	ProLiant BL460c Gen9	408	2.2 TB
6	ProLiant BL460c Gen8	224	1.5 TB
Total		632	3.7 TB

ALMACENAMIENTO 3PAR			
Cant.	Discos	Capacidad unidad	Total RAW (TB)
48	Disk FC 10K SSF	1.8 TB	86,4
48	Disk NL 7K LFF	4 TB	192
TOTAL			278,4

Figura 8. Recursos totales de procesamiento y almacenamiento que se, por actualización de infraestructura tecnológica, serán trasladados al Centro de Cómputo alternativo.

Una restricción que se identificó para la recuperación de las aplicaciones de CRM y BPM es que las bases deben levantarse en el mismo sitio geográfico, puesto que las latencias propias de los enlaces inhiben el funcionamiento de estas aplicaciones al conectarse con bases en diferentes sedes.

La misma herramienta y estrategia se utilizará para los servicios de archivos de usuarios en unidades compartidas, es decir, se replicará en línea de la información de los usuarios a un servidor de archivos en el sitio contingente y se direccionarán las unidades compartidas de los usuarios mediante DNS al sitio de contingencia.

IV. ANÁLISIS DEL HARDWARE PARA EL SITIO DE CONTINGENCIA

La compañía optó actualizar la infraestructura del centro de cómputo principal y reutilizar el equipo reemplazado en el centro de cómputo alterno. La actualización consistió en migrar la infraestructura convergente de los centros de cómputo de Quito a nueva infraestructura hiperconvergente.

TABLA 3. USO DE HARDWARE DISPONIBLE DE LOS APLICATIVOS CRÍTICOS

	Unidad	Disponible	Requerido	Uso %
RAM	GB	3700	1070	29%
vCPUs	cantidad	632	380	60%
Almacenamiento	TB	278.4	91.03	33%

Luego se validó la infraestructura convergente que aún contaba con soporte de fabricante para ser reutilizada en el centro de cómputo alterno. Se realizó el análisis de recursos disponibles para validar que dicha infraestructura cubra lo requerido para el DRP, los resultados se muestran en las Figura 7 y Figura 8, y Tabla 3. En conclusión, no se requiere comprar almacenamiento, ni procesamiento adicional para la implementación del DRP porque en todos los casos se utiliza menos del 60% de lo dispuesto.

TABLA 4 COSTOS ANUALIZADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL DRP POR TIPO DE GASTO TECNOLÓGICO

RESUMEN DE COSTOS POR TIPO DE RECURSOS				
TIPO DE GASTO TECNOLÓGICO	MONTO POR CONCEPTO		% APOORTE DE CADA COSTO AL TOTAL	
	2019	2020	2019	2020
HARDWARE	\$9,933.94	\$0.00	3.1%	0.0%
SOFTWARE	\$11,631.54	\$0.00	3.6%	0.0%
LICENCIAMIENTO	\$84,037.15	\$60,140.68	26.2%	23.2%
SOPORTE DEL LICENCIAMIENTO	\$7,791.91	\$7,791.91	2.4%	3.0%
INSTALACIÓN	\$48,316.52	\$0.00	15.0%	0.0%
SERVICIO DE COMUNICACIÓN	\$133,780.50	\$160,536.60	41.6%	61.9%
SERVICIO DE HOUSING	\$23,800.00	\$28,560.00	7.4%	11.0%
SERVICIO DE SOPORTE	\$2,000.00	\$2,400.00	0.6%	0.9%
TOTAL	\$321,291.56	\$259,429.19	100.0%	100.0%

TABLA 5 COSTOS ANUALIZADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL DRP POR FRECUENCIA DE PAGO

Por frecuencia de pago	2019	2020
Una vez	29%	0%
Mensualmente	50%	74%
Anualmente	21%	26%
Total	100%	100%

V. ANÁLISIS DE COSTOS DEL DISEÑO

El resumen de costos por cada tipo de gasto tecnológico y para los años 2019 y 2020 se muestran en las Tablas Tabla 4 y Tabla 5. Durante el año 2019 se pagarán costos únicos de instalación y configuración que elevarán el presupuesto necesario para mantener el DRP, y durante el año 2020 sólo se pagarán los costos del mantenimiento de la solución de DRP.

Los rubros más significativos de la solución son los de enlaces de comunicaciones y de licenciamiento.

La mayoría de costos del proyecto para el año 2019 (considerando los meses de marzo a diciembre), que es el año de implementación, se deben pagar de forma mensual, representan el 49.6% de la inversión y corresponden principalmente a los enlaces de comunicaciones y arrendamiento del centro de datos. El segundo costo más importante es el de licenciamiento y su soporte, corresponde al 25.2% y tiene una frecuencia de pago anual. Los costos de implementación para el año 2019 representan el 15 % de la inversión y se pagan una vez.

VI. ANÁLISIS DE RIESGOS DEL PROYECTO

Entre los riesgos principales que se pueden presentar para implementar las estrategias diseñadas están:

- Que la infraestructura necesaria para el sitio contingente no esté instalada y configurada correctamente y de forma oportuna:
 - Esto podría generar retrasos en el proyecto o dificultades en la implementación de las estrategias. Para evitarlo se debe validar la infraestructura base antes de su entrega.
- Fallas en los enlaces de comunicación WAN al Sitio Contingente.
 - Esto puede dificultar la réplica de datos entre el sitio principal y el contingente, ampliando el tiempo de recuperación de datos o incluso imposibilitando la recuperación de datos. Para evitarlo es importante realizar pruebas de los enlaces y destinar una ventana de prueba y puesta a producción adecuada para medir la transaccionalidad sobre los mismos y afinarlos.
- Que algunos aplicativos no cuenten con soporte de fabricantes.
 - Esto puede dificultar tener la suficiente información sobre las restricciones del aplicativo al replicarlo o no contar con la ayuda oportuna para restablecer el aplicativo en caso de contingencia. Para evitarlo el área de tecnología debe garantizar de forma contractual el soporte de los aplicativos que se usan en procesos críticos.
- Que exista demasiada información para la réplica inicial al sitio contingente
 - Esto puede causar que el DRP no se pueda manejar hasta que toda la información esté replicada. Este riesgo depende también de forma indirecta de los enlaces, sin embargo, para reducir el tiempo de la copia inicial lo óptimo es realizarla de forma local, en horarios de poca transaccionalidad o que puedan ser monitoreados y previo a trasladar los equipos al sitio contingente.

