



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

**ARTÍCULO CIENTÍFICO**

**TEMA:**

“Sistema tecnológico para la reducción de consumo de energía eléctrica en Yachay EP., mediante un equipo Raspberry”

**AUTORA:**

Jenny Elizabeth Rea Peñafiel

**DIRECTOR:**

Ing. Diego Javier Trejo España

**Ibarra - Ecuador**  
**2015**

# SISTEMA TECNOLÓGICO PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN YACHAY EP., MEDIANTE UN EQUIPO RASPBERRY

Jenny Elizabeth REA PEÑAFIEL

Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Universidad Técnica del Norte, Av.17 de Julio 5-21 y Gral. José María Córdova, Ibarra, Imbabura, Ecuador

e-mail: jereap@utn.edu.ec

**RESUMEN:** *Tras la falta de un equipo que permita ahorrar energía eléctrica en la Empresa Pública Yachay, nace la idea de implementar el presente sistema. El proyecto consta de dos módulos: el módulo de control de dispositivos que, por medio de una Aplicación Web principalmente se pueda crear actividades de encendido y apagado de un dispositivo (depende del equipo) y el módulo de conexión de dispositivos que, por medio de un equipo Raspberry Pi y un circuito armado se permita el paso u obstrucción de flujo de corriente eléctrica; logrando de esa forma reducir el consumo de energía eléctrica. Es importante mencionar que para generar un sistema de calidad se ha aplicado una metodología estricta como es RUP.*

**PALABRAS CLAVE:** Consumo de energía eléctrica, Metodología RUP, Raspberry PI, Sistema escalable, Software libre.

**ABSTRACT:** *After the lack of the equipment that allows save electricity in the Yachay Public Company, it begins the idea to implement this system. The project has two modules: the control module devices that, through a Web Application can be created mainly activities on and off a device (depending on equipment) and the connection module devices that, through of Raspberry PI and assembly circuit, it is allowed the pass or obstruction of flow of electric current; getting in this way to reduce the electricity consumption. It is important to mention that to create a quality system is necessary to apply a strict methodology like as RUP.*

**KEY WORDS:** Electricity consumption, Open source, RUP Methodology, Raspberry PI, Scalable system.

## 1 INTRODUCCIÓN

La Empresa Pública Yachay es una organización creada para apoyar al proyecto "Ciudad del Conocimiento Yachay", el cual tiene como objetivo principal efectuar investigaciones tecnológicas que mejoren la Matriz Productiva en el país. El Departamento de Soporte y Operaciones Tecnológicas tiene toda la predisposición de respaldar a sistemas innovadores, que hagan un aporte a la conservación del medio ambiente; es por eso que se han desarrollado módulos concernientes a lo mencionado.

Actualmente en dichas oficinas, no se mantiene un control o regulación del apagado y encendido de los dispositivos eléctricos, es decir no cuentan con la automatización correspondiente; razón por la cual se presentan diferentes inconvenientes. Se pueden mencionar los siguientes: dificultad al elaborar un presupuesto en los gastos de la empresa, disminución de la vida útil de los mismos, etc. Estos inconvenientes lo tienen los funcionarios a cargo ya que les resulta incómodo y en ocasiones difícil el manejo de los dispositivos.

Gracias a la evolución tecnológica, las empresas han podido construir y comercializar aparatos electrónicos que cuantifican señales; permitiendo dar soluciones a los problemas mencionados. El presente proyecto de grado optimizará de mejor forma el consumo de energía eléctrica en las oficinas administrativas en el departamento de Soporte y Operaciones Tecnológicas (SOT's) de Yachay EP.



## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Software y Hardware empleado

#### 2.1.1 Software

Para implementar los dos módulos del sistema se aplicaron las siguientes herramientas:

En la aplicación web se usa la tecnología Java, JSF y PrimeFaces como frameworks (entorno Eclipse). En el caso de la aplicación de escritorio del Timer se hace uso de Java y la librería Timer (entorno Netbeans); con respecto al módulo de control de dispositivos. Además el servidor en el que corren las mismas es Apache Tomcat; guardando y leyendo sus datos en la base de datos PostgreSQL.

El módulo de conexión de dispositivos posee un servidor colocado en el equipo Raspberry Pi, implementado en el lenguaje Python.

