

Tekhnê

Tecnología al servicio de la sociedad

Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Facultad Tecnológica

Volumen 8 - 2011

ISSN 1692-8407



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA

Editor

Ph.D(c) Prof. Fredy H. Martínez S.
Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia)

Comité editorial

Ph.D César Augusto García Ubaque
Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia)

Ph.D José Javier Padilla Torralvo
Old Dominion University (USA)

Ph.D Luis Fernando Martínez Sarmiento
Fundación Universitaria Empresarial de la Cámara de Comercio
de Bogotá (Colombia)

Ph.D(c) Jhon Jairo Galvis López
Consejo Profesional Nacional de Tecnólogos en Electricidad,
Electromecánica, Electrónica y Afines (Colombia)

Comité científico

Ing. Pablo Emilio Garzon Carreño
Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia)

Ph.D César Augusto García Ubaque
Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia)

M.Sc Fernando Martínez Santa
Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia)

M.Sc(c) Edwar Jacinto Gómez
Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia)

Árbitros

M.Sc(c) Diego Mauricio Acero Soto
Universidad Pedagógica Nacional (Colombia)

Ph.D(c) José Iván Madrid Vega
Universidad Tecnológica de Pereira (Colombia)

M.Sc(c) Mariela Castiblanco Ortiz
Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia)

M.Sc(c) Jorge Eliecer Posada
Natura Software Ltda (Colombia)

M.Sc(c) Cristian Camilo Forero Díaz
Corporación Universitaria Republicana (Colombia)

Asistentes de edición

Tecg. Diego Alexander Zárate Díaz

Fotos cubierta y contracubierta

Cubierta: Imperial Vault of Heaven, Temple of Heaven, Beijing
(China)

Contracubierta: Pink Lotus Flower, Shaoshan (China)

Autor: Fredy H. Martínez S.

Corrección de estilo español

Nancy Rocío Gutierrez

Corrección de estilo inglés

Andrea Castiblanco Ortiz

Impresión

Imprenta Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Formato 21.5 × 28 cm
Papel Bond 75 g
Tiraje de 50 ejemplares

Revista Tekhnê

La revista Tekhnê es una publicación institucional de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Posee un carácter científico-académico, y atiende a la comunidad nacional e internacional especialista en áreas de ingenierías eléctrica, electrónica, mecánica, de sistemas, industrial y civil. Publica resultados de investigación en español o inglés (artículos originales e inéditos), y está completamente abierta a especialistas de todo el mundo en calidad de autores y/o lectores. Es arbitrada mediante un proceso doble ciego, con rotación continua de árbitros. Como elemento particular, en cada volumen de la revista se incluye, a modo de difusión, una relación de los trabajos finales de grado de la Facultad Tecnológica en sus ciclos de tecnología e ingeniería.

Periodicidad

La revista Tekhnê posee una periodicidad semestral, coincidente con los semestres académicos de la Universidad Distrital. La publicación se realiza los meses de julio y diciembre. El primer volumen de la revista se publicó el primer semestre de 2003, manteniendo su regularidad hasta la fecha.

Forma de adquisición

La revista Tekhnê se puede adquirir a través de compra, canje o suscripción.

Declaración de ética y buenas prácticas

La revista está comprometida con altos estándares de ética y toma las medidas posibles para evitar las malas prácticas como el fraude y el plagio. Todos los autores deben declarar que sus manuscritos son originales, inéditos y de su autoría, condición necesaria para ser considerados por el Comité Editorial. La revista también se compromete a garantizar una justa, objetiva y rápida revisión de los manuscritos tanto por árbitros como por parte del Editor. Los autores reconocen que han dado a conocer cualquier conflicto real o potencial de intereses con su trabajo o de beneficios parciales asociados a través de la cesión de derechos.

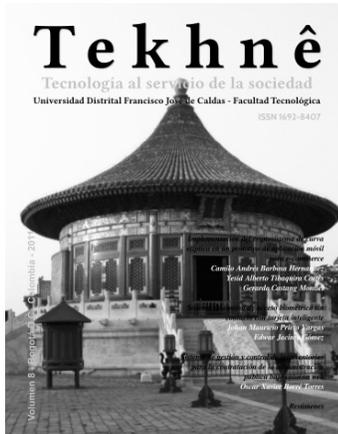
Reproducción

Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos de la revista para uso académico o interno de las instituciones citando adecuadamente la fuente y el autor. Las ideas expresadas se publican bajo la exclusiva responsabilidad de los autores, y no necesariamente reflejan el pensamiento del Comité Editorial o de la Universidad Distrital.

Dirección Postal

Prof. Fredy H. Martínez S.
Editor y director revista Tekhnê
Sala de Revistas, Bloque 5, Oficina 301
Facultad Tecnológica
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Transversal 70B No. 73A-35 sur
Teléfono: (571) 3238400 Ext. 5003
Celular: (57) 3005585481
Bogotá D.C., Colombia
E-Mail: tekhneud@gmail.com





Volumen 8 - 2011
ISSN 1692-8407

Estatales (SUE) soportado por un sistema distribuido para la Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Jeisson Alexander Hernández Guerrero
Andrés Felipe Mora Mora 55

8. Rectificador de alimentación monofásica con corrección activa del Factor de Potencia para sistemas UPS
Leandro Niño Niño
Deivid Andrés Castro Ramírez 59

9. Sistema de procesamiento distribuido como soporte al módulo de búsqueda sobre repositorios de objetos virtuales de aprendizaje para la plataforma de E-Learning dotLRN
Jorge Luis Bacca Acosta
Adriana Noguera Rojas
Ramón Fabregat Gesa
Juan Carlos Guevara Bolaños
Silvia Margarita Baldiris Navarro 69

Índice

I Editorial 4

II Artículos 5

- 1. Implementación del criptosistema de curva elíptica en un prototipo de aplicación móvil para e-commerce**
Camilo Andrés Barbosa Hernandez
Yesid Alberto Tibaquirá Cortes
Gerardo Castang Montiel 5
- 2. Sistema de Control de Acceso Biométrico sin Contacto con Tarjeta Inteligente**
Johan Mauricio Prieto Vargas
Edwar Jacinto Gómez 13
- 3. Herramienta software para la implementación de algoritmos basados en técnicas metaheurísticas orientados a optimizar el establecimiento de rutas para el flujo de información en comunicaciones de multidifusión**
John Alejandro Benito Guataquirá
Juan Manuel Rodríguez Rodríguez 21
- 4. Diseño y construcción de control híbrido difuso-deslizante para convertidor DC/DC tipo Boost**
Mónica Licet Vásquez Fonseca
Fredy Hernán Martínez Sarmiento 31
- 5. Sistema de gestión y control de interventorias para la contratación de la administración pública bajo entorno web**
Oscar Xavier Borré Torres 41
- 6. Sistema de desarrollo para microcontrolador Atmel orientado a PLC**
Délida Farfán León
Fernando Martínez Santa
Ricardo Pirajan Cantillo 47
- 7. Sistema bodega de datos para la administración de los indicadores del Sistema de Universidades**

III Resúmenes 74

- 1. Tecnología en Construcciones Civiles** 74
- 2. Tecnología en Electricidad** 79
- 3. Tecnología en Electrónica** 81
- 4. Tecnología en Sistematización de Datos** 84
- 5. Tecnología Industrial** 87
- 6. Tecnología Mecánica** 90
- 7. Ingeniería Civil** 93
- 8. Ingeniería en Distribución y Redes Eléctricas** 95
- 9. Ingeniería Eléctrica por Ciclos** 96
- 10. Ingeniería en Control** 96
- 11. Ingeniería en Telecomunicaciones** 98
- 12. Ingeniería en Telemática** 99
- 13. Ingeniería de Producción** 102
- 14. Ingeniería Mecánica** 105

IV Instrucciones para los autores 107

Editorial

El año 2011 ha significado mucho para la historia colombiana, y en particular para su Educación Superior. Este año es recordado por muchos como un año de paros, y en particular para los estudiantes universitarios, como el año en que lograron unirse (en conjunto con algunos docentes, trabajadores universitarios y sindicatos) alrededor de un único objetivo común, objetivo por el cual lucharon y que finalmente conquistaron: el rechazo al Proyecto de Reforma a la Educación Superior presentado por el Gobierno Nacional.

Ha sido sin duda un año de gran significancia para la Educación Superior, y en general para la Universidad y la educación en Colombia. Dejando de lado las conquistas logradas, un impacto positivo que logró esta fallida reforma fue la capacidad de integrar y motivar a una comunidad tan amplia y dinámica como lo son los jóvenes universitarios. Esto deja entrever que bajo la motivación adecuada, los jóvenes son capaces de alcanzar grandes logros.

Esto es sin duda también uno de los objetivos fundamentales de la revista, motivar la innovación, investigación y el desarrollo tecnológico en los jóvenes, futuro del país. A partir de éste volumen la revista también se adapta, integrando a ella algunos cambios acordes con principios de libre acceso y visibilidad, cambios que buscan incrementar la dinámica de la revista. En primer lugar, se ha iniciado la conformación de un Comité Editorial y de un Comité Científico. Estos dos comites tendrán, en primera instancia, la función de reformular el Reglamento Editorial, las políticas y los procedimientos del proceso de edición y publicación de la revista. De igual forma, ellos participarán en la revisión semestral de los volúmenes publicados y asesorarán con el fin de mantener y mejorar la calidad. Uno de los primeros cambios sugeridos por los comites, y que se reflejarán en futuras entregas, es la participación abierta de autores.

Otro cambio, mucho más visible, es el relacionado con la diagramación. Se ha asumido de forma integral (con alguna personalización) el formato APA (*American Psychological Association*) 6ta edición para la publicación de los artículos. En volúmenes anteriores se había manejado ya para las referencias, ahora se amplía al formato de todo el artículo. Este cambio, sin embargo, es transparente para los autores.

La estructura general de la revista se mantiene. Como es tradicional, se incluye un conjunto de artículos resultados de trabajos de investigación en áreas tecnológicas. También se conserva la sección de Resúmenes, en la cual se hace una relación de trabajos de grado desarrollados en la Facultad Tecnológica durante el periodo. Sin embargo, considerando que actualmente el Sistema de Bibliotecas de la Universidad Distrital adelanta el proyecto de Repositorio Institucional, el cual alberga los trabajos de grado, la revista a partir de la fecha limitará esta información a títulos de trabajos y autores.

Se ha puesto mucho cuidado en la actualización y estructuración de este volumen de la revista, esperamos que esta nueva etapa sea del agrado de la comunidad, y lograr incrementar en el corto plazo su difusión e impacto.

Ph.D(c) Prof. Fredy H. Martínez S.
Docente Facultad Tecnológica
Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Implementación del criptosistema de curva elíptica en un prototipo de aplicación móvil para E-Commerce

Implementation of elliptic curve cryptosystem in a mobile application prototype for E-Commerce

Camilo A. Barbosa
Directv Colombia
camiloandb@gmail.com

Yesid A. Tibaquirá
Avianca
yatibaquirac@correo.udistrital.edu.co

Gerardo Castang Montiel
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
gcastangm@udistrital.edu.co

El prototipo consiste en la implementación del criptosistema de curva elíptica en una aplicación móvil y en una aplicación Web. Se desarrolló para el cifrado y descifrado del flujo de datos entre las dos aplicaciones, y opera bajo un entorno *e-commerce* en el contexto de transacciones bancarias. El criptosistema de curva elíptica fue definido como opción de añadir seguridad a las aplicaciones dadas sus ventajas frente a otros criptosistemas de clave pública como RSA. Se trabajó la especificación de java J2ME y la API correspondiente de Bouncycastle para entornos móviles. En la aplicación Web, se diseñó un Servicio Web, accesible desde la aplicación móvil, basado en la especificación JEE5. Para el envío de objetos entre el dispositivo móvil y el servicio Web se diseñó un esquema de serialización (conversión de un objeto a flujo de bytes) y deserialización (proceso inverso) para facilitar la transmisión de la información.

Palabras clave: aplicación web, criptosistema, curva elíptica, entornos móviles

The prototype is the implementation of elliptic curve cryptosystem in a mobile application and Web application for encryption and decryption of data stream between the two applications under e-commerce environment in the context of banking transactions. The elliptic curve cryptosystem was defined as an option to add security to applications, because of its advantages over other public key cryptosystems such as RSA. The java J2ME specification and corresponding API Bouncycastle for mobile environments was used. In the Web application, a based java JEE5 Web service was designed, accessible from the mobile application. For sending objects between the mobile device and Web service a scheme for serialization (object to bytes stream) and deserialization (reverse process) was designed for easy information transmission.

Keywords: cryptosystem, elliptic curve, mobile environments, web application

Introducción

El comercio por medios electrónicos es una de las actividades que un usuario puede realizar desde cualquier computador de escritorio o portátil, que tenga acceso a Internet. Sin embargo, esta actividad, ha traspasado las fronteras de los equipos de cómputo para ser parte también de los dispositivos móviles, gracias al crecimiento de la demanda de estos dispositivos como celulares y PDA's.

El auge de estos dispositivos y de las aplicaciones para comercio electrónico móvil, ha generado la nece-

sidad de implementar un entorno seguro que garantice un alto grado de confidencialidad en el transporte de la información. Los protocolos para entornos móviles WEP y WAP hacen uso de criptosistemas en su capa de transporte para el envío y recepción de información en un entorno inseguro. Sin embargo, estos protocolos han demostrado vulnerabilidades debidas a ataques criptográficos tales como el ataque de hombre en el medio o ataques por fuerza bruta, que dan cuenta de las falencias en los algoritmos de encriptación. Ellos, por lo general, son de criptosistema simétrico.

Este proyecto surge con la finalidad de agregar un nivel de seguridad en la transmisión de información entre dispositivos móviles, implementando el criptosistema de curva elíptica, y una aplicación web, bajo un entorno en el cual se requiera la confidencialidad de la información en el momento de su transmisión. El entorno simulado adopta algunos procesos de transacciones bancarias, en los cuales el carácter de los datos transportados es crítico.

Metodología

Protocolo de aplicaciones inalámbricas WAP 2.0

El protocolo WAP es el actual estándar para el envío, recepción, presentación de información y servicios de telefonía desde terminales inalámbricas y teléfonos celulares. Esto significa que mediante el protocolo WAP, adicionalmente a los tradicionales servicios de voz, es posible manejar contenidos de comercio electrónico, Internet y servicios avanzados de datos desde un teléfono celular. Aunque es posible hacer dicho manejo con otras tecnologías, hasta el momento, WAP, es el protocolo que ha mostrado un camino estándar, definido y estable para hacerlo (Fuquene, 2008).

Modelo WAP. El protocolo WAP (Figura 1) utiliza la tecnología de proxy para optimizar y mejorar la conexión inalámbrica entre el dominio y el servidor proxy WAP, proporcionando una variedad de funciones que incluyen:

1. El protocolo de puerta de enlace (Gateway), que traduce las peticiones de una pila de protocolos inalámbricos (por ejemplo, la pila WAP 1.x- WSP, WTP, WTLS, y el PDC) para los protocolos de WWW (HTTP y TCP / IP).