VII. CONCLUSIONES Y LECCIONES APRENDIDAS DEL PROYECTO

La compañía, además de considerar el costo inicial para la implementación de un Plan de Recuperación ante Desastres del área de TI, debe proyectar y contemplar el costo de mantenimiento de dicha solución. En esta compañía el costo de mantenimiento representa un incremento del 33% del presupuesto anual asignado al área de TI, para un centro de cómputo alterno con una capacidad equivalente al 60% de la operación del centro de cómputo principal. Si ese presupuesto adicional no se reserva, se debería limitar el alcance del proyecto según lo que la compañía considere que debe o puede

invertir y sin descuidar las necesidades y escenarios planteados en el BIA.

El DRP es un plan que puede cambiar en función de las nuevas aplicaciones o necesidades del negocio, por lo que su presupuesto de mantenimiento también cambiará. Es por eso que se debe contrastar su costo con el de la pérdida causada por la materialización del riesgo para sensibilizar a las partes que aprueban el presupuesto del proyecto. Por lo tanto, es importante considerar la participación de las áreas de que tienen asignadas la evaluación de riesgos operativos y financieros y la administración de los procesos de la compañía para la promoción del proyecto.

El Plan de Continuidad del Negocio (PNC) de una compañía constituye la orquestación de varios planes: de comunicaciones, de operación, entre otros; y el de recuperación de la infraestructura tecnológica, durante una interrupción no esperada. Además de actualizar de forma constante el DRP, la compañía debe informar y entrenar a los colaboradores en sus roles y actividades dentro del PNC y otros planes que lo complementan. De lo contrario, el DRP no funcionará, si, a pesar de poner a disposición las herramientas tecnológicas, no se cuenta con el personal competente para acceder a ellas y utilizarlas.

Se recomienda que el BIA y el PNC sean levantados por un área que tenga conocimiento y gestión de los riesgos dentro de los procesos de la compañía. Primero, porque los procesos pueden requerir tareas manuales, no atadas a una herramienta y de criticidad alta, cuya estrategia de recuperación no correspondería al área de tecnología, sino a un área operativa. O bien, algunas estrategias de recuperación pueden no requerir una herramienta. Por ejemplo, para el caso actual, la comercialización puede realizarse mediante formularios pre-impresos (no por una herramienta en línea); en ese caso, provisionar de los formularios y entrenar al equipo en su uso no es tarea del área de TI.

Segundo, el área de tecnología destinada al desarrollo de aplicaciones, no es un área especialista en evaluación de riesgos. La responsabilidad de gestionar un plan con la complejidad del PNC debe ser de un área que cuente con las herramientas y competencias adecuadas, en caso de que no exista dicha área, debe ser generado como un proyecto de toda la compañía. En el caso de este proyecto, el escenario y procesos considerados críticos ya fueron establecidos por la Unidad de Riesgos de la compañía, la cual es la destinada a realizar dicho análisis según la normativa.

Si bien existen servicios de infraestructura en la nube, que pueden ser una alternativa para las estrategias de recuperación de la infraestructura, éstos deben ser analizados según el marco legal y operativo de cada compañía. Para el caso de las empresas de seguros del Ecuador, que manejan datos personales y sensibles de los usuarios, la legislación exige sigilo respecto a esa información, por lo que la compañía consideró un riesgo manejar la infraestructura como servicio en la nube.

En este diseño del proyecto se trabajó con miembros de distintas áreas de la compañía y proveedores. Entre las áreas que participaron están: el área de infraestructura y desarrollo tecnológico de aplicaciones, la Unidad de Riesgos y la oficina de procesos, la oficina de proyectos, y proveedores. Para

coordinar el trabajo conjunto de las partes se realizaban reuniones de seguimiento semanales que permitían visualizar lo que se había hecho, lo que se debía hacer y los inconvenientes en que las distintas partes del proyecto requerían ayuda. Cada parte tenía un líder de proyecto, responsable de gestionar la comunicación, requerimientos y resultados de los compromisos en cada reunión, lo que facilitaba la coordinación de los esfuerzos.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] NIST, Contingency Planning Guide for Information Technology Systems, Washintong: U.S. Government Printing Office, 2002.
- [2] A. Cárdenas Pallo, Desarrollo del plan de Continuidad del negocio para la Empresa Equivida SA para el período 2012-2015, Sangolqui: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2013.
- [3] Seguros del Pichincha. Marzo, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.segurosdelpichincha.com/conoce-seguros-del-pichincha-aseguradora-lider-en-ecuador.html>.
- [4] F. d. V. y. S. Codificación de Resoluciones Monetarias, Junta Financiera Monetaria, Quito. Registro Oficial de la Asamblea Nacional, 2017, pp. 227-239.
- [5] Project Management Institute. La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK). Sexta ed., Newtown Square, Pennsylvania 19073-3299 EE.UU. Project Management Institute, Inc., 2017, pp. 23-25.
- [6] Microsoft.Windows IP Pro Center - Use DNS policy for app load balancing. Microsoft. Mayo, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-server/networking/dns/deploy/app-lb>. [Último acceso: 10 Junio 2019].
- [7] S. Branham.ExchangeITup. Stacey Branham, 6 Enero 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.exchangeitup.net/2015/01/exchange-2013-planning-diagrams-part-1.html>. [Último acceso: 10 Junio 2019].
- [8] Avaya Inc. .AVAYA. Product Documentation. Redundancy and high availability. Avaya, 20 6 2018. [En línea]. Disponible en: https://documentation.avaya.com/bundle/AvayaAuraSessionManagerOverviewandSpecification_r7.1.3/page/RedundancyAndHighAvailability.html. [Último acceso: 10 Junio 2019].
- [9] Instituto Tecnológico de Matehuala. 2.1 Arquitectura de las aplicaciones Web. Junio, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://programacionwebisc.wordpress.com/2-1-arquitectura-de-las-aplicaciones-web/>.
- [10] Universitat Oberta de Catalunya.Glosario. [En línea]. Disponible en: http://cv.uoc.edu/UOC/a/moduls/90/90_519/web/nwin/glossari/. [Último acceso: 2019].
- [11] Superintendencia de Bancos.Superintendencia de Bancos. Libro I. Normas generales para instituciones del sistema financiero. Administración de Riesgos. 10 enero 2010. [En línea]. Disponible en: https://www.superbancos.gob.ec/bancos/wp-content/uploads/downloads/2017/06/L1_X_cap_1.pdf. [Último acceso: junio 2019].
- [12] A. Guardiola Lozano, Manual de Introducción al Seguro, Madrid. Editorial MAPFRE, 1990.
- [13] Indiana University.Knowledge Base. 2019. [En línea]. Disponible en: <https://kb.iu.edu/d/aiuv>. [Último acceso: Junio

2019].