#### 2.1.2 Hardware

- El módulo de control posee:
  - 1 servidor Fedora
- El módulo de conexión de dispositivos consta:
  - 1 equipo Raspberry Pi (modelo B)
  - 1 circuito electrónico (para manejar dos dispositivos) compuesto por:
    - ❖ 2 relés de 5 a 110V
    - ❖ 2 resistencias de 1K
    - ❖ 2 diodos de silicio 1n4007
    - ❖ 2 transistores 2n3904
    - ❖ 4 borneras
    - ❖ 1 baquelita de 7 x 6 cm.

### 2.2 Metodología RUP

Para desarrollar un sistema de calidad es necesario aplicar una metodología de ingeniería de software; en este caso se aplica la metodología Rational Unified Process (RUP). Esta metodología consta de cuatro fases: Inicio, Elaboración, Construcción y Transición.

Inicio.- en esta etapa para verificar la factibilidad del proyecto se genera una lista con los riesgos posibles que impidan la elaboración del

sistema y el documento de Visión que recopila la situación actual de la empresa (el problema) y los interesados (usuarios beneficiados).

Elaboración.- posterior al estudio del problema de la empresa, se genera una lista con los requerimientos que deben ser implementados en el sistema; conjuntamente se crea el documento de Arquitectura de Software que contiene: los casos de uso, el diagrama entidad-relación de la base de datos y el diccionario de datos.

Construcción.- una vez diseñado la base de datos y los casos de uso, se prosigue a especificar detalladamente los casos de uso mencionados en la etapa anterior, programar y construir los mismos y realizar las pruebas al sistema.

Transición.- finalmente el proyecto está culminado y listo para usarlo. Se muestra en el documento el diagrama de despliegue del mismo. Adicional se instruye al personal de la empresa para su manejo y se proporciona los manuales de usuario y técnico.

## 3 RESULTADOS

Cabe recalcar que los resultados fueron muy satisfactorios, logrando generar un sistema escalable e implementado con software libre. La empresa Yachay EP., podrá agregar más equipos al sistema para ahorrar energía eléctrica y así colaborar con la conservación del medio ambiente y reducir sus gastos económicos también (pago de planilla eléctrica y adquisición de nuevos equipos).

Como ya se mencionó anteriormente el proyecto consta de dos módulos:

- Módulo de conexión de dispositivos: Conectar los dispositivos (Smart TV, lámpara) al circuito de control de flujo de energía eléctrica al Raspberry Pi y puedan ser manipulados; es decir permita el flujo de corriente eléctrica.
  - En el equipo Raspberry se aloja el Servidor Python que, envía los datos de encender y apagar al GPIO; los mismos que son enviados por el Servidor del módulo de control de dispositivos.



- El GPIO del Raspberry Pi está conectado al circuito para contralar el paso de energía eléctrica por medio de un relé; éste a su vez está conectado a extensiones de luz en las cuales se van a conectar los circuitos.

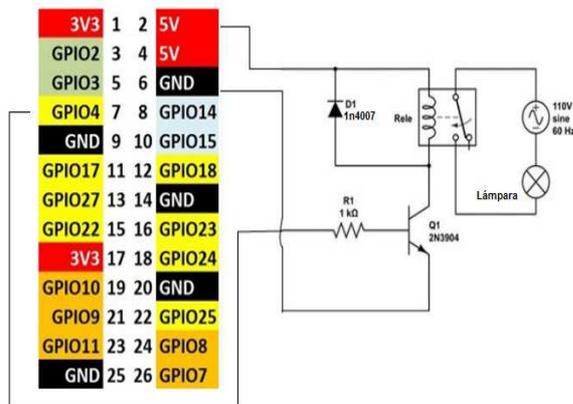


Ilustración 1 Diagrama del Circuito de control de flujo eléctrico.

- Módulo de control de dispositivos: Administrar los principales elementos (funcionarios, raspberries, dispositivos, actividades, etc.) para que el sistema funcione de una forma óptima, mediante la interfaz gráfica de la aplicación que será consumida por el navegador y el programa de escritorio Timer.

- La aplicación web permite administrar: funcionarios, modelos, raspberries, dispositivos, tipos de dispositivos y parámetros; es decir genera el CRUD de los elementos correspondientes.
- Permite visualizar los eventos de auditoría.
- Genera actividades para prender o apagar a un dispositivo seleccionado (paso de flujo de corriente eléctrica) y para ejecutarlas usa el programa de escritorio Timer.
- Muestra el consumo eléctrico por los dispositivos conectados al circuito.