2. Los codificadores y decodificadores de contenidos, que puede ser utilizado para traducir el contenido WAP en un formato compacto. Este permite una mejor utilización de la relación subyacente debido a su reducido tamaño.

3. El agente de usuario, necesario para la administración de perfiles

4. El almacenamiento en caché de proxy, que puede mejorar el rendimiento percibido y la utilización de la red mediante el mantenimiento de una memoria caché de los recursos de acceso frecuente.

5. El proxy WAP, que permite que el contenido y las aplicaciones sean almacenadas en servidores Web, y que sean desarrolladas utilizando tecnologías el nivel de la Web (OMA, 2001).

Arquitectura WAP. El protocolo WAP en su versión 2.0 fue optimizado con respecto a la versión 1.0 para redes con un ancho de banda bajo para el dispositivo móvil. Esto con el fin de mejorar la latencia en los dispositivos. Para ello se incorporaron las siguientes características.

1. Capa de Aplicación (WAE) (Figura 2), que prevé la interacción entre el protocolo WAP y aplicaciones Web para dispositivos inalámbricos. Estas aplicaciones Web son desarrolladas para el micronegador WAP que posee las siguientes funcionalidades:

- Un lenguaje denominado WML6 similar al HTML, pero optimizado para su uso en terminales móviles.
- Un lenguaje denominado WMLScript. similar al JavaScript (esto es, un lenguaje para su uso en forma de Script).
- Un conjunto de formatos de contenido, que son un conjunto de formatos de datos bien definidos entre los que se encuentran imágenes, entradas en la agenda de teléfonos e información de calendario.

2. Capa de sesión. El protocolo WSP (*WirelessSession-Protocol*) proporciona la transferencia de hipertexto HTTP en su versión 1.1, incorporando nuevas características tales como sesiones de larga duración y un período de suspender / reanudar. Este protocolo proporciona la capa de aplicación de nivel superior del protocolo WAP con una interfaz consistente para dos servicios de sesión. El primero es un servicio de conexión, de modo que opera por encima del protocolo de la capa de transacción. El segundo es un servicio de conexión, que funciona por encima de un servicio de transporte de datagramas seguro o no seguro.

3. Capa de transacción. El protocolo WTP (*WirelessTransactionProtocol*) se ha definido como un protocolo orientado a transacciones de poco peso, que se ha adecuado para aplicaciones de estaciones móviles y funciona de manera eficiente a través de redes inalámbricas por medio de datagramas. Los beneficios de usar el protocolo WTP incluyen:

- Mayor fiabilidad en los servicios de datagrama, ya que el protocolo WTP alivia la capa superior de las retransmisiones y reconocimientos que son necesarios cuando los servicios de datagrama se utilizan.
- Mejora de la eficiencia en los servicios orientados a conexión. Debido a que no tiene ninguna conexión explícita para crear o derribar las fases.
- Se tiene la ventaja de utilizar un protocolo orientado a mensajes, diseñados para servicios orientados a transacciones.

4. Capa de Seguridad. La capa WTLS (*WirelessTransportLayer Security*) está diseñada para proporcionar privacidad, integridad de datos y la autenticación entre dos aplicaciones que se comunican. Proporciona la

Fecha recepción del manuscrito: Mayo 17, 2011

Fecha aceptación del manuscrito: Agosto 10, 2011

Camilo A. Barbosa, Directv Colombia; Yesid A. Tibaquirá, Avianca; Gerardo Castang Montiel, Facultad Tecnológica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Esta investigación fue financiada por: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Correspondencia en relación al artículo debe ser enviada a: Yesid A. Tibaquirá. Email: yatibaquirac@correo.udistrital.edu.co

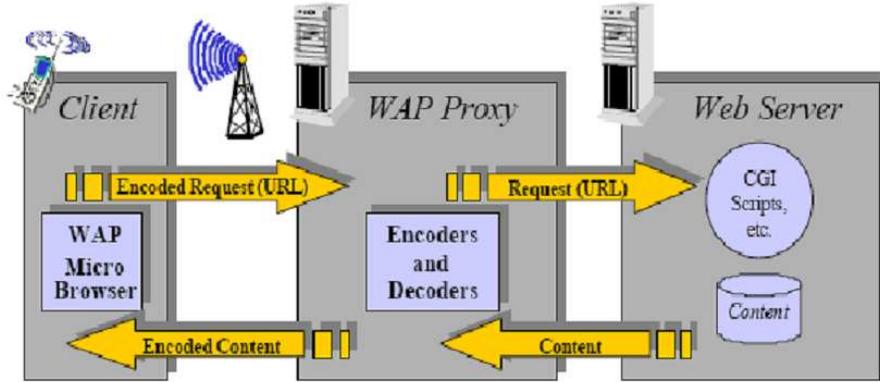


Figura 1. El protocolo WAP (OMA, 2001).

capa de nivel superior del protocolo WAP, con una interfaz de servicio de transporte seguro que conserva la interfaz de servicio de transporte por debajo de ella. Además, WTLS proporciona una interfaz para la gestión (por ejemplo, la creación y terminación) de las conexiones seguras. Así mismo, proporciona una funcionalidad similar a TLS 1.0 e incorpora funciones adicionales como el soporte de datagramas, y la optimización del intercambio dinámico de claves.

5. Capa de Transporte. El protocolo WDP (*Wireless Datagram Protocol*) ofrece un servicio equivalente al de la capa de transporte de datagrama de Internet UDP. Ofrece a las capas superiores un servicio transparente a la forma como el protocolo WAP transmite los datos en una red móvil.

Criptografía de Curva Elíptica (CCE)

Una curva elíptica está definida por la ecuación 1:

$$y^2 = x^3 + Ax + B \tag{1}$$

Donde A y B son constantes. Estas constantes deben cumplir con la siguiente desigualdad (ecuación 2):

$$4A^3 + 27B^2 \neq 0 \tag{2}$$

La ecuación de la curva es una versión corta de la ecuación generalizada de Weierstrass. Esta ecuación, puede ser estudiada para varias estructuras algebraicas, pero para las curvas elípticas solo se considerará en un campo finito (Huguet, Rifá, y Tena, 2009). La Figura 3 muestra dos opciones de cómo sería la gráfica de una curva elíptica.

Suma de puntos en curvas elípticas. La suma de dos puntos en una curva elíptica, P y Q , gráficamente se puede distinguir, trazando una línea que pase por los dos puntos. Por lo general, esta línea intercepta la curva en un punto. Este punto es denominado como $-R$, de forma que se puede hallar el punto opuesto a este tercer punto. Esto significa que si $-R = (x, y)$, el punto opuesto es $R = (x, -y)$. Se puede dar el caso de que se realice la suma del mismo punto y que el resultado de esta suma sea otro punto de la curva, o que no se intercepte

la línea trazada sobre un punto de la curva, como resultado la suma de un punto más el punto en el infinito, que genera el punto original. Para ilustrar los diferentes casos de sumas de puntos en una curva elíptica, se presenta la Figura 4.

A continuación se presentan las fórmulas de los diferentes casos de la suma de puntos en una curva elíptica (ecuaciones 3, 4 y 5). El punto en el infinito es definido con la letra O :

$$P + O = P \tag{3}$$

Si $Q = -P$ entonces:

$$P + Q = O \tag{4}$$

Si $P = Q$ entonces:

$$P + Q = -R \tag{5}$$

También se puede decir que si se quiere doblar el punto P (ecuaciones 6 y 7):

$$P + (-P) = O \tag{6}$$

$$P + P = 2P = R \tag{7}$$

Multiplicación de un punto de una curva elíptica por un escalar. Teniendo como base la suma de puntos en una curva elíptica, otra operación que se puede realizar con los puntos es la multiplicación de estos puntos por un escalar k . Por ejemplo, si se supone que k tiene un valor de 17, para calcular K_p , se puede realizar un doblado de puntos de la siguiente forma (ecuación 8):

$$\begin{aligned} P \\ 2P = P + P \\ 4P = 2P + 2P \\ 8P = 4P + 4P \\ 17P = 8P + 8P + P \end{aligned} \tag{8}$$

De esta forma, se obtiene el punto resultante de k multiplicado por el punto P . Ello puede generar gran cantidad

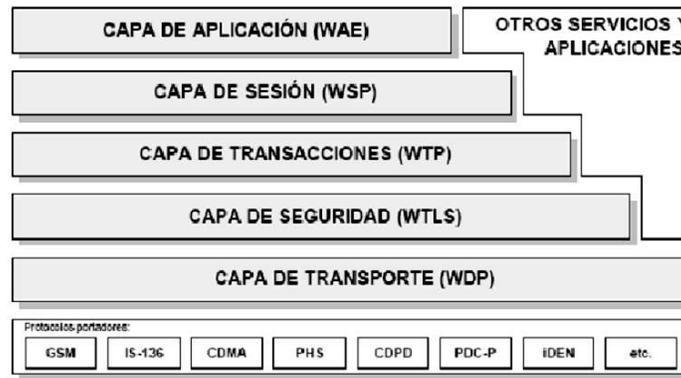


Figura 2. Arquitectura WAP 2.0 (OMA, 2001).

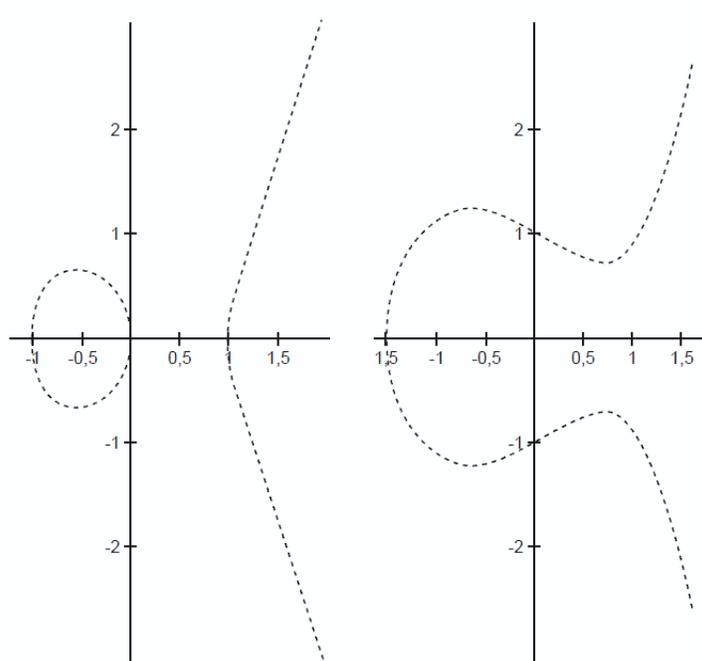


Figura 3. Diagrama de dos curvas elípticas (Lerch, 2007).

de puntos, con coordenadas de grandes tamaños. Sin embargo, para limitar este cálculo de puntos se suele trabajar con campos finitos, en especial cuando se implementa la teoría de curva elíptica en la criptografía.

Criptosistema de curva elíptica

El criptosistema de curva elíptica en su asimetría basa su seguridad en lo difícil que resulta calcular logaritmos discretos en curvas elípticas. El problema del logaritmo discreto para curvas elípticas (conocido como ECDLP) es la base de los criptosistemas de curva elíptica. Este problema establece que teniendo dos puntos dentro de un campo finito, que pertenecen a una curva elíptica, se necesita encontrar un valor x que cumpla con la siguiente relación (ecuación 9):

$$Q = xP \quad (9)$$

Esta operación es computacionalmente fácil, sin embargo, obtener x a partir de P y Q es un problema difícil, incluso para un ordenador. De hecho si se utilizan valores de k lo suficientemente grandes, la tarea se vuelve computacionalmente imposible. Al menos con los algoritmos y máquinas actuales (Lerch, 2007).

La forma cómo funciona el criptosistema de curva elíptica se explica a continuación de forma general:

1. Tanto el emisor como el receptor acuerdan el uso de una curva E sobre un campo finito F_n de tal forma que sea complejo resolver el problema del logaritmo discreto en $E(F_n)$. Además de la definición de la curva se establece un punto P

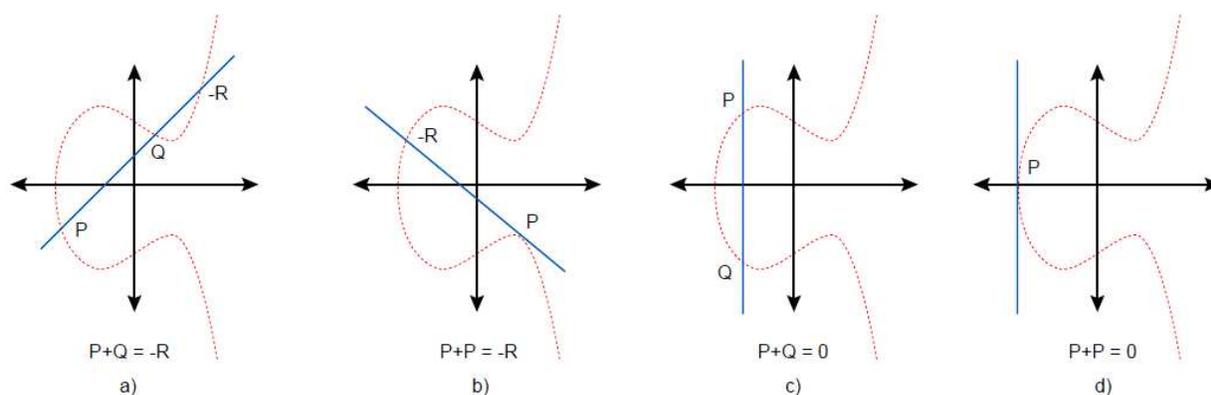


Figura 4. Suma de puntos en una curva elíptica (Lerch, 2007).

que pertenezca a la curva elíptica de modo que su orden sea un número primo demasiado grande.

2. El emisor escoge un número entero secreto a y calcula el punto P_a con la operación $P_a = aP$, para luego enviar al receptor el punto calculado.

3. El receptor de la misma manera genera un entero secreto b y calcula el punto P_b con $P_b = bP$, para luego enviarlo al emisor.

4. El usuario emisor calcula $aP_b = abP$.

5. El usuario receptor calcula $bP_a = baP$.

6. Ahora tanto el emisor como el receptor pueden establecer una comunicación utilizando una clave de cifrado que solo ellos conocen extraiéndola de abP .

API curva elíptica

La Legión del Castillo que Rebotas (*The Legion of the Bouncy Castle*), es un proyecto de software libre que reúne un conjunto de librerías en el lenguaje Java y C#, para el desarrollo de trabajos que incluyan criptografía en estos dos lenguajes. Esta API (Interfaz de Programación de Aplicaciones - *Application Programming Interface*) funciona con todos los entornos de Java, desde el JDK 1.4 hasta la versión actual, JDK 1.6, incluyendo librerías que pueden trabajar con el framework de Java para el desarrollo de aplicaciones móviles J2ME. Algunas características de esta API son (Maiorano, 2009):

- API Criptográfica liviana (pretende mantener el soporte para las máquinas virtuales de java en J2ME).
- Proveedor para la Java CryptographyExtension (JCE) y la Java CryptographyArchitecture.
- Una librería para la lectura de objetos codificados en ANSI.1 (Notación Sintáctica Abstracta 1. Forma para representar datos independientemente del equipo).
- API de cliente liviana TLS liviana.
- Una versión firmada de un archivo jar para ser utilizado con la JDK 1.4 a 1.6 y la JCE de Sun.
- Implementación de la JCE 1.2.1.