- [14] Microsoft. Microsoft Docs: Exchange Server - High availability - Database availability groups. Agosto, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://docs.microsoft.com/en-us/exchange/high-availability/database-availability-groups/database-availability-groups?view=exchserver-2019>. [Último acceso: Junio 2019].
- [15] Microsoft. Documentación principal de BizTalk Server. Microsoft. Junio, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://docs.microsoft.com/es-es/biztalk/core/rules>. [Último acceso: Agosto 2019].



Karla S. Rivas P. Nacida en Quito, el 15 de abril de 1989. Obtuvo el título de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional, Quito, en 2016. Estudió la Maestría en Gerencia de Sistemas Informáticos, en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en 2016. Trabajó en el área de infraestructura tecnológica

y de diseño de plataformas de comunicaciones unificadas con marcas como Cisco, Avaya, HP, Aruba, Checkpoint, McAfee, Veeam, entre otras, desde el 2014 al 2016. Actualmente, se realiza la gestión de proyectos tecnológicos en el sector de seguros.



Gustavo Salazar, Nacido en Quito, el 9 de septiembre de 1987. Es Ingeniero Electrónico graduado con honores de ESPE, Magister en Redes de Comunicaciones de PUCE, siendo el mejor graduado de todos los posgrados del año 2015. Doctorando en Ciencias Informáticas en la Universidad Nacional de La Plata - UNLP con investigación en Redes de Nueva

Generación y basadas en programabilidad. Conferencista de Cisco Community Support en Español galardonado en el 2016/2017 y para Cisco Global Instructor Professional Development. Es Docente Universitario a nivel de Maestría en ESPE, PUCE, EPN, UPS y UNLP. Mejor instructor Cisco en Latinoamérica 2016/2017. Actualmente trabaja para Cisco Systems e Inlea en el desarrollo curricular de los programas Cisco Networking Academy y en la elección de futuros instructores a nivel mundial. Es instructor de instructores para programas CCNA R&S, CCNP R&S, CCNA Security, IT Essentials y CyberOPS en ESPE-Innovativa EP. Posee varias certificaciones Cisco, Microsoft e IPv6 Forum. Designado como Cisco Champion 2016 a 2019.

Design and Implementation of a Real-Time Monitoring System for the Parameters of Electro-Electric Variables of the Electric Power Control and Backup Equipment of the ECU 911 Loja Integrated Security System

Cosme Xavier Gálvez Sánchez, Ángel José Ordóñez Mendieta

Resumen— La presente investigación tiene como finalidad el desarrollo de un sistema de monitoreo en tiempo real, que permite visualizar los parámetros electro-energéticos de la red eléctrica interna del edificio del Sistema Integrado de Seguridad ECU 911 Loja. El sistema eléctrico del SIS ECU 911 Loja, se encuentra actualmente integrado con equipos de control y respaldo de energía eléctrica, los cuales se encargan de la supervisión y control de dicho sistema. La propuesta de este artículo, dispone desarrollar un software que permita acceder a las variables electro-energéticas medidas por estos equipos, a través de una interfaz humano-máquina o HMI, por sus siglas en inglés Human Machine-Interface. Se inicia con un breve estudio de los sistemas de monitoreo y control utilizados en la industria, más conocidos como sistemas SCADA. Luego, se procede a la recopilación de información del campo de trabajo, así como de los que equipos que intervienen en él. Finalmente, haciendo uso de herramientas de software libre, que se detallan en la redacción, se diseña e implementa el sistema de monitoreo.

Index Terms— Sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA), Modbus RTU, Modbus TCP, Python, PostgreSQL, Pila ELK

Abstract—The purpose of this research is to develop a real-time monitoring system that allows visualizing the electro-energetic parameters of the internal electrical network of the building of the Integrated Security System ECU 911 Loja. The electrical system of the SIS ECU 911 Loja, is currently integrated with electric power control and backup equipment, which is in charge of the supervision and control of said system. The proposal of this article, has to develop a software that allows to accede to the electro-energetic variables measured by these equipment, through a human-machine interface or HMI. It begins with a brief study of the monitoring and control systems used in the industry, better known as SCADA systems. Then, it proceeds to the collection of information from the work field, as well as the equipment that intervenes in it. Finally, using free software tools, which are detailed in the writing, the monitoring system is designed and implemented.

Index Terms— Supervision Systems, Control and Data Acquisition, SCADA, Modbus RTU, Modbus TCP, Python, PostgreSQL, ELK Stack

I. INTRODUCTION

THE development of real-time monitoring system, oriented to the supervision of the electro-electric variables of the electric power control and backup equipment of the ECU 911 Loja Integrated Security System, was raised under the functional structure of the SCADA systems. From the investigation of the functional blocks that integrate the structure of these systems, it was possible to identify and integrate the equipment in a single monitoring system, under different buses and communication protocols, storing the information in a database and presenting the user the electro energy variables through an HMI and a web interface, which can be accessed from any place that has access to the internal network of SIS ECU 911 Loja.

The main objective of the SIS ECU 911 is to provide to the city with a technological tool that allows them to integrate all the resources devoted to public safety and the provision of services to the community. In this way, society is offered a simple and efficient method to channel their emergency situations. In this sense and with the premise of fulfilling this primary objective, it is of particular importance that the technology provided allows efficient processing of each and every one of the events involved in an emergency situation. For this reason, the energy control and backup systems of the entire technological infrastructure is a fundamental part in the provision and assurance of the aforementioned services. In order to achieve this, it is of fundamental importance that the power supply of the SIS ECU 911 is never interrupted under any circumstances and that it remains operational for as long as possible and in optimum conditions, so the electro-energy equipment responsible for supervising and controlling the Electrical supply

Article history:

Received 16 July 2019

Accepted 03 September 2019

Cosme Xavier Gálvez Sánchez and Ángel José Ordóñez Mendieta belong to the Department of Electronics and Telecommunications Engineering of the National University of Loja, Loja, Ecuador (emails: cxgalvezs@unl.edu.ec; angel.j.ordonez.edu.ec).

must be monitored constantly and in real time to determine its status and correct operation.

II. ELECTRIC POWER CONTROL AND BACKUP EQUIPMENT OF THE SIS ECU 911 LOJA

The equipment that is responsible for the distribution, control and backup of the SIS ECU911 Loja electrical system are the following:

- Duca-LCD96 485-RELAY Network Analyzer.
- Module DSE7320
- Eaton 9390 UPS

The DUCA-LCD96 network analyzer is a measuring instrument for the main electrical quantities, in three-phase and single-phase networks, designed for local and remote monitoring and analysis of electrical parameters of the installation in low and medium voltage switchboards; and energy consumption of the installation. The model installed in the electrical system of the SIS ECU 911 Loja is the DUCA-LCD96 485-RELAY, which presents the Modbus RTU communication protocol.