Para tener una mejor idea del sistema, se muestra a continuación una imagen de la Arquitectura del Sistema (Ilustración 2).

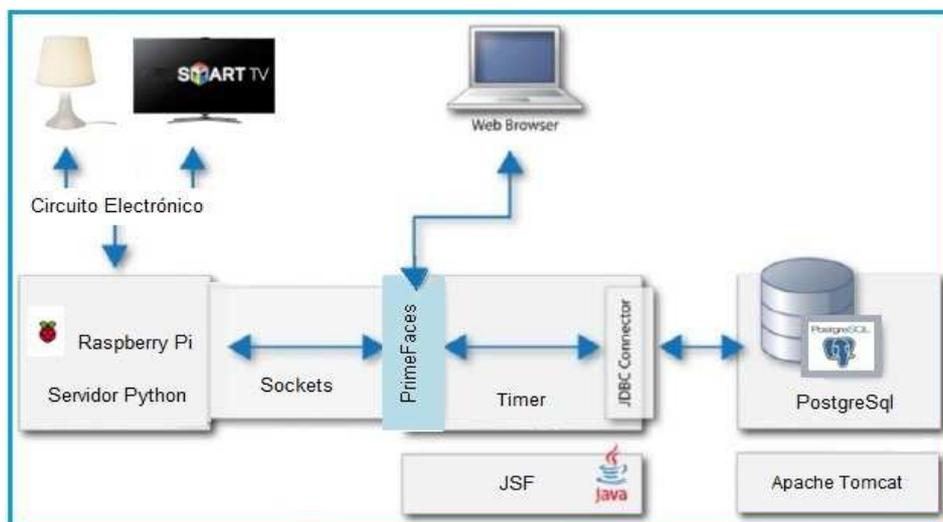


Ilustración 2 Arquitectura del Sistema.