- Soporte para algoritmos de curva elíptica como Diffie-Hellman y ElGammal.

Resultados

Diseño de la aplicación

La aplicación móvil se divide en varios módulos. El módulo inicial de autenticación valida el acceso de un usuario a las diferentes opciones de la aplicación. Dentro de la aplicación móvil se encuentran 3 módulos; el módulo de consulta de productos lista los productos activos con los que cuenta el usuario dentro de la entidad bancaria. Dentro de este mismo módulo el usuario puede consultar el saldo de algún producto específico, el cual se cuenta como otro módulo de la aplicación. En el módulo de consultar movimientos, el usuario de la lista de productos selecciona uno, al que requiera conocer el listado de movimientos dentro de un rango de fechas, no superior a una diferencia de 3 días entre estas.

Identificación de actores. Para este prototipo de la aplicación sólo se definió un actor, que es el usuario final, quién posee el dispositivo móvil y realizará las consultas (Figura 5).

Diagrama de clases. Para la implementación del cifrado y descifrado de los datos se utilizó el Esquema Integrado de Encriptado con Curva Elíptica (ECIES), haciendo uso de la librería criptográfica *BouncyCastle*, que será implementada tanto en la aplicación del servidor como en la aplicación móvil dentro de un paquete de clases que se ha denominado con el nombre *CurvaElíptica* (Figura 6).

Herramientas de desarrollo

Este prototipo se fundamenta en dos aplicaciones, una aplicación web, específicamente un servicio web, implementado en un servidor de aplicaciones que interactúa con un servidor de base de datos PostgreSQL 9.0 o posterior. La versión de Glassfish recomendada es 3 y del JDK (Java Development Kit) es la 1.6. Además, utiliza la API de Bouncycastle en su

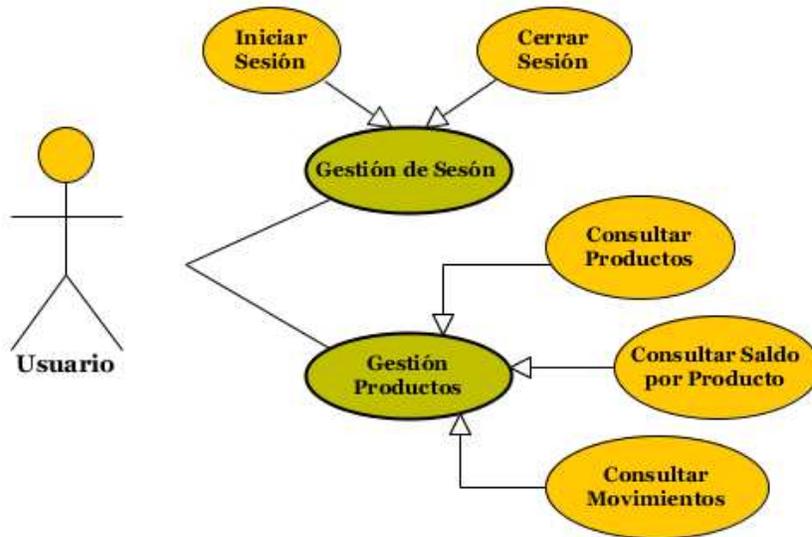


Figura 5. Diagrama de casos de uso - Diagrama general.

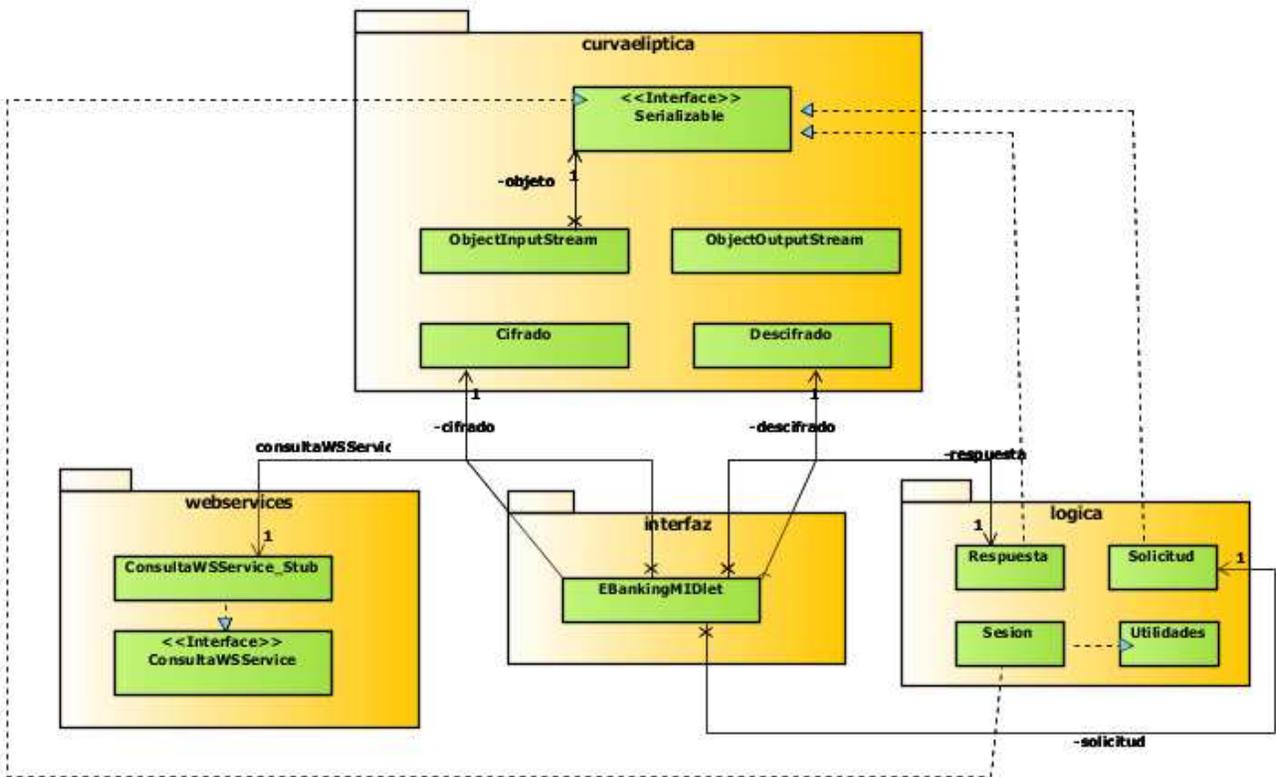


Figura 6. Diagrama de Clases - Cliente móvil.

versión 1.45, compatible con la versión de java para el esquema de encriptación.

Por otro lado, se encuentra la aplicación móvil, que establece el puente entre el usuario final y el Servicio Web. Esta es compatible con la especificación de Java para dispositivos móviles J2ME y también implementa una versión de la

API de Bouncycastle para este tipo de dispositivos. Cualquier dispositivo compatible con aplicaciones java, puede tener la aplicación móvil.

API Bouncycastle

La API de Bouncycastle que se implementó dentro de la aplicación móvil y la aplicación Web, para las tareas de cifrado y descifrado bajo el esquema ECIES, consta de las siguientes clases (ver Tabla 1).

Análisis de tráfico. Inicialmente, en el equipo servidor se instaló el programa Wireshark (analizador de protocolos y puertos mantenido bajo la licencia General Public License o GPL), para analizar y visualizar la forma cómo la información entraba y salía en cada solicitud que se realizaba desde un dispositivo móvil. La imagen que se muestra a continuación (Figura 7) consta de dos paneles; el primer panel es llamado el *Panel de Detalles del Paquete*. En este panel se muestra el encabezado y el acuerdo de cada paquete junto con la información que es transmitida (ya sea de entrada o de salida). El segundo panel se llama *Panel de Bytes del Paquete*, el cual permite visualizar los Bytes de todo el paquete, o de alguna parte del paquete que se selecciona en el panel de detalles. En este panel se puede ver los Bytes en forma hexadecimal y en formato ASCII. Se resalta en las imágenes el contenido de la solicitud y de la respuesta del servidor, tanto en el panel de detalles como en el panel de Bytes.

Conclusiones

El protocolo WAP2 utiliza medidas de seguridad dentro de su arquitectura para el intercambio de información entre aplicaciones para dispositivos móviles y aplicaciones Web basadas en los criptosistemas simétricos o de una sola clave. Un criptosistema asimétrico o de clave pública es implementado en el momento de compartir la clave única para cifrar

y descifrar la información entre ellas, demostrando con este hecho el alto nivel de seguridad que tiene la implementación de un criptosistema asimétrico a comparación de un criptosistema simétrico, sin demeritar el nivel de este.

Un criptosistema basado en curva elíptica utiliza claves de longitudes cortas para el cifrado y descifrado de los datos pero con un alto nivel de seguridad, lo cual hace que sea apropiado utilizarlo en entornos donde la información requiera un alto nivel de confidencialidad en el momento de ser transmitida. En entornos móviles es utilizado el algoritmo de Diffie-Hellman de curva elíptica para el intercambio de la clave, con la cual se va a cifrar y a descifrar la información antes y después de su transmisión. Sin embargo, el esquema ECIES (*Elliptic Curve Integrated Encryption Scheme*) implementado en la API de Bouncycastle, permite utilizar la curva elíptica tanto en entornos móviles como en aplicaciones Web, que para este caso es un servicio Web.

Referencias

- Fuquene, H. (2008). M-commerce: el nuevo protagonista del comercio electrónico. *Vínculos*, 4(1), 62-77.
- Huguet, L., Rifá, J., y Tena, J. (2009). *Criptografía con curvas elípticas*. Universitat Oberta de Catalunya.
- Lerch, D. (2007). Criptografía de curva elíptica: Ataque de rho de pollard. *Hakin9*.
- Maiorano, A. (2009). *Criptografía técnicas de desarrollo para profesionales* (1ed. ed.). Alfaomega Grupo Editor.
- OMA. (2001, Julio). *Wap 2.0 specifications. architecture*. On line. Descargado de www.wapforum.com

Tabla 1
Tabla de clases Bouncycastle

Clase	Descripción
ECDHBasicAgreement	Clase que obtiene un valor secreto a partir de una clave privada y otra pública.
AsymmetricCipherKeyPair	Una clase de mantenimiento para los pares de parámetros públicos/privados.
SHA1Digest	Implementación del algoritmo SHA-1.
IESEngine	Clase de apoyo para construir cifradores para el intercambio básico de mensajes en la aplicación. En resumen, procesa (cifra y descifra) bloques de bits de los mensajes.
KDF2BytesGenerator	Parámetros de la Key DerivationFunctions (KDF) que construye un generador de KDF2 bytes.
InvalidCipherTextException	Excepción que se lanza cuando se encuentra algo anormal en un mensaje.
Hmac	Clase para la implementación de los códigos de autenticación de los mensajes.
ECDomainParameters	Clase para la creación de parámetros de las claves de curva elíptica.
ECPublicKeyParameters	Parámetros de la clave pública de la curva elíptica.
ECPrivateKeyParameters	Parámetros de la clave privada de la curva elíptica.
IESParameters	Parámetros para usar cifrado en un modo streaming. Es la clave del acuerdo (Diffie-Hellman) usada como base para la encriptación.
ECCurve	Clase base para implementar la curva elíptica.
ECPoint	Clase base para implementar los puntos de la curva elíptica.
Hex	Clase que codifica los datos de entrada, produciendo una matriz de bytes hexadecimal codificados.
Base64	Clase que codifica los datos de entrada, produciendo una matriz de bytes codificados en base 64.

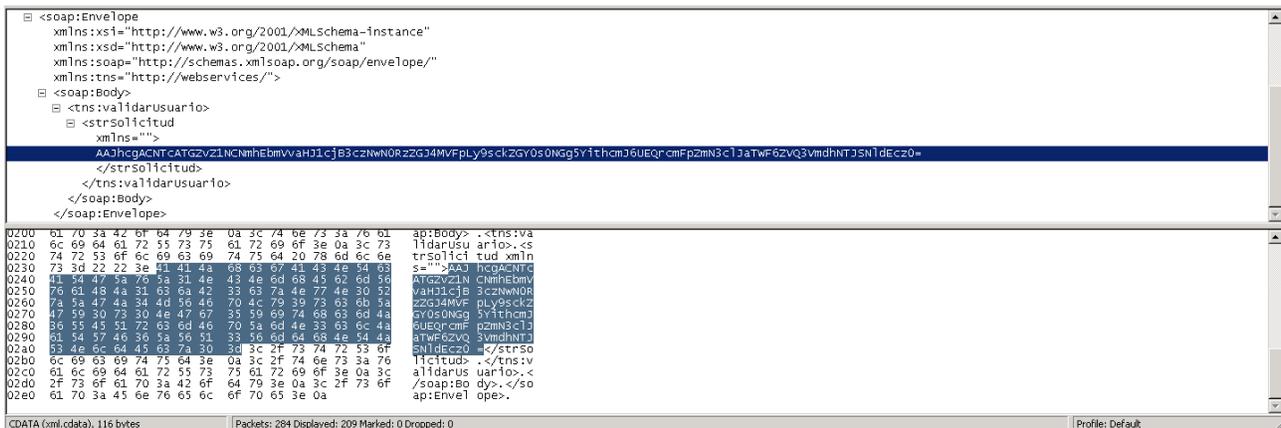


Figura 7. Traza validar usuario - Solicitud.

Sistema de control de acceso biométrico sin contacto con tarjeta inteligente

Contactless biometric access control system with smart card

Johan M. Prieto
Technology and Solutions
johan_prieto@t-s.com.co

Edwar Jacinto Gómez
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
ejacintog@udistrital.edu.co

Este artículo describe el desarrollo de un sistema interfaz de usuario sobre un terminal Spectra T-800 (POS). La transmisión de datos se realiza por medio de comunicación GPRS full dúplex y con un servidor externo mediante protocolo ISO 8583. El proyecto desarrolló su parte central en la captura de datos de la cédula colombiana, permitiendo la lectura del código de barras con un dispositivo de lectura del PDF417. La captura de la huella se realiza por medio del lector dactilar, el cual genera una plantilla que se almacena parcialmente en el datáfono. El lenguaje usado fue ANSI C, y se depuró mediante el compilador GCC de uso libre. Las herramientas de la aplicación fueron diseñadas especialmente para garantizar eficiencia, velocidad y seguridad a nivel comercial.