A. DUCA-LCD96 585-RELAY

The DUCA-LCD96 network analyzer is a measuring instrument for the main electrical quantities, in three-phase and single-phase networks, designed for local and remote monitoring and analysis of electrical parameters of the installation in low and medium voltage switchboards; and energy consumption of the installation. The model installed in the electrical system of the SIS ECU 911 Loja is the DUCA-LCD96 485-RELAY, which presents the Modbus RTU communication protocol.

1) Technical Data

Next, the communication interface characteristics relevant to this work are indicated [1].

TABLE 1

RS485 COMMUNICATION INTERFACE, OF THE DUCA-LCD96 485-RELAY	
Protocol	Modbus RTU or ASCII Ducati
Electrical Standard	RS485 with opto insulation
Baud Rate	4.8, 9.6, 19.2 kbps
Parity Number	Odd, Even, None
Stop bit	1, 2
Address	1-247 for Modbus RTU; 1-98 for ASCII Ducati
Connector	4-pole terminal (integrated 120 Ohm termination)

2) Electro-energy variables of the DUCA-LCD96 485-RELÉ network analyzer

The following are some of the electro-energy variables, with their respective Modbus addresses of the Duca-LCD96 485-RELE network analyzer [1], considered for real-time monitoring as required by SIS ECU911 Loja.

TABLE 2
ELECTRO-ENERGY VARIABLES OF THE DUCA-LCD96 485-RELÉ [1]

Address (Modbus register)	Size (Byte)	Variable	Unit	Format (Long)
0004	2	Three Phase Equivalent Voltage	Volts	no sign
0018	2	Three-phase equivalent current	Hundreds of Amperes	no sign
0034	2	Three-phase equivalent active power	Watts	no sign

B. Module DSE7320

The automatic boards developed for electric generators have the ability to automate the start-up of electric generators. The electric generator nowadays, is designed for the adaptation of said boards. The emergency electric generators have arrived to provide electric power whenever there is a fault in the network supply. There are equipment, capable of automating the work of the start-up of the electric generators before a failure in the supply, they are called automatic panels. These, start an electric generator, every time, for any reason, the electric power is cut off. Some of them require prior activation, and others do so automatically [2].

1) Models

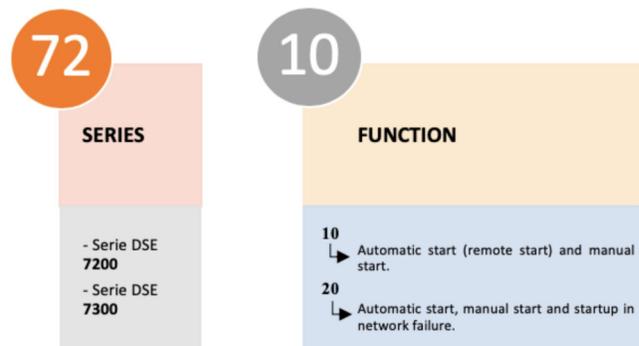


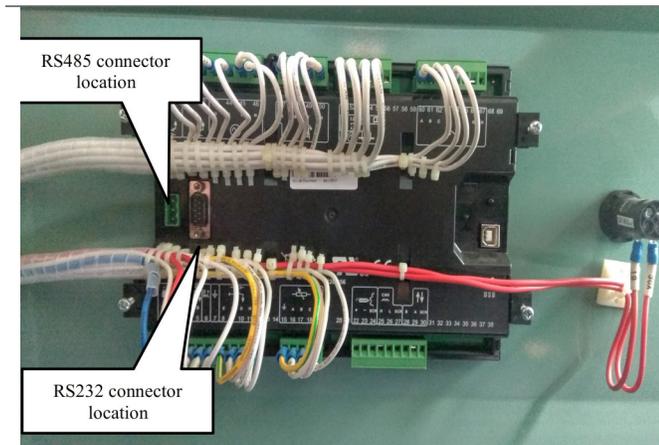
Fig. 1. Models of the DSE7000 series.

The models of the DSE7000 series (Manton, 2009), are indicated in Figure 1. The model installed in the electrical system of the SIS ECU 911 Loja is the DSE7320 module.

2) Connection

The identification and correct connection of the communication interfaces is indicated in Table 3 [3].

TABLE 3
DESCRIPTION OF THE RS485 AND RS232 TERMINALS OF THE DSE7320



RS485 CONNECTOR	
No. of Pin	Notes
A (+)	Shielded twisted pair.
B (-)	120Ω impedance suitable for RS485 use.
SCR (GND)	
RS232 CONNECTOR	
No. of Pin	Notes
1	Carrier detection (data transmission)
2	To receive
3	To transmit
4	Data terminal ready
5	Ground signal
6	Data adjustment ready
7	Request to transmit
8	Ready to send
9	Call indicator (modem only)

The information shown in Table 3, indicate the interfaces and communication protocols that these automatic control modules present, thanks to this, it was possible to identify which interfaces and protocols to use to establish communication with the monitoring software, together with the other equipment, in the same communication infrastructure [12].

3) *Electro-energy variables of the DSE7320 module*

Some of the electro-energetic variables of the DSE7320 automatic control module [3], considered for real-time monitoring as required by SIS ECU911 Loja are shown in Table 4.

TABLE 4
ELECTRO-ENERGY VARIABLES OF THE DSE7320 MODULE

Registry	Variable	Minimum Value	Maximum Value	Scale Factor	Unit	Bits/Sign
1024	Oil pressure	0	10 000	1	KPa	16
1025	Coolant temperature	-50	150	1	DegC	16/S
1028	Load alternator voltage	0	40	0.1	V	16
1029	Battery voltage	0	40	0.1	V	16

C. *EATON 9390 UPS*

The Eaton 9390, is a system of uninterruptible power of double conversion. The system (UPS) solves all the power problems of the public network and supplies clean, continuous and uninterrupted power to the connected equipment.

Currently, there are two models: the american and the european, the model installed in the electrical supply plant of the SIS ECU 911 Loja is the American.

1) *Communication interface and protocols*

Table 5 shows the main communication characteristics of the EATHON 9390 UPS [4].

TABLE 5
INTERFACE AND COMMUNICATION PROTOCOLS OF THE EATON 9390 UPS

Communication Cards	Two standard X-Slots. With the option Mini-CSB: up to 4 XSlots. The following connectivity card options can be installed at any time: <ul style="list-style-type: none"> ▪ ConnectUPS Web / SNMP / xHub card ▪ Modbus card ▪ Relay Interface Card (for AS400 's) ▪ Industrial Relay Card (5A @ 120V)
---------------------	--

The EATON 9390 UPS, installed in the SIS ECU Loja, has the UPS Power Xpert® Gateway card (Figure 2) which allows you to connect the UPS directly to your Ethernet network and the Internet. With its embedded web server, the UPS Power Xpert Gateway card provides UPS information remotely, without additional software through the HTTPS and Modbus communication protocols over TCP/IP [11].