## Diagrama Entidad – Relación (ER)

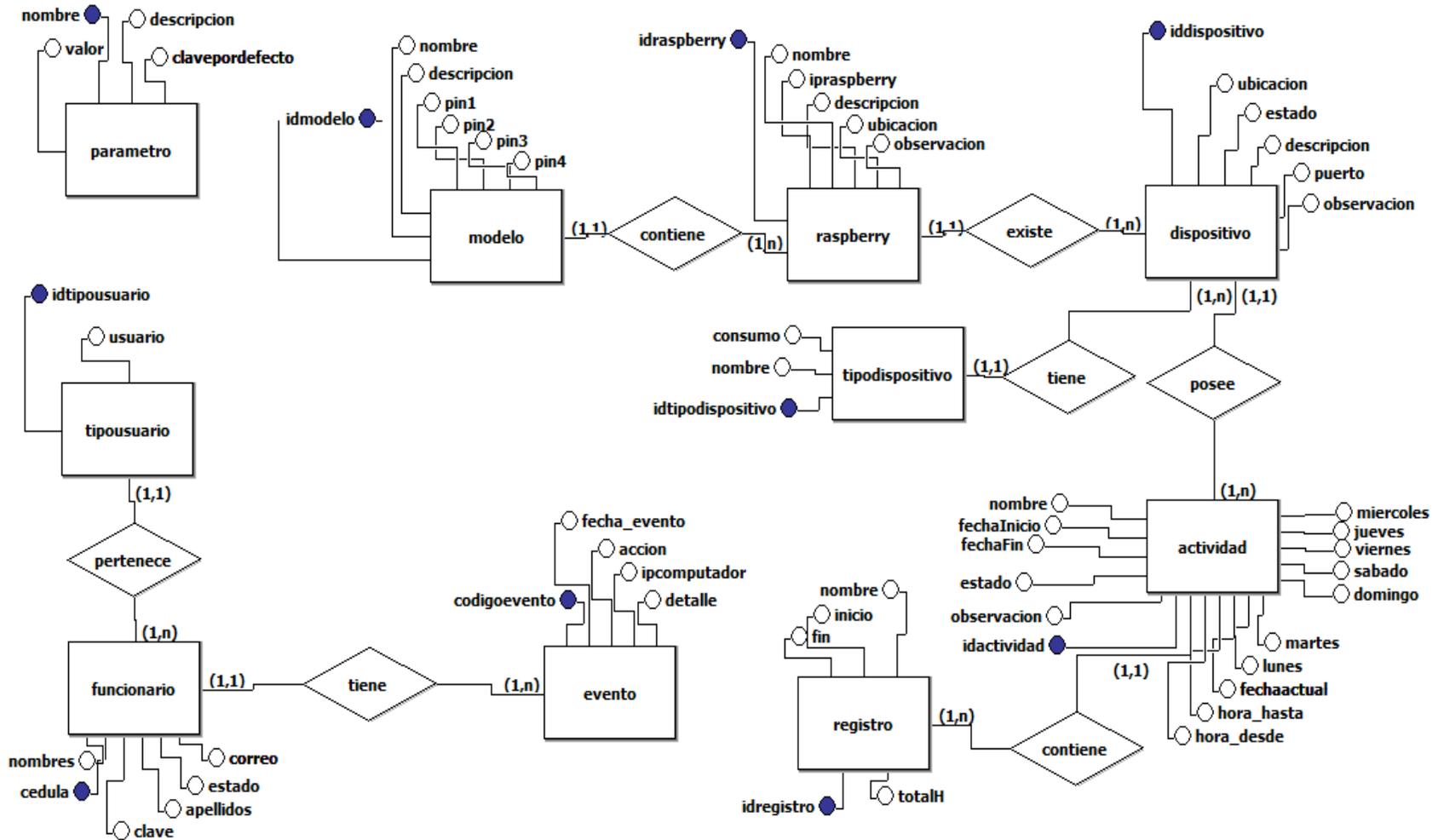


Ilustración 3 Diagrama Entidad-Relación de la Aplicación Web.

## 4 CONCLUSIONES

Culminado este trabajo, se pueden definir las siguientes conclusiones:

- La falta de dispositivos electrónicos que controlen el consumo de energía eléctrica en las oficinas de la Hda. San Eloy, hacen que la empresa presente gastos económicos considerables al existir consumos energéticos innecesarios.
- El Raspberry Pi tiene la capacidad de estar prendido las 24 horas del día por todo el año, debido a que no contiene componentes que se sobrecalienten; es decir el sistema tendría una alta disponibilidad y únicamente dejaría de funcionar en casos de suspensión de energía eléctrica en las oficinas de la empresa o mantenimiento del mismo.
- La impresora Xerox X8900S no forma parte de los dispositivos a consumir la aplicación ya que por su apagado especial puede sufrir daños y eso representa gastos a la empresa.
- Al hacer uso de una metodología de desarrollo de software, en este caso RUP, se puede garantizar que el sistema cumple con varios requisitos de calidad.
- El agregar un servidor de aplicaciones central, permite implementar un sistema escalable al que pueden conectarse una cantidad mayor de dispositivos Raspberries y dispositivos electrónicos o eléctricos.
- La creación del Timer en un programa de escritorio permite que el sistema que controla el paso o corte de flujo de energía eléctrica permanezca activo en el caso de detener el servidor Apache Tomcat.
- El framework PrimeFaces permite acelerar considerablemente el desarrollo de aplicaciones web.

## AGRADECIMIENTOS

Un sincero agradecimiento al Departamento de Soporte y Operaciones Tecnológicas de la Empresa Pública Yachay, por todo su apoyo, facilidades brindadas al realizar este proyecto, sus consejos e indicaciones que me permitieron cumplir este objetivo.

Al Ing. Paúl Vásquez, Analista del Departamento de SOT's de Yachay EP., por su amistad, colaboración y guía en este trabajo.

Un agradecimiento muy especial al **Ing. Diego Trejo, Director de Tesis**, guía fundamental en la elaboración de este proyecto de grado, hasta la culminación.

A mis padres GRICELDA Y SALVADOR por darme tanto amor y apoyarme incondicionalmente en mi educación, tanto académica, como de la vida. A mis hermanos MAURI Y ROLY, por estar siempre a mi lado apoyándome en todo; guiándome, compartiéndome sus conocimientos.

A Franklin Vaca, practicante de Yachay EP., por apoyarme en esta fase tan importante, colaborándome siempre y dándome ánimos para culminar esta meta.