Palabras clave: acceso biométrico, interfaz de usuario, ISO 8583, tarjetas inteligentes

This paper describes the development of a user interface system on a T-800 Spectra terminal (POS). The data transmission is via GPRS full duplex communication with an external server using ISO 8583 protocol. The project developed its central part in data capture of Colombian ID, allowing the reading of the bar code with the PDF417 reader. The capture of the fingerprint is performed by the fingerprint reader, which generates a template that is partially stored in the dataphone. The language used was ANSI C and compiled using the free GCC compiler. Implementation tools were specifically designed to ensure efficiency, speed and safety in commercial environment.

Keywords: biometric access, ISO 8583, smart cards, user interface

Introducción

Dado que en el mundo actual existen empresas o lugares para los cuales prima la seguridad y el acceso de personal, este proyecto brinda una posible solución al sistema de segu-

ridad. En primer lugar, se plantea la solución a la seguridad de cualquier sitio en cuanto al ingreso, registro y control del personal, tanto nuevo como previamente. Con este sistema se pueden evitar los errores humanos al momento de hacer registros manuales, ya sea en computadores o libretas, que realizan las personas encargadas de la seguridad. Con el se disminuye la posibilidad del ingreso de personal no registrado o en su defecto, personal no deseado, en las instalaciones de un lugar determinado. La implementación de esta aplicación de usuario pretende, además, que ninguna persona autorizada altere el acceso al sitio y se agilice el proceso de ingreso de forma segura y confiable. De este modo se protegen en gran proporción los objetos y la seguridad del personal que se encuentra en el lugar en cuestión.

Para dar solución a estos inconvenientes se desarrolló el sistema referido. Este sistema consiste en implementar una interfaz de usuario en un terminal Spectra T-800 (SPECTRA Technologies Holdings, 2011). Esta terminal establece un sistema de transferencia de datos bidireccional

Fecha recepción del manuscrito: Mayo 24, 2011

Fecha aceptación del manuscrito: Agosto 10, 2011

Johan M. Prieto, Technology and Solutions; Edwar Jacinto Gómez, Facultad Tecnológica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Esta investigación fue financiada por: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Correspondencia en relación al artículo debe ser enviada a: Johan M. Prieto. Email: johan_prieto@t-s.com.co

que garantiza seguridad y dinamismo, apoyada en un servidor externo (ya que esta característica lo hace más seguro en caso de posible robo). Así, todos los procesos de organización de seguridad y restricción a la entrada de cualquier sitio son controlados y verificados sistemáticamente. Del mismo modo, se presenta la ventaja de que el servicio es portable, mientras la máquina sea capaz de abastecer los dispositivos conectados por medio de su batería.

El diseño del sistema fue probado exitosamente sobre un prototipo de laboratorio, demostrando todo su desempeño.

Formulación del problema

Características del hardware

Terminal Spectra T-800. La Spectra T-800 (Figura 1) es un terminal móvil, diseñada para procesos comerciales tales como tarjetas de mercado de venta, con todo tipo de ticket, lotería, sistemas de transporte masivo, etc. (SPECTRA Technologies Holdings, 2011).



Figura 1. Terminal Spectra T-800 (SPECTRA Technologies Holdings, 2011).

El datáfono T-800 está formado por dos partes, una de hardware y otra de software. La parte referente al hardware consta de los siguientes componentes: una CPU, una memoria SDRAM, una memoria Flash, un display LCD, un teclado, una batería, una impresora térmica, un lector de banda magnética, un puerto serial, un puerto USB y en especial un módulo lector de tarjetas inteligentes sin contacto Mifare.

Este, lleva incorporado un procesador ARM9 RISC de 32 bits, habilitado con comunicación GSM/GPRS con copia de seguridad, lo cual garantiza que las la transferencia de datos es certera y se realiza en tiempo real.

Este terminal cuenta con las siguientes interfaces:

- Un puerto RS232 (interfaz que designa una norma para el intercambio serie de datos binarios entre un DTE Equipo Terminal de datos, y un DCE *Data Communication Equipment*, Equipo de Comunicación de datos (Gao et al., 2008)) con velocidades de transmisión hasta de 115200 baudios por segundo. Este puerto está habilitado a través de un conector tipo RJ11 hembra.

- El terminal presenta la posibilidad de tener incorporado un segundo puerto de comunicación RS232 con las mismas características del anterior, ello con el fin de conectar un dispositivo externo extra a la T-800. Para el caso de diseño, será el lector biométrico y el lector de código de barras.

- Con el fin de expandir la capacidad de memoria del terminal, este tiene la capacidad de conectar en su parte posterior una o dos memorias tipo MicroSD de hasta 4 Gigabytes cada una.

- El T-800 presenta compatibilidad USB 2.0 con un puerto tipo mini USB (SPECTRA Technologies Holdings, 2011).

Descripción del módulo GPRS. El módem WMP100 (Figura 2) es un microprocesador realizado con tecnología GSM/GPRS para aplicaciones que requieren funcionamiento de alcance medio (Sierra Wireless, 2010). Algunas características de este módem son:

- Capacidad de conexión global a la red GSM/GPRS en las bandas de frecuencia de 800, 900, 1800 y 1900 MHz.
- Procesador de 32 bits programable ARM9 en 104 MHz.
- Tamaño compacto, solamente 25 mm × 0.25 mm × 3 mm



Figura 2. Modem WMP100 (Sierra Wireless, 2010).

Tecnología Mifare. Mifare es una tecnología en la que no hay contacto físico por parte del lector y el dispositivo a ser leído, su funcionamiento está a 13.56 MHz. El pionero en esta tecnología es Philips Electronics, empresa que no fabrica tarjetas ni lectores, pero fabrica y vende al mercado general los chips para los lectores y las tarjetas (Teply y Foit, 2008).

La distancia aproximada entre el dispositivo y el lector tiene un rango de lectura aproximado de 10 cm, esta distancia depende del lector utilizado. La capacidad del dispositivo leído en cuanto a memoria está entre 1 k, 4 k y 8 k; para el proyecto, se hace uso de la MF1ICS50 de NXP, que tiene una memoria de 1 k (NXP, 2008).

La MF1ICS50 está diseñada para facilitar la integración y la comodidad del usuario. Su uso podría permitir completar las transacciones de venta de entradas que se manejan en menos de 100 ms, así, el usuario de la tarjeta MF1ICS50 no está obligado a dejar la tarjeta en el lector (NXP, 2008). La tarjeta Mifare también puede permanecer en la cartera durante la transacción, incluso con monedas. En cuanto a memoria,

se tienen 1 kbyte, organizados en 16 sectores, con 4 bloques (un bloque se compone de 16 bytes cada uno) (NXP, 2008). Las condiciones de acceso de cada usuario se pueden definir para cada bloque de memoria. Nuestro objetivo es guardar la huella capturada por el lector dactilar en la tarjeta, además de los datos recogidos al momento de leer la cédula.

Las tarjetas inteligentes sin contacto Mifare y los lectores/escribotes de tarjetas Mifare fueron desarrollados inicialmente para transacciones de pago en sistemas de transporte público. Gracias a su corto alcance de lectura, la tecnología Mifare resultaba especialmente apropiada para realizar las funciones de un monedero electrónico (NXP, 2008). Aunque las tarjetas inteligentes de contacto también pueden hacer esas funciones, los lectores sin contacto son más rápidos y fáciles de usar y prácticamente no necesitan mantenimiento. Las tarjetas sin contacto, por su parte, casi no sufren desgaste.

Módulo lector de huella. El ZT-998A es uno de los lectores de huellas producidos por la empresa Zhejiang Wellcom biometrics Co. Ltd. (ShenZhen Sanneng Security Technical, 2010). El lector de huella digital JZT-998A (Figura 3) es usado con semiconductores capacitivos como sensores de huella, interfaz USB 2.0, interfaz serial RS232 y las correspondientes aplicaciones de internet. Con estos dispositivos se incrementa la funcionalidad de identificación de huellas dactilares en su sistema, lo que garantiza seguridad.



Figura 3. Lector de huella dactilar (ShenZhen Sanneng Security Technical, 2010).

Este contiene un sensor de huella digital, como una parte integrante del JZT-998A, que se utiliza para la adquisición de imágenes de huellas dactilares y utiliza un sensor capacitivo. Al poner su dedo en el sensor de huellas dactilares, inicia el escaneo de la huella dactilar y luego podrá obtener las imágenes de las huellas escaneadas. Con el fin de adquirir imágenes de huellas digitales de alta calidad, se debe evitar daños en el sensor de huellas dactilares (ShenZhen Sanneng Security Technical, 2010).

Lector de código de barras. Para este proyecto se decidió utilizar un lector de código de barras de referencia ht-800, que se conecta por protocolo de comunicación RS232 al datáfono. Este lector lee y decodifica la información almacenada en el pdf417 de la cédula y la envía al dispositivo, el

cual se almacena en un *buffer* de recepción creado por programación. Por el se realiza la recepción de los datos requeridos, ubicándonos por posiciones en dicho *buffer*, extrayendo así lo que se desea.

Los códigos de barras se leen pasando un pequeño punto de luz sobre el símbolo del código de barras impreso. Visualmente se percibe una fina línea roja emitida desde el escáner láser. De este modo, las barras oscuras absorben la fuente de luz del escáner y se refleja en los espacios luminosos. Un dispositivo del escáner toma la luz reflejada y la convierte en una señal eléctrica.

El láser del escáner (fuente de luz) comienza a leer el código de barras en un espacio blanco (la zona fija) antes de la primera barra y continúa pasando hasta la última línea, para finalizar en el espacio blanco que sigue. Debido a que el código no se puede leer si se pasa el escáner fuera de la zona del símbolo, las alturas de las barras se eligen de manera tal que la zona de lectura se mantenga dentro del área del código de barras. Mientras más larga sea la información a codificar, más largo será el código de barras necesario. A medida que la longitud se incrementa, también lo hace la altura de las barras y los espacios a leer.

Comunicación de la T-800 con el ordenador

La comunicación entre este terminal y el ordenador tiene como finalidad exclusiva habilitar un puerto de comunicación y transferencia de datos por protocolo RS232 y USB.

RS232. El puerto de comunicación serial o RS232 incorporado en este dispositivo tiene varias aplicaciones; para la interacción con el PC se destacan los siguientes usos:

- Habilitar aplicaciones con capacidad de comunicación mediante este protocolo, convirtiendo la terminal en un dispositivo de envío y recepción de datos. Esto resulta muy útil a la hora de capturar tramas (paquete de datos almacenados en una cadena para su transferencia por la red) que se quieren enviar en una etapa posterior a través de la red.
- Enviar datos a interfaces propias del PC.

USB. El objeto exclusivo de este puerto es facilitar la descarga local de aplicaciones. Este componente presenta mayor velocidad de transferencia de datos frente a la comunicación serial.

Metodología

Parámetros de diseño

Para el diseño preliminar de la aplicación se tiene en cuenta las técnicas básicas de ingeniería de software, enfocadas en el desarrollo de estructuras, para generar interfaces que facilitan el flujo de datos a lo largo del programa. Se genera un programa con varios módulos, los cuales están enlazados entre sí para facilitar el manejo de la información.

Diseño arquitectónico de software. Este es un parámetro estándar de programación cuyo objetivo principal es desarrollar una estructura de programa modular y representar las relaciones de control entre los módulos. Además, al utilizar estas técnicas se garantiza una correcta mezcla de la estructura de programas y de la estructura de datos, incluso define las interfaces que facilitan el flujo de datos a lo largo del programa (Pressman, 2010).

Requerimientos del aplicativo. Para el cumplimiento del proyecto solicitado se establecieron los siguientes requerimientos:

- Implementar de manera adecuada la comunicación RS232 entre la máquina y los periféricos externos (lector biométrico y de código de barras).
- Otorgar comodidades de conexión GPRS con cualquier operador móvil.
- Desarrollar un proceso de ingreso seguro el cual permita el paso, exclusivamente a usuarios y máquinas autorizadas para la ejecución del sistema.
- Demostrar eficiencia en el momento de la captura de los datos solicitados.
- Diseñar e implementar un comprobante de transacción en el cual se encuentren todos los datos necesarios a los diferentes procesos efectuados (*ticket*).

Adicionalmente, se puede agregar un control de administrador, el cual permite modificar algunos parámetros del sistema, los cuales serán de uso particular de la empresa que realice el uso del aplicativo.

Desarrollo de la aplicación

La aplicación se planteó para el ingreso a la empresa T&S, con el fin de brindar mayor dinamismo y eficacia al momento de entrada de personas a la empresa, la cual en la actualidad realiza los ingresos por medio de la marcación de tarjetas.

Interpretación de los datos. ISO8583 (*ISO 8583-1*, 2003; *ISO 8583-2*, 1998; *ISO 8583-3*, 2003) es un protocolo transaccional de empaquetamiento de datos propuesto para sistemas que intercambian transacciones electrónicas. Este protocolo está orientado a todo tipo de transacciones financieras. ISO8583 consta de dos estructuras básicas la cabecera y los datos de aplicación.

En la cabecera se encuentra el tamaño de los datos transmitidos y el Protocolo de Transporte de Datos de la Unidad (TPDU). La estructura correspondiente a los datos de aplicación consta de tres partes fundamentales:

- El MTI
- El Bitmap
- Los elementos de datos

El MTI se compone por dos bytes correspondientes al identificador del tipo de mensaje enviado. Mediante este parámetro se puede identificar si la transacción es de consulta, venta, reversión, gestión, reporte, etc.

El Bitmap es un conjunto de 8 bytes en los cuales se describe la relación de cada uno de los elementos a enviar en la trama establecida, esto se hace asignando un identificador a cada uno de los campos del protocolo y realizando una suma binaria entre ellos para encontrar el correspondiente a cada byte de este paquete.

Los elementos de datos son una serie de campos preestablecidos por el protocolo ISO 8583, los cuales varían en cuanto a tamaño y tipo. Cada campo posee un nombre, un formato y un tamaño predeterminado.

La realización de la aplicación implicó un estudio sobre la forma en que deberían ser transmitidos los datos por parte del HOST para su posterior interpretación. La aplicación contiene diferentes tipos de datos que deben ser interpretados, como lo son la información de los menús, mensajes por pantalla, mensajes de impresión, formatos de los datos a ser enviados al HOST, etc.

Interfaz gráfica de usuario. La interfaz que se ha desarrollado por medio de lenguaje C en bajo nivel. Es bastante atractiva debido a la ventaja de tener una terminal con su LCD a color. Así mismo, el proceso del flujo del aplicativo es bastante sencillo y claro al momento en que se depura. En este sentido es de vital importancia en una primera instancia seguir los parámetros básicos de diseño del programador.

Conexión a la red GPRS. Cualquier dispositivo móvil realiza el proceso con unos datos de operación entre los cuales están el punto de acceso a la red (APN), el usuario GPRS y la contraseña GPRS. Este módulo se inicia mediante el reconocimiento de la red (búsqueda de señal). Luego, se da un intercambio y establecimiento de parámetros, para, finalmente, alcanzar la autenticación del operador y sostenimiento de la conexión a la red.