Fig. 1. Tarjeta de comunicación de UPS Power Xpert® Gateway.

2) *Electro-energy variables of the EATON 9390 UPS*

Some of the electro-energetic variables of the EATON 9390 UPS, considered for real-time monitoring as required by SIS ECU 911 Loja, are shown in Table 6.

TABLE 6
VARIABLES ELECTRO-ENERGÉTICAS DEL EATON 9390 UPS

Registro	Variable	Unidad	Tipo	Estados
1137	Check Battery	Alarma	Boole ano	(0, 1)
1148	UPS On Battery	Alarma	Boole ano	(0, 1)
2800	Battery Test in Progress	Test	Entero	(0, 1)
2801	Battery Test Result	Test	Entero	(0,1,2,3,4,5,6,7)
3000	System Status	Test	Entero	(0,1,2,3,4,5,6,7,8)

III. DESING

The process of design of the monitoring system was established once the electric power control and backup equipment of SIS ECU 911 was known and the electro-energetic variables to be monitored were identified, structured according to the block diagram shown in Figure 3.

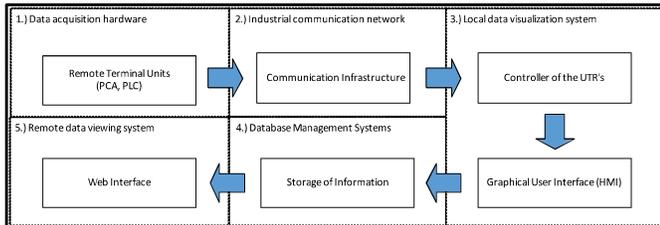


Fig. 3. Implementation of the real-time monitoring system of the electro-energy variables of the SIS ECU911 Loja

This block diagram shows the functional structure of a SCADA system, which was taken as reference for the development of this article based on the first stage (hardware acquisition data) to the last stage (system remote data display) [5].

A. Industrial Communication Network: Communication Infrastructure

The communication infrastructure refers to the interfaces and communication protocols shared by all the electric power control and backup equipment, which allows them to be integrated into a single monitoring system. As described above, the DUCA-LCD96 485-RELE network analyzers, the DSE7320 automatic modules and the Eaton 9320 UPSs present the Modbus protocol implemented in their system. The analyzers and automatic modules implement the Modbus RTU protocol (Master / Slave) through the serial interface RS485 and RS232, respectively. In contrast, the UPS implements the Modbus protocol over TCP / IP networks. For this reason, the developed program uses the Modbus RTU and Modbus TCP / IP protocol to integrate all these equipment into the same monitoring system at the logical level since the physical connection is made differently since as previously studied they use different technologies in Regarding access to the environment [6].

1) General scheme of physical connection of the monitoring system

The general scheme of physical connection of the monitoring system implemented in the SIS ECU 911 Loja is shown in figure 4. In this diagram, you can see two functional structures of a SCADA system; the first structure that corresponds to the data acquisition hardware, where the electric power control and backup equipment is located, such as the EATON 9390 UPS, the DSE7320 modules and the DUCA-LCD96 485 RELAY Boards. The second structure refers to the industrial communication network, here the Modbus RTU communication protocols (Master / Slave) were used to

communicate with the modules and boards, through the RS485 fieldbus, in addition, the Modbus TCP protocol was implemented (Client / Server) to communicate with the UPS through the Ethernet network. All of them connected to the only existing master in the communication network, in this PC the master software of the Modbus network is executed, in which the other functional structures of a SCADA system are implemented.

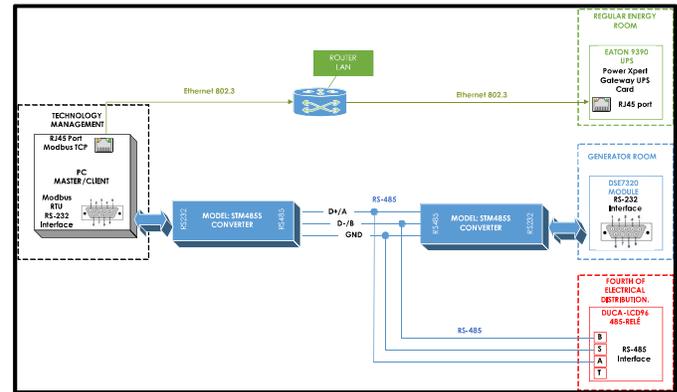


Fig. 2. General scheme of physical connection of the monitoring system.

B. Local Data Visualization System

In this section, it is indicated how the development of the monitoring software was carried out, with which, through the controllers of each electric power control and backup equipment, it allows to read the electro-energetic variables and show them to the end user. besides allowing to load the values of these variables in a database. The programming of the monitoring software was developed in the programming language Python 3 in its version 3.6.7 on the operating system Ubuntu bionic 18.04 LTS making use of IDE PyCharm Community 2018.3.2. The Python programming language was used because it is free, multiplatform, it has frameworks of great variety and usefulness, as well as a clear syntax, it also allows programming oriented objects [8], all these attributes contributed to the successful development of the research presented. The Ubuntu operating system where the present investigation was developed was a requirement given by the ECU 911 Loja, since the equipment given to operate the monitoring system works with this operating system.

1) Development of the UTR's Controllers

Python presents some libraries that implement the industrial communications protocol ModBus, for this project the library "MinimalModbus" was used in its version 0.7 [9], for communication between the master and the slaves (boards and generators) of the Modbus RTU mode and the "pyModbusTCP" library in version 0.1.7 for communication with the UPS via the Modbus protocol over TCP / IP. For the connection to the database, the psycopg2 library was used in version 2.7.5 and for the graphical user interface (GUI) that presents the program, the PyQt5 library was used 5.11.2 [7].

The controllers of the electric power control and backup equipment are scripts developed in the Python language that allow reading or consulting the electro-energetic variables presented in Table 2, Table 4, Table 6:, because in these scripts they are stored the addresses of the Modbus registers, the variables and their respective units; as well as the sentinel, test and alarm values presented by these devices are stored as explained above. Next, the flow diagram of the controllers developed for these devices is detailed.