A la UTN por brindarme sus conocimientos y poder conocer a tan buenos catedráticos y amigos.

## REFERENCIAS

- [1] Apache Tomcat - Welcome! (s. f.). Recuperado 15 de julio de 2015, a partir de <http://tomcat.apache.org/>
- [2] Consulta de Consumos. (s. f.). Recuperado 1 de mayo de 2015, a partir de [http://www.emelnorte.com/eern/index2.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=86](http://www.emelnorte.com/eern/index2.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=86)
- [3] Consultas de Consumo - EMELNORTE S.A. (s. f.). Recuperado 1 de mayo de 2015, a partir de [http://www2.emelnorte.com/consultas/consumos/con\\_sumi.php](http://www2.emelnorte.com/consultas/consumos/con_sumi.php)
- [4] DellITM XPSTM 8500 - Manual del propietario. (s. f.). Recuperado 12 de febrero de 2015, a partir de [http://downloads.dell.com/Manuals/all-products/esuprt\\_desktop/esuprt\\_xps\\_desktop/xps-8500\\_Owner%27s%20Manual\\_es-mx.pdf](http://downloads.dell.com/Manuals/all-products/esuprt_desktop/esuprt_xps_desktop/xps-8500_Owner%27s%20Manual_es-mx.pdf)
- [5] Derby Developer's Guide. (s. f.). Recuperado 12 de febrero de 2015, a partir de <http://db.apache.org/derby/docs/10.11/devguide/index.html>
- [6] HP Pavilion dv7 Notebook PC - Maintenance and Service Guide. (s. f.). Recuperado 12 de febrero de 2015, a partir de <http://www.hp.com/ctg/Manual/c02842278.pdf>
- [7] HyperSQL User Guide. (s. f.). Recuperado 12 de febrero de 2015, a partir de <http://hsqldb.org/doc/2.0/guide/index.html>
- [8] Java Platform Standard Edition 7 Documentation. (s. f.). Recuperado 15 de julio



- de 2015, a partir de <http://docs.oracle.com/javase/7/docs/>
- [9] Lámparas de Mesa. (s. f.). Recuperado 12 de febrero de 2015, a partir de <http://merchandising-services.net/files/Presentacion-Lamparas-de-Mesa.pdf>
- [10] LG 55LA6600 | LG Electronics EC. (s. f.). Recuperado 4 de mayo de 2015, a partir de <http://www.lg.com/ec/televisores/lg-55LA6600>
- [11] López Guillén, Elena, B. M. Ignacio. (2009). Fundamentos de electrónica (2a.ed.). Servicio de Publicaciones. Universidad de Alcalá.
- [12] piface\_digital. (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de [http://www.piface.org.uk/products/piface\\_digital/](http://www.piface.org.uk/products/piface_digital/)
- [13] PrimeFaces. (s. f.). Recuperado 15 de julio de 2015, a partir de <http://www.primefaces.org/whyprimefaces>
- [14] que-es-raspberry-pi. (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de <http://www.raspberrystore.com/que-es-raspberry-pi.php>
- [15] Sobre PostgreSQL | [www.postgresql.org.es](http://www.postgresql.org.es). (s. f.). Recuperado 15 de julio de 2015, a partir de [http://www.postgresql.org.es/sobre\\_postgresql](http://www.postgresql.org.es/sobre_postgresql)
- [16] What is a Raspberry Pi? | Raspberry Pi. (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de <http://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberry-pi/>
- [17] Xerox ColorQube 8900 Color Multifunction Printer-Detailed Specifications. (s. f.). Recuperado 11 de febrero de 2015, a partir de <http://www.office.xerox.com/latest/890SS-01U.PDF>

## Sobre la Autora.



Jenny Elizabeth REA PEÑAFIEL.- Nací el 16 de marzo de 1993 en la parroquia El Jordán de la ciudad de Otavalo. Mis padres: Salvador Rea Toapanta y María Gricelda Peñafiel.

Mi instrucción primaria la realicé en las escuelas: Francisco Moncayo del cantón Otavalo y Pedro Moncayo del cantón Ibarra, posteriormente ingresé al colegio Nacional Ibarra del mismo cantón, donde obtuve el título de bachiller en Físico Matemático. Ingresé a la Universidad Técnica del Norte con el propósito de obtener el título de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