Para realizar el proceso de conexión, sin importar el operador de la tarjeta SIM (*subscriber identity module*, es una tarjeta inteligente que almacena los datos de la red GSM tales como la identidad del usuario, la ubicación y número de teléfono, datos de la red de autorización, las claves de seguridad personal, etc.), se desarrolló un algoritmo mediante el cual se utiliza una estructura estática llena, con los datos correspondientes a la red pública de cada operador activo.

La negociación a la red se realiza con cada uno de los registros de la estructura mencionada hasta que se obtiene un resultado exitoso (Figura 4). Una vez conecta, se almacena la información del operador con el fin de realizar este proceso únicamente con dicho registro, es decir, por ejemplo, si la T-800 conecta por la red del operador Tigo, esta opera únicamente por dicha red.

Conexión TCP/IP. Para iniciar este proceso se asigna una dirección IP dinámicamente a la Terminal. Con esta, todo el proceso de envío y recepción de datos se realiza por este canal. La IP es asignada mediante el protocolo PPP y tanto para el desarrollador como para el operario es invisible este proceso.

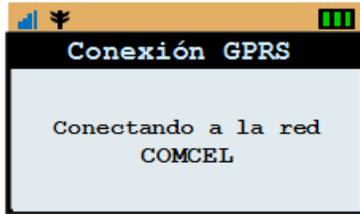


Figura 4. Ventana de conexión GPRS a red.

Para la transmisión de datos a un Host se realiza la transferencia de las tramas mediante protocolo TCP/IP, el cual realiza la comunicación entre los dos puntos de la red. Este protocolo sirve para fragmentar y direccionar la información.

El POS realiza la conexión TCP/IP mediante diferentes sockets o puertos de comunicación, los cuales son asignados por el procesador de la misma, estos contienen la información necesaria para sostener la comunicación por un canal sin afectar otro, abriendo y cerrando los canales de comunicación por software.

En el desarrollo de este módulo se enfatizó la posibilidad de configurar los datos correspondientes del protocolo TCP/IP tales como velocidad de transmisión, capacidad máxima de envío de tramas y re-direccionamiento de la comunicación. Con esto es posible transferir la información a cualquier dirección IP según configuración local de la T-800.

Se definió un máximo de 600 Bytes para el tamaño de las tramas, por lo que en caso de que una respuesta necesite más cantidad de información, será necesario dividir la respuesta en varias tramas.

Control de acceso (LOGIN). Mediante esta ventana (Figura 5) se brinda el ingreso al aplicativo por medio de una serie de dígitos que identifican un usuario y una clave que corresponde a la identificación de cada terminal instaurada sobre la base de datos a la cual apuntan, en este caso se trata del HOST de T&S.

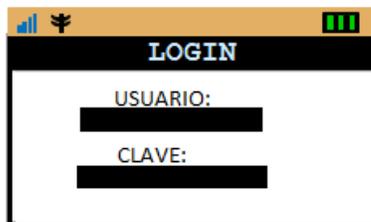


Figura 5. Ventana de control de acceso.

Cuando se hace referencia a la identificación de cada terminal, estamos hablando de la posibilidad de obtener el serial de cada máquina. Estos seriales son los que por obvias razones se van a encontrar registrados en las bases de datos. Con los números capturados mediante el dispositivo, se hace un proceso de confirmación de inicio de sesión con el servidor (Figura 6). Este verifica el código de la máquina y comprue-

ba que el vendedor y la clave corresponden al dispositivo, después se ubica el estado de la máquina como activo, tanto en el servidor como en la propia terminal.

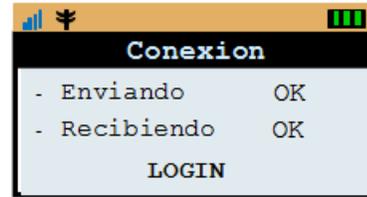


Figura 6. Transferencia de datos de Inicio de Sesión del POS.

Ingreso al aplicativo. Cuando el *Login* es exitoso, se da el ingreso a una pantalla principal que muestra cinco opciones (Figura 7).



Figura 7. Ventana menú principal.

Ingreso de usuario. La Figura 8 indica lo que sucede al ingresar en la opción 1.



Figura 8. Ventana captura de datos.

Existen dos formas para ingresar los datos al POS, la primera es por medio del lector de código de barras, el cual es bastante rápido y eficiente, sencillamente consiste en acercar el código de barras de la cédula colombiana al lector, de allí se extraerán el primer nombre y los apellidos. La segunda forma es por medio del POS, se solicita tanto nombre como apellidos y se digita por medio del teclado del dispositivo. En seguida, se solicita ubicar uno de los dedos sobre el huellero, para asociar estos datos con la huella y posteriormente enviarlos al servidor y relacionarlos con una de las tarjetas Mifare.

Verificar usuario. El modo de verificar el usuario está en la capacidad de reconocer el propietario de la tarjeta. Este

proceso solo será posible si la tarjeta ya se encuentra con los datos del usuario. Al proceder a realizar primero la lectura de la tarjeta, posteriormente se extrae de la misma los 256 bytes que identifican la huella del usuario, se descargan directamente de la terminal al lector biométrico y se solicita una nueva captura de huella para comparar y validar la autenticidad del propietario. Después de este proceso de verificación, se enviará una transacción, sea de entrada o de salida, informando al servidor la hora en la que hizo el usuario el ingreso o la salida (Figura 9).



Figura 9. Ventana para consulta de servicio.

Borrar datos. El borrado de datos es bastante sencillo, puesto que el servidor sencillamente recibe una trama indicando el serial de la tarjeta y ubica su estado en libre, al regresar la respuesta exitosa, el POS solicita que se ubique la tarjeta nuevamente, para realizar el borrado autorizado por el servidor (Figura 10).

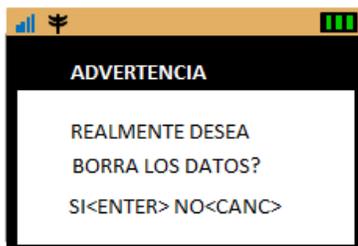


Figura 10. Ventana de consulta en progreso.

Consulta. El proceso de consulta (Figura 11) solicita ubicar la tarjeta para extraer los datos suficientes y asociarlos a una fecha, la cual debe ser digitada por la persona que desea realizar la consulta, su formato es AAAA/MM/DD. Si el envío es correcto, el servidor no responderá con la hora de entrada y de salida que se registró en el transcurso de esa fecha asociada a esa tarjeta (Figura 12).

Mensaje de impresión (ticket). Los mensajes de impresión o comprobantes de transacción se diseñaron e implementaron con el fin de brindar un soporte en papel del proceso financiero realizado. En este módulo se desarrolló un algoritmo para imprimir dos comprobantes por cada venta realizada, uno para el consorcio y otro para el cliente. En la Figura 13 se exponen los dos ticket de venta desarrollados en

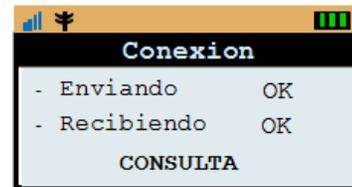


Figura 11. Ventana de conexión GPRS a red (1).



Figura 12. Ventana de conexión GPRS a red (2).

la aplicación, a la izquierda está el ticket del consorcio y a la derecha el del cliente.

Módulo cierre de sesión. El proceso de cierre se encarga de reunir la información generada por las ventas y diferentes procesos realizados en la terminal que sean necesarios para el servidor. Al mismo tiempo, garantiza el envío de estos para luego hacer el proceso de conciliación entre la terminal y el servidor, del cual se pueden obtener dos respuestas conciliación: correcta o incorrecta. Se desarrolló un proceso de cierre de sesión parcial y uno definitivo, con el objetivo de lograr inicialización después de este último y no descargar los parámetros en caso contrario. El módulo solicita datos de usuario y clave para iniciar la transacción (Figura 14).

Para expresar de manera clara y sencilla el desplazamiento y flujo del aplicativo se implementó el diagrama de bloques de la Figura 15, el cual mediante cada una de sus flechas conlleva a distintos procesos y menús. El esquema permite observar tanto la configuración como el uso de cada una de las opciones a seleccionar.

Resultados

Para el aplicativo lo más importante es la calidad de la comunicación por medio de los puertos RS232, ya que por esta se conoce la trama generada por cada persona al realizar reconocimiento biométrico, el cual es de 256 bytes. En la etapa de pruebas se llegó a la conclusión y necesidad de implementar un lector que funcione con el accionamiento de un interruptor.

Envío correcto de datos por parte del POS

Todos los datos capturados por el POS deben ser enviados en sus respectivos campos ISO, dependiendo del tipo de operación realizada sus valores varían así como los campos ISO



Figura 13. Comprobantes de transacción de consorcio y de cliente.



Figura 14. Captura de datos de cierre de sesión.

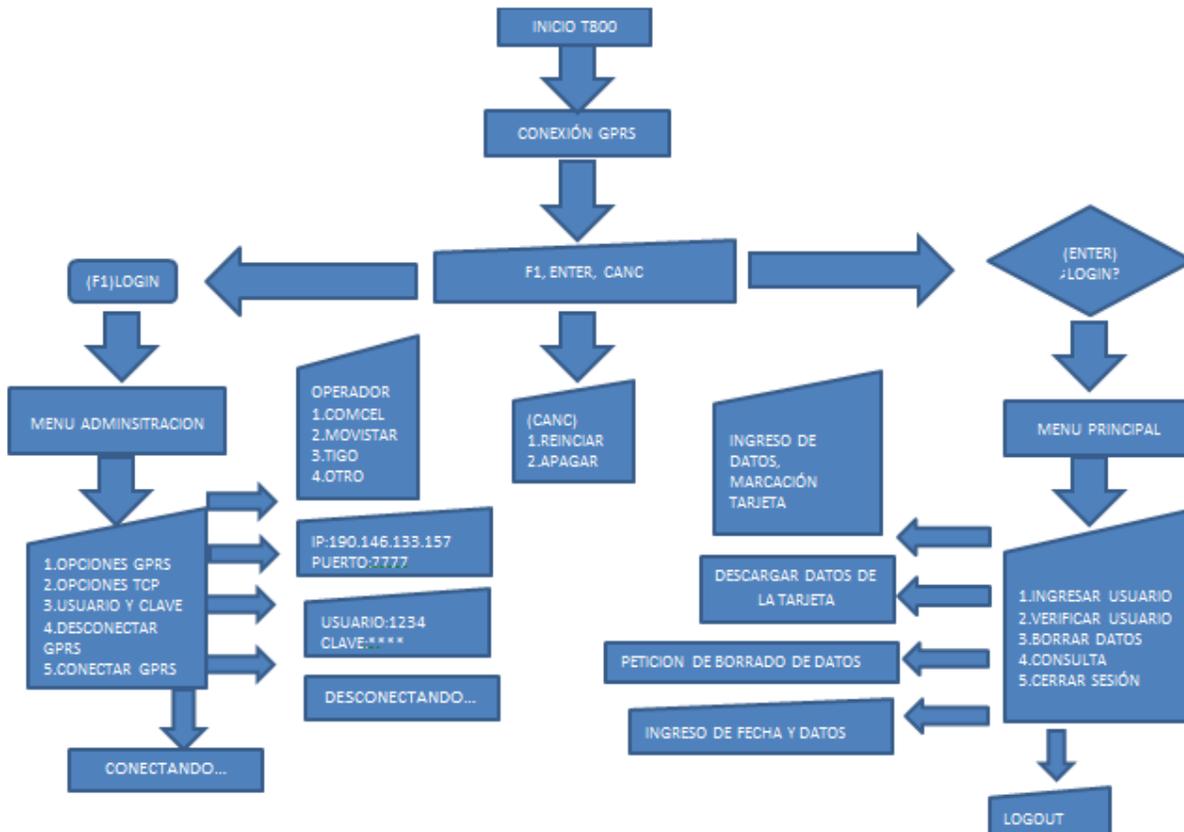


Figura 15. Diagrama de flujo del sistema.

que se envían, esto hace obligatorio revisar que cada operación se empaquete de forma correcta. Para se revisa a nivel de memoria el contenido de cada transacción, haciéndolo un instante antes de ser enviado, luego se confronta con lo recibido en el HOST y se verifica que tenga el orden y contenido esperado para la transacción.

Pruebas de estrés

Para este punto se ha sometido el aplicativo a una jornada de más de 8 horas, alimentado tanto por la batería como por tensión directa. A esto se agrega lo que puede suceder con el modem al momento de existir una sobrecarga del sistema, pues el modem comienza a trabajar de manera intermitente y en momentos las transacciones vía GPRS se pueden ver limitadas (cabe la posibilidad de que la máquina envíe la transacción, pero puede cerrar su socket y no recibir la respuesta del servidor). Para evitar esto, al enviar una transacción, se revisa primero el nivel de la batería, el cual debe ser superior a un 67 % del total de carga para controlar los procesos de cada uno de los dispositivos internos de la máquina.

Después del análisis de procesos y tiempos al momento de utilizar el aplicativo en pruebas piloto se han obtenido los siguientes resultados:

1. El diseño propuesto en la aplicación permitió un fácil manejo y configuración de los parámetros propios de la terminal, esto permite un rápido acceso a los diferentes módulos desarrollados y por tanto una reducción en el tiempo que se invierte en la ejecución de cada uno.

2. La implementación de las transacciones con el servidor es de lo más destacado que se puede encontrar en el desarrollo de la interfaz, por medio del servidor es posible descargar reportes personalizados por fechas cuando de realizar control de horas de ingreso.

3. Gracias a la utilización de la comunicación por GPRS el aplicativo está en la posibilidad de trabajar con cualquier operador y no someterse a las tarifas de datos que ofrece uno solo.

4. Debido a que la huella se almacena en la tarjeta, las transacciones que se disparan de la terminal al servidor son muy reducidas y el consumo de datos es mínimo, evitando gastos excesivos en el plan de datos de la SIM card.

5. La impresión del ticket da la posibilidad de corregir errores tanto a nivel de servidor como de POS.

6. Es una gran ventaja reconocer que los datos capturados no se quedan en la terminal, de ser así, se presentarían grandes complicaciones no sólo por la capacidad de memoria de cada terminal sino, la pérdida de la terminal. Por ello, es un gran acierto utilizar el servidor de la empresa, el cual ingresa a su base de datos al realizar cada transacción.

Conclusiones

El artículo documenta el desarrollo de una tarjeta de control de acceso sin contacto. Por medio del aplicativo se re-

conocen conceptos de seguridad al momento de realizar la programación y el envío de tramas no solo al servidor sino a la tarjeta sin contacto. El aplicativo logra disminuir la ineficiencia al momento de realizar registros y consultas del personal que ingresa, además de producir una eficiencia total con la captura de datos por medio del lector de código de barras. El consumo de datos que está traducido en dinero es lo más sobresaliente al momento de realizar esta clase de aplicativos, por eso es un gran acierto mantener fuera de las transacciones la huella del operario y enviar en su lugar un serial que identifica la tarjeta donde es almacenada la huella previamente.