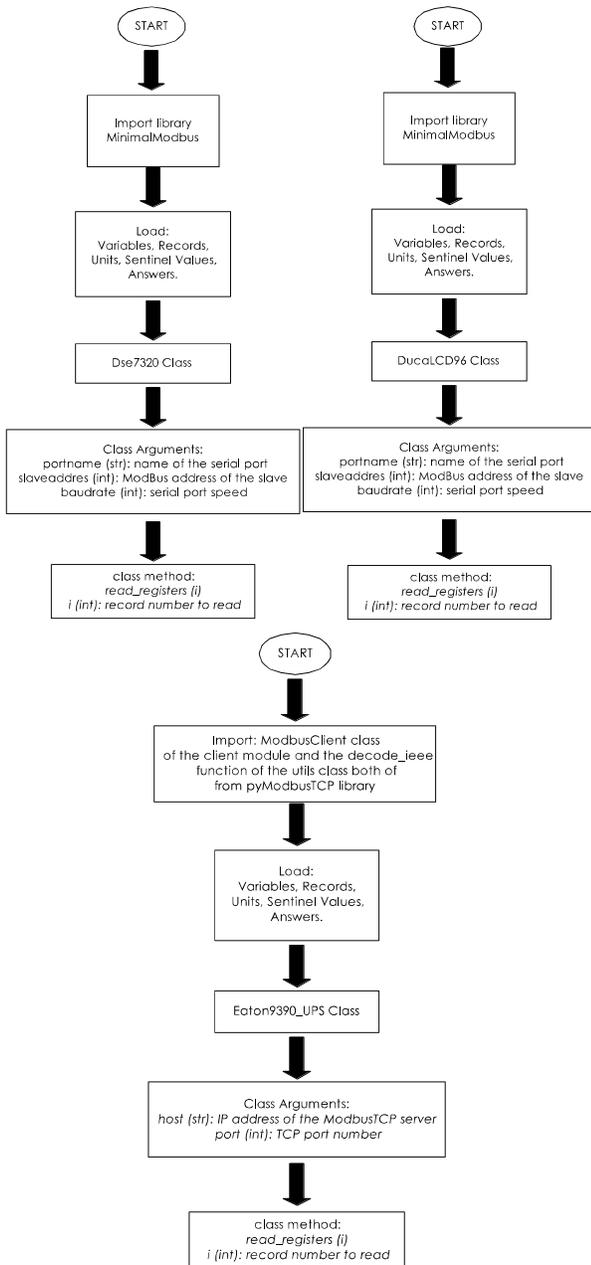


Fig. 3. Flow diagrams of the controller: a) DSE7320, b) DUCA-LCD96 485 RELÉ, c) EATON 9390

2) Design and Development of the Graphical User Interface of the Monitoring Software

The design of the Graphical User Interface (GUI) of the monitoring system was based on requirements requested by the ECU 911 for the configuration and visualization of the electro-energetic variables of the equipment that make up the power supply plant. The tool "main window" of the Qt Designer software was used to show the values of the electro-energetic variables of the equipment and is the main window of the monitoring software [8]. In addition, the "dialog boxes" of Qt Designer were used for the creation of the secondary windows where the configuration of the different parameters and functions presented by the program of which this article deals with is carried out.



Fig. 4. Main window of the electro-energy system monitoring software of SIS ECU911 Loja

Figure 6 shows the main window of the monitoring software where you can see all the control and energy equipment that make up the SIS ECU911 Loja power supply plant, identified by board 1, board 2, board 3 to the network analyzers with their respective Modbus slave address, then generators 1 and 2 that refer to the automatic control modules that supervise and control the same generators; and finally UPS 1 and 2 with their respective IP address. The "Start", "Stop" and "Close" buttons allow you to start and stop communication with the slaves and close the program. The configuration button opens a secondary window where the general configuration of the program can be found, see Figure 7.



Fig. 5. Secondary window of general configuration of the monitoring software.

In the secondary window of the general configuration of the monitoring software, in the upper part, the configuration of the necessary parameters is made to establish the communication with the Modbus TCP server of the UPS. The section "CONFIGURE SERIAL CONNECTION" allows to establish the COM port through which it will connect to the Modbus

RTU network on the RS-485 fieldbus, the BAUDRATE option allows to configure the transmission speed of the data measured in baud; and finally in this section, is the configuration of the addresses of the slaves connected to the Modbus RTU network.

In the lower part of the window, the "SECURITY CONFIGURATION" section is indicated, where we find the configuration buttons to establish: the connection to the database, the configuration of alerts and alarms and the configuration of the alert mail ; each with a label that tells us the status of this configuration is to say if it is correctly configured and therefore enabled. By clicking on the "Configure Database" button, a secondary window is displayed, shown in Figure 8.

Fig. 8. Secondary window for configuring the connection to the database

In the secondary window, identified with the name of "DATABASE CONFIGURATION", the necessary options are presented to connect successfully to the database.

Fig. 6. Secondary configuration window for alerts

When clicking on the button "Configure Alerts and Alarms" we are shown a secondary window as indicated in Figure 9, where we can see the different options where we can choose the slave and their respective variables to establish them within normal operating ranges and in the case that a variable is outside this range, an alert mail is sent and, depending on the type of alert or alarm, the operation of the program is modified in some way. The option labeled with the word "TIME" allows us to modify the reading time that the program performs on the slaves, that is, it allows us to decide each time the queries of the electro-energetic variables of all the selected slaves are made. There is the possibility to choose between seconds, minutes and hours.

Fig. 7. Secondary window for alert mail configuration

Finally, the last secondary window is shown in Figure 10 that is presented when selecting the option "Configure Alert Mail", here the User option is shown where the sender's mail is written and its respective provider's password of the electronic mail (Gmail, Outlook, etc.) to allow to send the mail of alert, soon the mail of the recipient or recipients with its respective subject in case it requires it. The content of the message is the team that presented an average out of range of one or some of the electro-energetic variables at the moment that was raised, indicating the variable, the value, the unit and the date.

3) Storage of Information

The connection to the database in the SGDB PostgreSQL version 10.0 was made with the help of the psycopg2 library. The database called "scadaecu" is located on a local server ("localhost") within the SIS ECU 911 Loja network. The creation of the database in PostgreSQL, was carried out with the following instructions in SQL language: a) a table with the name "slaves" is created, where a primary key is used to identify each field of the table with the name "Id"; b) the following columns are declared as: "slave", "variable", "value", "unit", "date", in each of them the necessary information is stored to identify each slave that integrates the monitoring system.

4) Remote Data Visualization System: Web Interface

The set of computer tools of the ELK stack, allow to work with the data stored in the database created with PostgreSQL in different [10]. First, Logstash is required to request information from the database and transform it for analysis. From the information compiled by Logstash, Elasticsearch allows to establish conditions of search and analysis to finally present it in the third stage that is Kibana. This tool allows you to create a dashboard that shows the information in an organized and understandable way for the user.

- Configuration of the Elasticsearch Tool

Elasticsearch is configured so that an index scheme is established, this is called mapping, and it refers to establishing in Elasticsearch the type of attributes that are given to the logs that contain the information. The data entered from the sensor table into Elasticsearch are indexed as logs (line of words) in .json format, which contains the fields and values of the original data, which allows them to be stored and retrieved (when a query is needed). The basic scheme of the index consists mainly of: the name of the index, type, id (provided by Elasticsearch) and version. If this type of configuration is not carried out, Elasticsearch adds by default a generic format for indexing the data, which does not satisfy the query requirements of this system.

- Configuration of the Kibana Tool

Kibana allows defining the presentation structure of the monitoring system information in graphic form, where the most suitable type of metric is selected to represent the data. The Kibana dashboard allows to select the type of data visualization, in this case the "Goal" environment was used. After selecting the appropriate dashboard, you configure the levels of the metrics that are used for visual monitoring. The style parameters are set for the data obtained in this case from the variable of "Three Phases Equivalent Voltage" for each one of the boards. This procedure is carried out for each of the power supply and backup control equipment from which the data of the electro-energetic variables are obtained. In Figure 11, the detail of the configuration is verified.

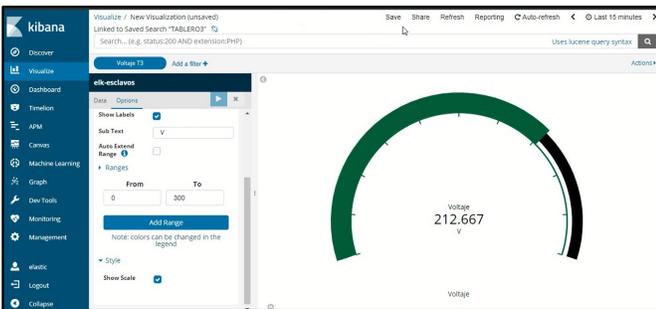


Fig. 11. Configuration of the Goal for the presentation of the data through Kibana.

IV. IMPLEMENTATION OF THE MONITORING SYSTEM

In this section, the total implementation of the electrical system monitoring system of the ECU 911 Loja is indicated, from the physical connection of the electric power control and backup equipment, to the configuration of all the windows of the monitoring program, the storage of the electro-energetic variables in the database and their visualization in the web interface.

Fig. 12. Connection of the DSE7320 modules of generator 1 and 2.

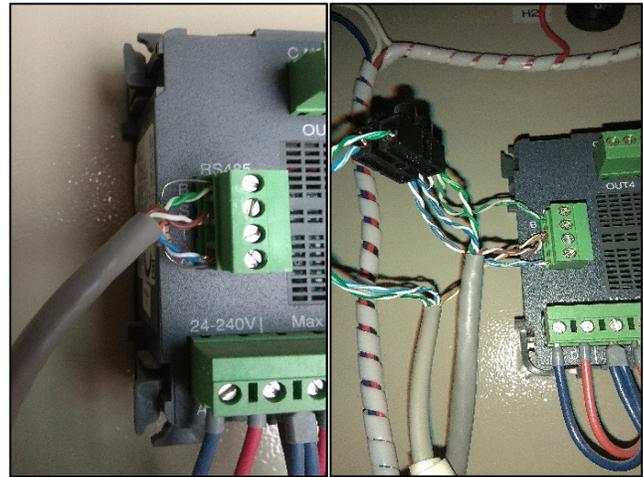


Fig. 13. Connection of DUCA-LCD96 485-RELAY measuring boards.



Fig. 14. Successful connection settings to the database.

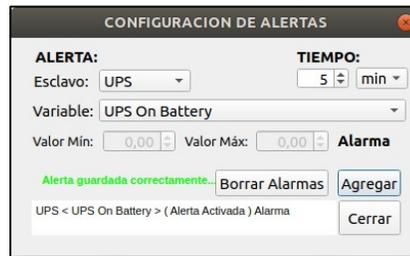


Fig. 15. Successful configuration of alerts.



Fig. 16. Successful configuration of the alert mail.



Fig. 17. Successful configuration of the power control and backup equipment of the ECU 911 Loja.

V. INTEGRAL OPERATION OF THE MONITORING SYSTEM

The complete functioning of the real-time monitoring system of the electro-energetic variables is described in the diagram shown in Figure 18. This system consists of three main stages, which describe in a general way the whole process that the system monitoring carried out for: reading, processing, storage and presentation of information. These stages are:

1. Acquisition of the data
2. Data processing
3. Storage and presentation of data

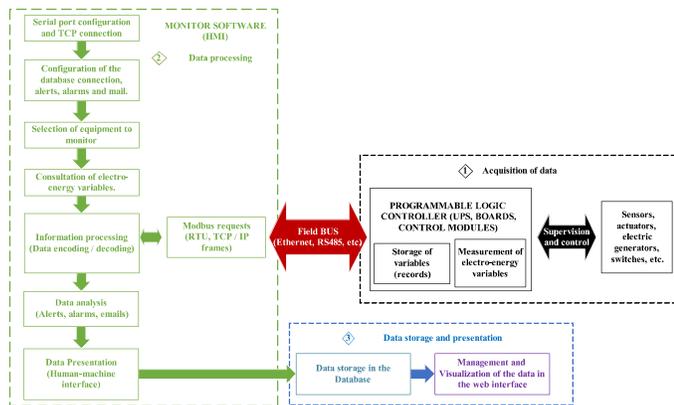


Fig. 18. General outline of the operation of the monitoring system of the electric power control and backup equipment of the ECU 911 Loja.

In the following figures, the results obtained are shown based on the operation of the real-time monitoring software of the electro-energetic variables of the electric power control and backup equipment of the ECU 911 Loja.

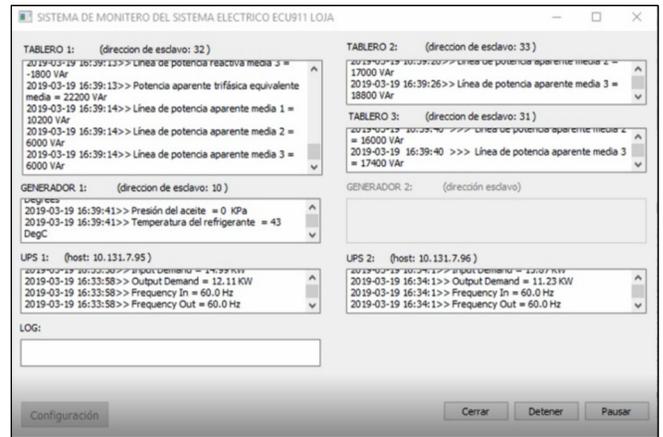


Fig. 19. Reading of electro-energetic variables obtained with the monitoring software in real time.