Referencias

- Gao, J., Sun, J., Chai, Y., Wang, B., Tao, L., y Bao, F. (2008). Damaged mechanism research of rs232 interface under electromagnetic pulse. En *2008 international conference on computer science and software engineering* (p. 1119-1122).
- Iso 8583-1 [Financial transaction card originated messages - Interchange message specifications - Part 1: Messages, data elements and code values]. (2003). On line. Descargado de www.iso.org
- Iso 8583-2 [Financial transaction card originated messages - Interchange message specifications - Part 2: Application and registration procedures for Institution Identification Codes (IIC)]. (1998). On line. Descargado de www.iso.org
- Iso 8583-3 [Financial transaction card originated messages - Interchange message specifications - Part 3: Maintenance procedures for messages, data elements and code values]. (2003). On line. Descargado de www.iso.org
- NXP, B. V. (2008, Enero). *Mf1ics50 functional specification*. On line. www.nxp.com. (Data sheet)
- Pressman, R. (2010). *Ingeniería del software* (7.^a ed.). McGraw Hill.
- ShenZhen Sanneng Security Technical, C. O. (2010). *Fpc fingerprint sensor driver*. On line. Descargado de www.3nnn-sensor.com
- Sierra Wireless, C. O. (2010, Noviembre). *Wireless microprocessor wmp 50/100/500*. On line. www.sierrawireless.com. (Catalogo Wavecom)
- SPECTRA Technologies Holdings, C. O. (2011, Octubre). *T800 countertop/mobile terminal*. On line. www.spectratech.com. (Catalogo)
- Teply, T., y Foit, J. (2008). Autonomous access control system. En *42nd annual ieee international carnaham conference on security technology iccst 2008* (p. 318-320).

Herramienta para la implementación de algoritmos basados en técnicas metaheurísticas orientados a optimizar el establecimiento de rutas para el flujo de información en comunicaciones de multidifusión

Tool for the implementation of algorithms based on metaheuristic techniques aimed at optimizing the establishment of paths for the flow of information in multicast communications

John A. Benito
Indra Sistemas
jabenitog@indra.es

Juan M. Rodríguez
Ingeniería de Software Bancario Isban
jrodriguezro@isban.cl

En transmisiones de tipo multidifusión, la optimización en el establecimiento de rutas es un área de especial interés para la comunidad académica. La necesidad de este tipo de transmisiones se puede ver en aplicaciones relacionadas con la telemedicina, la educación, el trabajo a distancia, el entretenimiento, entre otras. El propósito de este trabajo consiste en realizar una herramienta software que proponga una o un conjunto de rutas a seguir al momento de hacer una transmisión de tipo multidifusión. Esta ruta o conjunto de rutas son el resultado de la ejecución de los algoritmos metaheurísticos Recocido Simulado y Búsqueda Tabú, cuyo objetivo principal es optimizar las funciones objetivo Conteo de Saltos, Ancho de Banda Consumido, Retardo de propagación y Costo Económico.

Palabras clave: metaheurística, multidifusión, optimización, transmisión

In multicast transmissions, optimization in the establishment of paths is an area of special interest to the academic community. The need for this type of transfer can be seen as telemedicine, education, remote work, entertainment, and other applications. The purpose of this work is to perform a software tool to propose one or a set of routes to follow when making a multicast transmission. This route or set of routes are the result of the implementation of metaheuristic algorithms, simulated annealing and tabu search, the main objective is to optimize the objective functions Hops Count, Bandwidth Consumed, Propagation Delay and Economic Cost.

Keywords: metaheuristic, multicast, optimization, transmission

Introducción

La demanda en transmisiones de tipo multidifusión, definida esta como aquella realizada entre uno o varios emisores y uno o varios receptores, requiere que sean planteadas continuamente estrategias de mejoramiento. Aspectos como la calidad de servicio, el consumo de ancho de banda y el establecimiento de rutas de transmisión, concentran el interés de la industria y la comunidad académica. El establecimiento de rutas para la transmisión de tipo multidifusión puede modelarse como un problema de naturaleza multiobjetivo, y es aquí donde la aplicación de algoritmos metaheurísticos puede resultar bastante útil.

El propósito de este trabajo consistió en realizar una herramienta software para la realización de una o un conjunto de rutas a seguir, al momento de hacer una transmisión de tipo

Fecha recepción del manuscrito: Agosto 10, 2011
Fecha aceptación del manuscrito: Octubre 30, 2011

John A. Benito, Indra Sistemas; Juan M. Rodríguez, Ingeniería de Software Bancario Isban.

Esta investigación fue financiada por: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Correspondencia en relación al artículo debe ser enviada a: John A. Benito. Email: jabenitog@indra.es

multidifusión. Esta ruta o conjunto de rutas fueron el resultado de la ejecución de los algoritmos metaheurísticos *Recocido Simulado* y *Búsqueda Tabú*, cuyo objetivo principal es optimizar las funciones objetivo Conteo de Saltos, Ancho de Banda Consumido, Retardo y Costo Económico.

El proceso para construir esta herramienta informática comenzó con la descripción teórica de los esquemas y algoritmos de encaminamiento utilizados en la transmisión de datos en redes multidifusión. Posteriormente, fue necesario determinar qué características debían tener los algoritmos *Recocido Simulado* y *Búsqueda Tabú* para operar sobre un problema multiobjetivo. Y finalmente, se estableció la técnica de búsqueda de soluciones sobre la red, representada en un grafo y la estrategia de normalización necesaria para operar matemáticamente los valores de cada función objetivo.

El artículo está organizado en cuatro temas. En el tema inicial se describe y plantea el problema; también se definen los objetivos de los procesos de optimización y se detalla la base teórica de los temas tratados. El moldeamiento del problema y la descripción de los componentes de diseño son tratados en el segundo. El tercer tema define los lineamientos de codificación y la distribución de las piezas de software y finalmente en la cuarta parte, damos cuenta de la realización de las pruebas de sistema de la herramienta.

Optimización de recursos utilizando modelos multiobjetivo

Este artículo parte de la pregunta problema ¿Se puede optimizar la transmisión de datos en redes de multidifusión, aplicando algoritmos basados en técnicas metaheurísticas? Para responderla es necesario considera los siguientes aspectos.

Históricamente, en el contexto de la transmisión de información, las comunicaciones han evolucionado sobre dos modelos distintos, la comunicación punto a punto, como la telefonía y la comunicación de difusión, como es el caso de la televisión. El progresivo auge de internet y las redes de datos han propiciado un incremento significativo en el uso del tipo de transmisión multidifusión o de multidifusión. Este tipo de transmisión responde a las necesidades de comunicación de un grupo de usuarios conformado por uno o varios emisores y uno o varios receptores. El modelo de multidifusión incide principalmente en aplicaciones relacionadas con la telemedicina, la educación, el trabajo a distancia, el entretenimiento, entre otras.

El esquema de una red de datos se puede representar mediante un modelo matemático conocido como grafo, compuesto de nodos y aristas. Todos los dispositivos interconectados a la red, como los enrutadores, conmutadores, y demás, pueden ser representados por nodos. Las aristas simbolizan las conexiones físicas entre los dispositivos tales como cables de par trenzado, fibra óptica, enlaces inalámbricos etc. Este tipo de representaciones permite la imple-

mentación de distintas estrategias algorítmicas para solucionar problemas complejos como la optimización de recursos utilizando modelos multiobjetivo.

El objetivo principal de los procesos de optimización es realizar alteraciones sobre un proceso para mejorar su rendimiento. Generalmente, los procesos de optimización son tratados para solucionar problemas de objetivo simple, esto quiere decir, que una sola función será minimizada o maximizada. Si se quiere realizar un estudio sobre problemas del mundo real, muy probablemente se necesitará optimizar un problema de naturaleza multiobjetivo, donde se requiera encontrar un conjunto de soluciones que minimicen o maximicen todas las funciones. Una característica que incrementa la complejidad de este tipo de problemas es que sus funciones objetivo entran en conflicto, en otras palabras, pues cuando se optimiza una función, la otra u otras se degradan.

Existen distintas estrategias computacionales para solucionar problemas de optimización multiobjetivo: a través de la ejecución de modelos matemáticos por medio de simulación, utilizando técnicas heurísticas o, por medio de metaheurísticas. Las técnicas metaheurísticas tienen como función principal guiar a otras heurísticas o algoritmos a encontrar el o los valores óptimos dentro del espacio de soluciones confiables. Los algoritmos más representativos dentro de este tipo de técnicas son: búsqueda tabú, optimización basada en colonia de hormigas, recocido simulado, entre otras.

Conceptos previos

Redes de datos

Una red es una combinación de hardware y software que envía datos desde un sitio a otro. El hardware consta del equipo físico que transporta las señales de un punto de la red a otro. El software consta de conjuntos de instrucciones que hacen posible los servicios que se esperan de una red (Forouzan, 2007).

Existen diferentes tipos de clasificación de las redes de datos de acuerdo al contexto de estudio que se esté realizando. Según la topología, los esquemas más importantes son: árbol, bus, anillo, estrella o malla. De acuerdo al tipo de transmisión pueden ser: punto a punto, punto a multipunto o de difusión. Y desde el punto de vista de su extensión pueden ser: redes de área personal PAN, redes de área local LAN, redes de área metropolitana MAN y redes de área amplia WAN.

Modelo OSI

El modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos OSI fue desarrollado por la Organización Internacional de Estandarización ISO, con el ánimo de establecer un modelo de referencia para el diseño de sistemas de red. En (Forouzan, 2007) se explica que al desarrollar el modelo, los diseñadores refinaron el proceso de transmisión de datos hasta los elementos más fundamentales. Identificaron qué funciones tienen usos

relacionados y unieron todas las funciones dentro de grupos discretos que se convirtieron en niveles. El modelo está compuesto por siete niveles, como se muestra en la Figura 1.

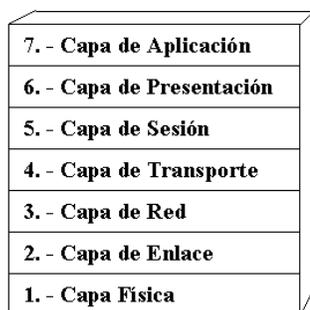


Figura 1. Modelo OSI.

Modelo TCP/IP

Es la definición de una arquitectura de protocolos de red. Su desarrollo se llevó a cabo en la década de 1970, por un programa de la agencia DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), perteneciente al departamento de defensa de los Estados Unidos. Las investigaciones y desarrollos fueron realizados sobre la red de conmutación de paquetes ARPANET, es por esto, que TCP/IP es considerada como su evolución. Está constituido por cinco capas independientes entre sí:

- Capa de red: Hace referencia a las definiciones físicas de la interface entre un dispositivo de transmisión de información y la red, como conexiones por aire a satélites, dispositivos de encaminamiento, cables y la tarjeta de interface de red.
- Capa de acceso a red: Permite el intercambio de información entre dos entidades conectadas a la red. Se especifican características como direccionamiento físico, topología de red, notificación de errores, secuencia de estructuras de datos y control de flujo.
- Capa de Internet: Brinda mecanismos para que la información pueda atravesar las diferentes redes que intervienen entre el emisor y el receptor. Este enrutamiento se realiza utilizando el protocolo IP (Internet Protocol). IP transporta los datos en paquetes denominados datagramas, cada uno de los cuales se transporta de forma independiente.
- Capa de transporte: La capa de transporte por medio de los protocolos TCP y UDP es la encargada de transmitir la información desde un proceso a otro de manera confiable, esto garantiza que la información llegue completa y en el orden en que fue enviada.
- El protocolo UDP (User Datagram Protocol) es un protocolo que por ser no orientado a conexión, no requiere un enlace lógico entre el emisor y el receptor, no garantiza la entrega de la información, ni el orden secuencia o protección frente a duplicados.

- El protocolo TCP (Transmission Control Protocol) permite la transmisión fiel de datos ya que es orientado a conexión. TCP divide un flujo de datos en unidades más pequeñas denominadas segmentos. Cada segmento incluye un número de secuencia para su reordenación en el receptor, junto con un número de confirmación para los segmentos recibidos.

- Capa de aplicación: Ofrece un amplio rango de protocolos, así como aspectos de codificación y control de diálogo. Algunos de los protocolos más importantes que ofrece este nivel son: DSN (Domain Name System) Sistema de nombre de dominio, FTP (File Transfer Protocol) Protocolo de transferencia de archivos, SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) Protocolo simple de transferencia de correo.

Tipos de transmisión

Desde el punto de vista del transmisor y el receptor se puede clasificar como:

- Transmisión unidestino, que es realizada entre un emisor y un receptor, es decir, existe una relación uno a uno entre los dispositivos involucrados.
- Transmisión de difusión. Ejecutada en un único proceso desde un solo emisor a todas las máquinas conectadas a una red, no requiere realizar ningún tipo de copia en el origen para enviar el datagrama IP a varios destinatarios.
- Transmisión de multidifusión; definida como el tipo de transmisión entre un emisor y varios receptores, establece una relación de uno a muchos. Las unidades de datos o datagramas IP son enviados desde la máquina de origen, a un grupo de destinatarios, también conocido como grupo de multidifusión. Este grupo es identificado mediante una dirección IP de multidifusión, los destinatarios pueden o no estar en diferentes redes dispersas geográficamente.

Para alcanzar la realización de la transmisión desde un origen a varios destinos, es necesaria la implementación de algoritmos de búsqueda para calcular las mejores rutas a todos los miembros del grupo. Estos algoritmos requieren de una representación tipo árbol, construida desde el origen de la información, hasta cada uno de sus destinos.

- De esquema centralizado: Las decisiones de encaminamiento son tomadas por un único dispositivo denominado núcleo central. Este dispositivo es el encargado de construir el árbol para todos los demás nodos de la red y ejecutar el algoritmo de búsqueda. La principal característica de este enfoque radica en que el núcleo, tiene toda la información referente a la red.

- De esquema distribuido: Actualmente, es utilizado en la mayoría de redes, ya que cada dispositivo de encaminamiento es el encargado de construir el árbol a los destinos y ejecutar el algoritmo de búsqueda.

Protocolos de encaminamiento en esquemas distribuidos

- Encaminamiento basado en el vector distancia: Los protocolos de este tipo son generalmente utilizados en redes

pequeñas. Su característica principal está en que utilizan el algoritmo de Bellman-Ford para calcular el camino de menor costo. El algoritmo utiliza como fuente de datos las tablas de encaminamiento que son el resultado del intercambio de información entre los encaminadores. Algunos protocolos que utilizan este tipo de encaminamiento son: RIP (Routing Information Protocol) Protocolo de Información de Ruteo, IGPR (Interior Gateway Routing Protocol) entre otros.