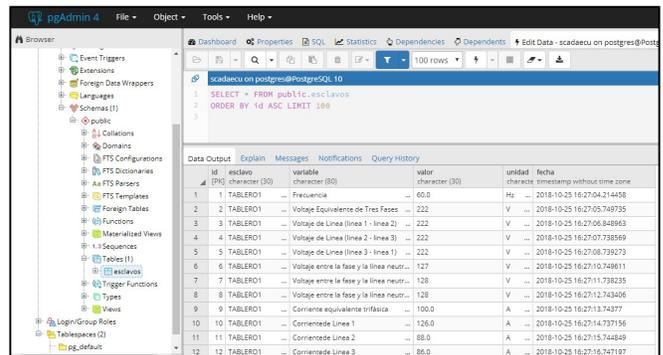


Fig. 20. Data stored in the PostgreSQL database.

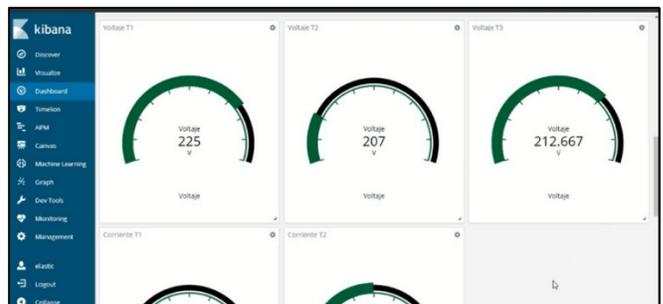


Fig. 21. Web interface developed in Kibana.

VI. CONCLUSIONS

A key part of the present investigation was the acquisition of the data of the electro-energetic variables, which were measured by the electric power control and backup equipment, coming from different manufacturers, this was achieved with the analysis of the protocols of industrial communication, taking into account the availability of information of the field devices and their technical specifications, reaching the conclusion that the Modbus protocol has better characteristics for the transmission of information between master and slaves, besides being open source.

An intuitive and user-friendly Human-Machine Interface was designed, which presents the readings of the electro-energetic parameters and alarms established graphically, facilitating the

operator to differentiate between the different states of the elements of the system, this with the integration of "Qt designer software" and the "Phyton Language" for programming, thus providing all the necessary information about the process to the user and allowing him to know about the analog and digital variables of all the elements that comprise the electrical control system.

The storage of the data, which allows the protection of the information and the web publication of the readings of the electro-energetic parameters, was carried out in the "slaves" table, created for this specific use in the database, managed by PostgreSQL automatically, making use of a "sequence" to avoid overwriting some data saved previously, avoiding the loss of it.

It was evidenced that the electro-energetic variables measured by each electric power control and backup equipment are stored in a format that is configured by the equipment manufacturer, for example, in the case of the boards the negative values are represented by setting the most significant bit in height and the decimal part is obtained by multiplying by a scale factor, instead the UPS represent these values under the IEEE 754 format, this because the ModBus protocol is not fully developed, therefore, it does not specify in what format to store the information. This was solved by means of an individual programming that incorporates the characteristics of each manufacturer.

The management and presentation of the data in the web interface was developed using the Kibana tool of the ELK stack, obtaining an environment with: detailed, graphic and easily interpreted information; with which, the personnel in charge is allowed to access or consult the state of the equipment and the values of the electro-energetic variables in any part of the building that has access to the internal network of the SIS ECU 911 Loja.

The controllers developed in Python code, which are in charge of establishing communication with the electric power control and backup equipment and transforming the data into congruent values, make use of the MinimalModbus library in its version 7.0 developed by Jonas Berg, this library was the only one that needed to be modified, to make.

REFERENCES

- [1] DUCATI Energia SpA. (n.d.). "Analizador de Red DUCA-LCD96". Available: <https://www.ducatienergia.com/media/products/140729-1633-duca-lcd96-manual-usuario-v11-es.pdf>. (December, 2019).
- [2] Tecnoplus. (n.d.). "Tecnoplus". Obtenido de CUADROS DE CONTROL-MONO+TRIFASICO+diferencial. Available: http://www.tecnoplus.es/sites/default/files/Tecnoplus_AMF-DSE7320.pdf. (December, 2018).
- [3] Manton, A. (2009). "Modulo de Control Series DSE7200/DSE7300". Mexico: IDIMEX.
- [4] EATON. (n.d.). "Eaton 9390 UPS 40-160 kVA". Available: <http://powerquality.eaton.com/Products-services/Backup-Power-UPS/9390.aspx?cx=8&GUID=AF07AB25-594F-47CE-B1E7-1B74D8D9CD95>. (December, 2019).
- [5] Moya Calderón, C. B. (2009). "Software orientado a sistemas de control HMI/Scada usando recursos libres y de código abierto, desarrollado sobre plataforma linux". Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- [6] National Instruments. (n.d.). The Modbus Protocol In-Depth. Available: <http://www.ni.com/en-us/innovations/white-papers/14/the-modbus-protocol-in-depth.html>. (August, 2018).
- [7] Company, The Qt. (n.d.). "Complete software development framework | Qt". Available: <https://www.qt.io/what-is-qt/>. (May, 2019).
- [8] Python Software Foundation. (n.d.). "Python". Available: <https://www.python.org/>. (May, 2019).
- [9] Berg, J. (n.d.). "MinimalModbus". Available: <https://minimalmodbus.readthedocs.io/en/master/usage.html#using-multiple-instruments>. (January, 2019).
- [10] Elasticsearch. (n.d.). "Elasticsearch - The heart of the Elastic Stack". Available: <https://www.elastic.co/es/products/elasticsearch>
- [11] Modbus-IDA. (n.d.). "Modbus Application Protocol Specification V1.1b". Available: http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b.pdf. (January, 2019)
- [12] Telecommunications Industry Association. (1998). Electrical characteristics of generators and receivers for use in balanced digital multipoint systems. TIA Standard, TIA-485-A (Mar. 1998).

Cosme Xavier Gálvez Sánchez is an Electronics and Telecommunications Engineer, from the National University of Loja (UNL), Ecuador. His research interests are: control and automation systems, monitoring systems, databases, networks. He has participated in network projects in the Department of Telecommunications and Information of UNL.

Ángel José Ordóñez Mendieta, Electronics and Telecommunications Engineer, Master in Communications Networks from the Pontifical Catholic University of Ecuador, PhD(c) in Applied Physics from the University of Salamanca (Spain). Former National Director of Telecommunications and Tics

Policies at the Ministry of Telecommunications of Ecuador, currently a professor of the Electronics and Telecommunications career of the National University of Loja in Ecuador. Member of RTC-REDU Ecuadorian Network of Universities and Polytechnic Schools for Research and Postgraduate Studies.

Published by:

Escuela Politécnica Nacional
Facultad de Ingeniería de Sistemas
Ecuador

<http://lajc.epn.edu.ec/>
lajc@epn.edu.ec

November 2019