- Encaminamiento basado en el estado del enlace: Para el encaminamiento multienvío, un nodo necesita revisar la interpretación de estado. Un nodo anuncia sobre el enlace a cada grupo que tiene cualquier miembro. Aquí, el significado de estado es “qué grupos están activos en este enlace”. Una vez el dispositivo conoce el estado de los demás nodos, es capaz de crear el árbol de expansión utilizando el algoritmo de Dijkstra. Los protocolos que usan este tipo de encaminamiento crean por demanda un árbol o mapa por cada grupo de destino. Los protocolos más destacados son: OSPF (Open Shortest Path First) Protocolo Abierto del Primer Camino más corto y MOSPF (Multicast Open Shortest Path First) Protocolo de Multidifusión Abierto del Primer Camino más corto.

Optimización

La optimización constituye una clase específica de problemas. En términos generales, dicho problema es una cuestión cuya respuesta es una función de varios parámetros. La optimización consiste en encontrar la mejor solución posible a un problema; dichos problemas, en el contexto de su aplicación (teórica o práctica), implican que el espectro de soluciones sea más o menos difícil de encontrar. En consecuencia, la forma como se busque será el factor que determine su exactitud y su eficiencia.

Una solución a un problema de optimización usualmente requiere un algoritmo configurable, el cual cuando se aplica a una instancia del problema, produce la solución deseada. Un algoritmo es un procedimiento finito paso a paso para solucionar un problema o para lograr un resultado requerido.

Métodos de optimización. Para el planteamiento y la solución de problemas de optimización hay varios métodos, que son utilizados en función de varios factores y con diferentes fines. En estos casos se usan dos tipos de algoritmos.

- Algoritmos exactos. El algoritmo que busca solucionar el problema se ejecuta en un tiempo polinomial (Michiels, Aarts, y Korst, 2007). Generalmente se utiliza un algoritmo polinomial aunque no siempre es necesario. Se dice que estos problemas pertenecen a la clase P, porque se dispone de un algoritmo que tarda en resolverlo mediante un polinomio $p(n)$, que depende del tamaño n del problema. Así, al crecer el tamaño del problema, el tiempo que tarda el algoritmo en resolverlo crece, pero despacio (polinómicamente), ya que la velocidad de crecimiento de un polinomio es lenta.

- Los algoritmos de aproximación, que generalmente se aplican a problemas duros (*hard*). Los problemas duros se refieren a problemas que no son fáciles computacionalmente, es decir, no se ha descubierto un algoritmo de tiempo polinomial para poder solucionarlos. Dentro de este tipo de algoritmos se puede hacer una división, entre algoritmos heurísticos y metaheurísticos.

Algoritmos heurísticos. Los algoritmos heurísticos son los más fáciles de utilizar, ya que se basan en el conocimiento de una heurística que guía el proceso de búsqueda. El conocimiento del problema usualmente ayuda a encontrar una heurística razonable que encontrará rápidamente una solución aceptable. Un algoritmo de este tipo sólo buscará dentro de un subespacio del área total a una solución buena (que no necesariamente es la mejor) que satisfaga las restricciones impuestas. La principal limitación es su incapacidad para escapar de óptimos locales (encontrar soluciones parcialmente óptimas) (Duarte, 2007). Los algoritmos heurísticos más conocidos son el algoritmo voraz y búsqueda local.

Algoritmos metaheurísticos. Una metaheurística es un proceso iterativo maestro que guía y modifica las operaciones de una heurística subordinada para producir eficientemente soluciones de alta calidad. Las metaheurísticas pueden manipular una única solución completa (o incompleta) o una colección de soluciones en cada iteración. La heurística subordinada puede ser un procedimiento de alto (o bajo) nivel, una búsqueda local, o un método constructivo (Duarte, 2007). Entre los algoritmos metaheurísticos más conocidos están, el recocido simulado y los algoritmos genéticos.

Metaheurística de Recocido Simulado. Para superar el problema que puede ocurrir con métodos como búsqueda local (que puede quedar atrapado en óptimos locales), se introduce el método de recocido simulado que permite empeoramientos en la solución mediante reglas de probabilidad que aceptan dichas soluciones. El nombre proviene del símil que se hace con el proceso metalúrgico de recocido, que mediante un enfriamiento lento consigue un sólido más resistente (Rios y Rios, 2008).

Esta estrategia al principio acepta casi todas las soluciones, lo que permite explorar todo el conjunto factible; después, gradualmente se disminuye la permisividad (llamada *temperatura*), de manera que la aceptación de movimientos es más selectiva cada vez, hasta que finalmente, solo se aceptan soluciones que mejoren la solución actual. El algoritmo se compone de varios componentes, a saber:

- Temperatura inicial: La temperatura del sistema se denomina T , que tenderá a reducirse durante el proceso de optimización. Si se selecciona un valor muy bajo, el algoritmo no posibilita empeoramiento; al contrario, si se selecciona un valor muy alto, el proceso se hace lento.

- Esquema de enfriamiento: Si decrece muy rápido, puede quedar atrapado en un óptimo local, y si decrece muy lento, se ejecuta también muy lento. Lo que generalmente se

hace es mantener la temperatura constante durante L iteraciones, luego se reduce multiplicándose con α (entre 0 y 1). El valor típico de α suele ser 0,95.

- Condición de equilibrio: El sistema utiliza cadenas de Markov en la generación de las sucesiones (vecindario).

- Criterios de parada: Se usan habitualmente dos reglas de parada. (1) Parar si la función no ha mejorado en al menos ϵ_1 % tras k_1 iteraciones. (2) Parar si el número de transiciones aceptadas es menor que el ϵ_2 % de L tras las k_2 iteraciones (Rios y Rios, 2008).

Metaheurística de Búsqueda Tabú. La búsqueda tabú se basa en la exploración en vecindarios evitando los óptimos locales, pero en una forma determinística, la cual trata de modelar los procesos de la memoria humana. La búsqueda tabú incorpora memoria adaptativa y exploración sensible. La memoria adaptativa es el mecanismo por el que la búsqueda tabú asegura que las soluciones ya se encuentran en pasos anteriores para no repetirlos (Donoso y Fabregat, 2007). El mecanismo almacena las soluciones de pasos ya tomados en una memoria temporal.

La idea básica es permitir el paso de una solución a otra (*movimiento*), así empeore el objetivo. Para evitar que se quede en óptimos locales se usa la lista tabú. En ella se guarda durante cierto tiempo un atributo que permite identificar la solución o el movimiento realizado, de manera que todo movimiento que tenga un atributo en la lista tabú se considera prohibido y no se puede realizar. Algunos aspectos a tener en cuenta en el método son:

- Elección de los atributos: Es importante la elección de los atributos, y un movimiento puede tener atributos múltiples. No puede ser muy general (podría permitir pocos movimientos) o muy específico (puede impedir la salida de una región con mínimos locales).

- Longitud de la lista tabú: Permite que los atributos tabú estén presentes durante cierto tiempo, antes de que sean eliminados de allí y se pueda volver a permitir su utilización.

- Elección de la regla de parada: Usualmente se suele fijar a priori el número de iteraciones.

- Criterio de aspiración: Es un valor de referencia con el cual se permite que una solución que tiene atributos tabú pueda ser seleccionada como la solución actual, anulando la prohibición.

Optimización multiobjetivo

Cuando se habla de optimización simple, o de objetivo simple, quiere decir que la función a maximizar o minimizar es una sola, de manera que cuando se encuentre dicho óptimo (o se aproxime a él), ya estará solucionado el problema. Cuando se habla de optimización multiobjetivo, hace referencia a que hay más de una función a maximizar (o minimizar), y por tanto, la solución consistirá de un conjunto de valores que optimicen cada uno de los objetivos. Dicho conjunto de soluciones se conoce como óptimo de Pareto, el

cual se plantea como la situación en la cual no se puede mejorar una parte (función) de la solución sin perjudicar alguna de las otras partes.

Actualmente, la optimización multiobjetivo es una de las vertientes más activas en el campo de las metaheurísticas, proponiendo versiones de los algoritmos metaheurísticos de objetivo simple, con algunos cambios conceptuales, sobre todo en la definición de la función objetivo que se debe optimizar. Así mismo, se plantean híbridos, que toman conceptos de inteligencia artificial, de economía, entre otros.

- Suma ponderada: El método consiste en convertir todas las funciones en una sola, ponderándolas con la asignación de un peso a cada función. Cada función se multiplica por un peso (w_i) cuyo valor está entre 0 y 1. La suma de los pesos debe dar 1. El resultado es una combinación lineal de las funciones (Ecuación 1).

$$F'(X) = \sum_{i=1}^n r_i \times f_i(X) \quad (1)$$

$$0 \leq r_i \leq 1 \quad / \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n r_i = 1$$

- Método e-constraint: Consiste en crear un modelo de objetivo simple en el que una de las funciones será optimizada y las demás se tratarán como restricciones en el modelo. A cada una de las funciones que se va a tratar como restricción, se la somete a un límite dado por una constante ϵ_k , de manera que cambiando los valores de ϵ_k para cada una de las nuevas restricciones se obtenga diferentes resultados de optimización (Ecuación 2).

$$f_k(X) \leq \epsilon_k, \quad k = 1, 2, 3, \dots, n \text{ y } k \neq i \quad (2)$$

Propuesta de herramienta software

Análisis del problema

En esta etapa se establece el modelo a optimizar, especificando el dominio del problema combinatorio y la propuesta dentro del marco de los algoritmos metaheurísticos.

Modelamiento de la red. En una red de computadores (como por ejemplo una red local), el modelamiento de esta puede ser representado por medio de un grafo, en el cual los vértices pueden identificarse como los equipos de comunicaciones dispuestos para el tránsito de información (tales como routers o switches), y las aristas son las líneas físicas (como cable coaxial, fibra óptica o microondas) que comunican dichos vértices.

En ese sentido, se puede decir que una red es un grafo $G = (N, E)$, donde N es el conjunto de vértices y E son las aristas que los unen. Dentro de dicho grafo, hay vértices origen (denotados como s) y conjuntos de vértices destino (denotados con T), un vértice destino t_f pertenece a un flujo f . El conjunto de flujos a ser transmitidos por la red, se denotan

con F , y un flujo f pertenece a F . Así mismo, T_f es el conjunto de vértices destino para el flujo f . El costo que tiene transmitir un flujo entre dos vértices i y j se denomina c_{ij} . La transmisión de un flujo f desde un origen s hasta un conjunto de destinos T , tiene una demanda de tráfico, denominada bw_f . En la Figura 2 se puede ver el esquema de un grafo para la transmisión de un flujo de datos FTP.

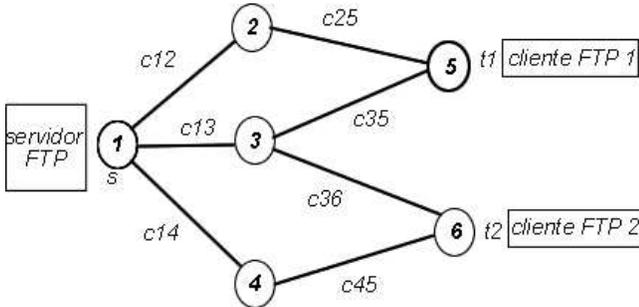


Figura 2. Transmisión de un flujo de datos FTP.

En una transmisión de Internet TCP/IP (que son las más ampliamente difundidas entre redes locales e Internet), los flujos de información son generados por aplicaciones (como transferencia de archivos, de hipertexto, entre otros) y transmitidos por IP entre el vértice origen y los vértice destino. El encaminamiento entre los vértices intermedios es lo que se pretende determinar de manera óptima para los diferentes factores a tener en cuenta en el modelamiento del problema. En la Tabla 1 están los parámetros indicados.

Tabla 1

Parámetros en transmisión TCP/IP

Expresión	Definición
$G(N, E)$	El grafo que representa la red
N	Conjunto de Nodos
E	Conjunto de Aristas
S	El vértice origen
T	Conjunto de vértices destino
(i, j)	Arista del vértice i a j
F	El conjunto de flujos
f	Cualquier flujo de multidifusión
T_f	El subconjunto de vértices destino para el flujo f
c_{ij}	La capacidad disponible de la arista (i, j)
bw_f	La demanda de tráfico del un flujo f

Modelamiento del tráfico multidifusión. El modelo se plantea a partir de una variable que indica la ruta a través de la cual el flujo de información será transmitido. La variable es X_{ij}^{tf} , la cual se define como (Ecuación 3):

$$X_{ij}^{tf} = \begin{cases} 1 & \text{si la arista } (i, j) \text{ es usada por el flujo } f \text{ con destino } t \\ 0 & \text{si la arista } (i, j) \text{ no es usada por el flujo } f \text{ con destino } t \end{cases} \quad (3)$$

De esta manera, si es utilizada una arista dentro del flujo, se sumará un 1 al total de aristas que constituyen la ruta entre

el origen y los destinos; si la arista no es utilizada (porque no constituye la ruta, o porque no hay una arista que una dichos vértices) no sumará al total de aristas usadas en la ruta. En la Figura 3 se puede ver que la ruta utilizada (aristas sombreadas) está compuesta de aristas cuyo valor de la variable X es 1; las demás aristas que no son utilizadas tiene un 0.

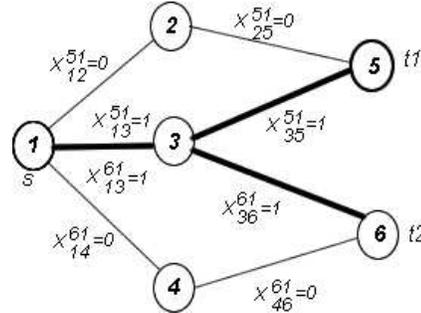


Figura 3. Transmisión de un flujo de datos con ruta utilizada.

Funciones a optimizar

El Conteo de saltos representa la cantidad de aristas por las cuales tienen que pasar los paquetes desde el vértice de origen hasta los vértices destino. El protocolo de red que se encarga de esto es el Protocolo de Enrutamiento Multicast de Vector Distancia (DVMRP). Matemáticamente se expresa de la siguiente forma (Ecuación 4):

$$f_1 = \min \sum_{f \in F} \sum_{t \in T_f} \sum_{(i,j) \in E} X_{ij}^{tf} \quad (4)$$

Donde:

- $\sum_{(i,j) \in E} X_{ij}^{tf}$ Es una de las posibles rutas para el flujo f que va para t .
- $\sum_{t \in T_f}$ Denota cada uno de los vértices destino t del flujo f .
- $\sum_{f \in F}$ Son todos los flujos de multidifusión transmitidos sobre la red.

El Retardo hace referencia a la detención de propagación, es decir, al tiempo que le toma a un paquete atravesar las aristas intermedias antes de llegar al vértice destino. La unidad de medida son los milisegundos (ms). Para cada arista se estima un tiempo de retardo para atravesarlo, de manera que el retardo de propagación total del envío de un paquete a sus destinos consistirá en la suma de los retardos de las aristas visitadas. La expresión matemática de esta función es (Ecuación 5):

$$f_2 = \min \sum_{f \in F} \sum_{t \in T_f} \sum_{(i,j) \in E} d_{ij} \cdot X_{ij}^{tf} \quad (5)$$

Donde:

- $\sum_{(i,j) \in E} d_{ij} \cdot X_{ij}^{tf}$ Es el retardo de propagación de las rutas para el flujo f que va para t .

El Costo está asociado con el valor monetario (la unidad de medida es en dinero) al usar un enlace de algún tipo de tecnología o protocolo (como podría ser el costo de usar protocolos punto a punto, usar una red ATM o una red *Frame Relay*) entre las aristas intermedias en una transmisión de multidifusión. En esta función se debe tener en cuenta que si un flujo es enviado a varios destinos, y ellos comparten enlaces, solamente se transmite una sola vez a través de dichos enlaces; esto es así porque el vértice (enrutador) hace una copia del paquete a transmitir y lo reenvía a los destinos indicados sin necesidad de duplicar la recepción del paquete. La función matemática asociada es la siguiente (Ecuación 6):

$$f_3 = \min \sum_{f \in F} \sum_{(i,j) \in E} w_{ij} \cdot \max(X_{ij}^{tf})_{t \in T_f} \quad (6)$$

Donde:

- $\max(X_{ij}^{tf})_{t \in T_f}$ Permite que solamente se cuente una vez el enlace para cualquier vértice destino t .

El Consumo de ancho de banda hace referencia al ancho de banda que es utilizado (consumido, no el que queda disponible) en cada enlace para hacer la transmisión. La unidad de medida son los bits por segundo (bps). Aquí se tiene en cuenta la demanda de ancho de banda del flujo de información (que es constante). Con base en esa demanda se calcula el consumo en la ruta de transmisión. Cabe anotar que si un enlace no tiene la capacidad para alojar la transmisión, no puede usarse como parte de la ruta de transmisión. En la función de consumo de ancho de banda para multidifusión, se debe tener en cuenta que si un flujo es enviado a varios destinos, y ellos comparten enlaces, solamente se transmite una sola vez a través de dichos enlaces; esto es así porque el vértice (enrutador) hace una copia del paquete a transmitir y lo reenvía a los destinos indicados sin necesidad de duplicar la recepción del paquete. Esto permite que se optimice aun más la transmisión. La función matemática que expresa la función y muestra la evitación de envíos redundantes es (Ecuación 7):

$$f_4 = \min \sum_{f \in F} \sum_{(i,j) \in E} bw_f \cdot \max(X_{ij}^{tf})_{t \in T_f} \quad (7)$$

Restricciones del modelo

- **Vértice origen:** Para cada destino t que pertenece a T_f y para cada flujo f , solamente una ruta debe iniciar desde el vértice origen s . La expresión matemática es (Ecuación 8):

$$c_1 = \sum_{(i,j) \in E} X_{ij}^{tf} = 1, t \in T_f, f \in F, i = s \quad (8)$$

- **Vértice destino:** Para cada flujo f , solamente una ruta debe llegar a cada vértice destino t . La expresión matemática es (Ecuación 9):

$$c_2 = \sum_{(i,j) \in E} X_{ij}^{tf} = -1, i = t, t \in T_f, f \in F \quad (9)$$

- **Vértices intermedios:** Para cada flujo f , todos los vértices intermedios de ingreso tienen un vértice de salida. Si se suman los vértices entrantes y se le restan los vértices de salida en los nodos intermedios, el valor debe ser 0 para todos los flujos. La expresión matemática es (Ecuación 10):

$$c_3 = \sum_{(i,j) \in E} X_{ij}^{tf} - \sum_{(j,i) \in E} X_{ji}^{tf} = 0, t \in T_f, f \in F, i \neq s, i \in T_f \quad (10)$$

- **Capacidad del enlace:** Evita que se envíe una demanda de tráfico más grande que la capacidad del enlace. La expresión matemática es (Ecuación 11):

$$c_4 = \sum_{f \in F} bw_f \cdot \max(X_{ij}^{tf})_{t \in T_f} \leq c_{ij}, (i, j) \in E \quad (11)$$

Donde:

- $\sum_{f \in F} bw_f \cdot \max(X_{ij}^{tf})_{t \in T_f}$ Representa la demanda del flujo para todos los flujos que son transmitidos en los enlaces. Esto no permite que una demanda de flujo exceda la capacidad del enlace.

Metodología

El tipo de problema propuesto corresponde a la categoría NP-Hard, ya que es un problema de computación de costo mínimo en el árbol para un grupo multidifusión (NP-Completo), y además incluye variables reales y enteros constantes. El modelo propuesto para el prototipo de software contempla la optimización de las siguientes funciones objetivo:

- Conteo de saltos
 - Retardo de propagación
 - Costo
 - Consumo de ancho de banda
- Sujeto a las siguientes restricciones:
- Vértice origen
 - Vértice destino
 - Vértices intermedios
 - Capacidad del enlace

Utilizando como método de optimización multiobjetivo a la suma ponderada. Para esto se especifica el problema de optimización multiobjetivo para multidifusión así (Ecuación 12):

$$\begin{aligned} \min Z = & r_1 \cdot \sum_{f \in F} \sum_{t \in T_f} \sum_{(i,j) \in E} X_{ij}^{tf} + r_2 \cdot \sum_{f \in F} \sum_{t \in T_f} \sum_{(i,j) \in E} d_{ij} \cdot X_{ij}^{tf} + \\ & + r_3 \cdot \sum_{f \in F} \sum_{(i,j) \in E} w_{ij} \cdot \max(X_{ij}^{tf})_{t \in T_f} + r_4 \cdot \sum_{f \in F} \sum_{(i,j) \in E} bw_f \cdot \max(X_{ij}^{tf})_{t \in T_f} \end{aligned} \quad (12)$$

Debido a que las funciones tienen distintas escalas de valores, y no son congruentes entre ellas, es necesario aplicar una normalización de los valores antes de aplicar el método de suma ponderada para el cálculo de la función multiobjetivo. La implementación se hará utilizando las metaheurísticas trayectoriales de Recocido simulado y Búsqueda tabú, teniendo en cuenta algunos detalles.

La herramienta seleccionada para el desarrollo del prototipo de software es Java. Las razones para la elección de esta herramienta con respecto a otras son:

- **Alto nivel:** Es un lenguaje con el cual se pueden desarrollar aplicaciones robustas y extensibles para casi todos los entornos de programación actuales (aplicaciones de escritorio, aplicaciones Web, móviles, para acceso remoto, para trabajo en paralelo, entre otras).
- **Orientación a objetos:** Manejo de programación orientada a objetos, lo que permite reutilización de componentes, herencia, programación genérica, modelamiento de alto nivel, entre otras.
- **Independencia de la plataforma:** Con el uso de un intérprete de comandos, se puede ejecutar una aplicación independiente de la arquitectura de hardware y del sistema operativo.
- **Licencia:** La licencia es GNU GPL (Licencia Pública General de GNU), lo que permite su utilización para cualquier fin, sin tener que adquirir una licencia para desarrollar aplicativos o para venderlos.
- **Soporte:** En Internet hay un amplio y continuo soporte de parte de desarrolladores, lo que permite solucionar muchos de los problemas propios del desarrollo de software.
- **Componentes disponibles:** Se dispone de la posibilidad de utilizar componentes y librerías externos, para ampliar las funcionalidades.

El modelo de diseño estará guiado por el patrón Modelo Vista Controlador (Figura 4), que hace una separación en tres niveles:

- **Modelo:** Almacena todas las reglas y procesos relacionados con la ejecución de los algoritmos, como la forma de búsqueda de soluciones, el grafo que representa la red, las funciones objetivo, entre otros. Maneja el almacenamiento de los resultados parciales de la ejecución de los algoritmos. Manipular los archivos XML (importación y exportación de proyectos).
- **Vista:** Contiene los componentes que construyen la interfaz de usuario (ventana principal, paneles y menús). Captura los eventos y solicitudes del usuario. Gestiona la disponibilidad de los paneles y las opciones de menú. Permite la creación o modificación de los parámetros de funcionamiento del aplicativo (diseño de red, parámetros del problema, parámetros de ejecución de los algoritmos)
- **Controlador:** Intercepta los eventos y solicitudes de la vista, haciendo el llamado a respectivo a los componentes del modelo. Entrega objetos de datos a la vista para que se

construyan los datos de las interfaces. Responde a la vista solicitando acciones de actualización de interfaces o bloqueo de componentes de la interfaz. Sirve de puente intermedio entre la vista y el modelo, permitiendo que se pueda alterar alguno de ellos sin que eso implique cambios en la otra capa.

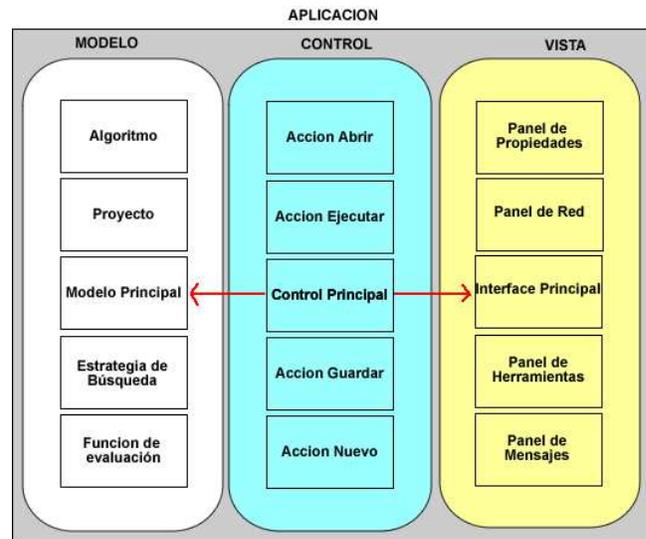


Figura 4. Modelo de diseño guiado por el patrón Modelo Vista Controlador.

Resultados

La herramienta fue desarrollada como una aplicación Java Swing. Desde esta aplicación se puede diseñar una red de datos de manera visual, así como el establecimiento de los parámetros de los algoritmos a resolver y su posterior ejecución del proceso de optimización para obtener resultados comparables de la efectividad del algoritmo (Figura 5).

Para las pruebas de la herramienta, se dispuso de tres condiciones (redes de 15, 50 y 200 nodos), para los cuales se generaron cuatro casos de prueba (5, 8, 10 y 12 nodos destino). Los resultados de la ejecución de los casos de prueba se pueden visualizar a través del gráfico de la red, donde se resaltan los enlaces que corresponden con la ruta construida por el algoritmo, o en el panel de resultados, con los detalles del valor encontrado para cada una de las funciones objetivo, y el valor de la función multiobjetivo (pareto) (Figura 6).

Además, se dispone de unos reportes estadísticos que muestran la evolución del proceso de optimización a lo largo de su ejecución. Dichos reportes se agrupan en reportes por objetivo, en los que se muestra una de las funciones objetivo y su evolución a lo largo de las iteraciones (Figura 7).

La otra forma de ver los resultados, se hace a través de reportes multiobjetivo, en los que se muestran los valores de tres de las cuatro funciones objetivo, con la posibilidad de escoger cuáles visualizar (Figura 8).

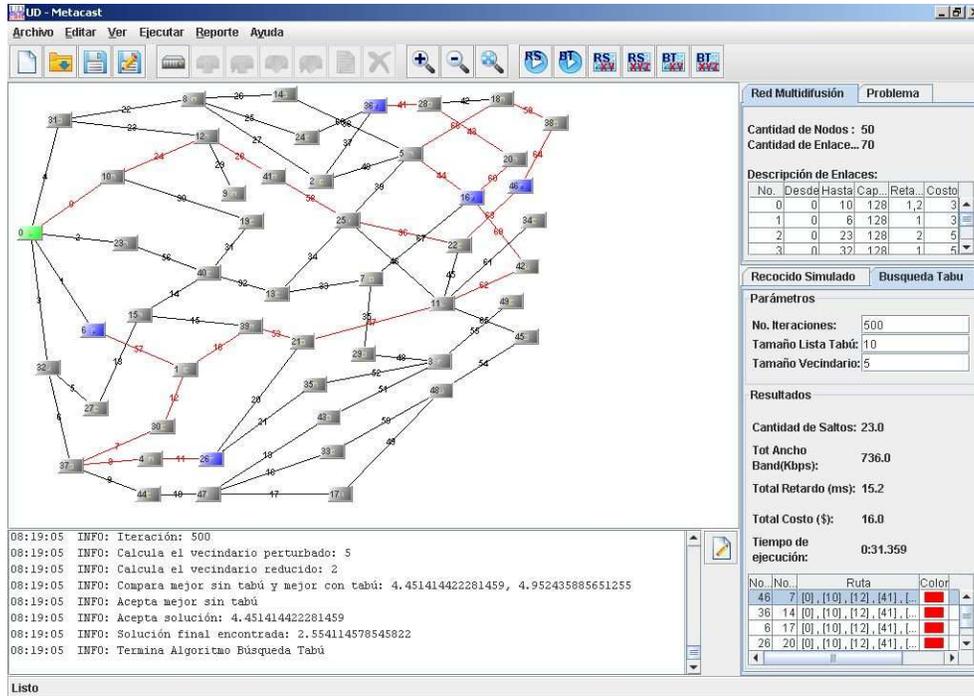


Figura 5. Interfaz UD-Metacast.



Figura 6. Ventana de algoritmos metaheurísticos.

Conclusiones y trabajo futuro

Se implementó el algoritmo Recocido Simulado, el cual utiliza el algoritmo Búsqueda en Profundidad como estrate-

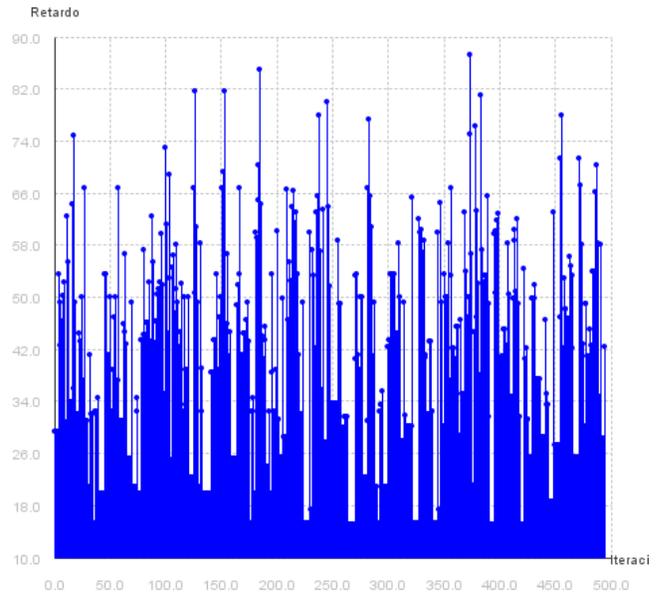


Figura 7. Reporte estadístico de la evolución del proceso de optimización.

gia de búsqueda local. Para reducir paulatinamente el valor de la temperatura se utilizó el esquema de enfriamiento de Cauchy. Como criterio de aceptación se escogió el algoritmo de Metrópolis el cual está basado en la distribución de probabilidad de Boltzmann. Para evaluar si una solución cumplía las restricciones de cada función objetivo se usó el esquema

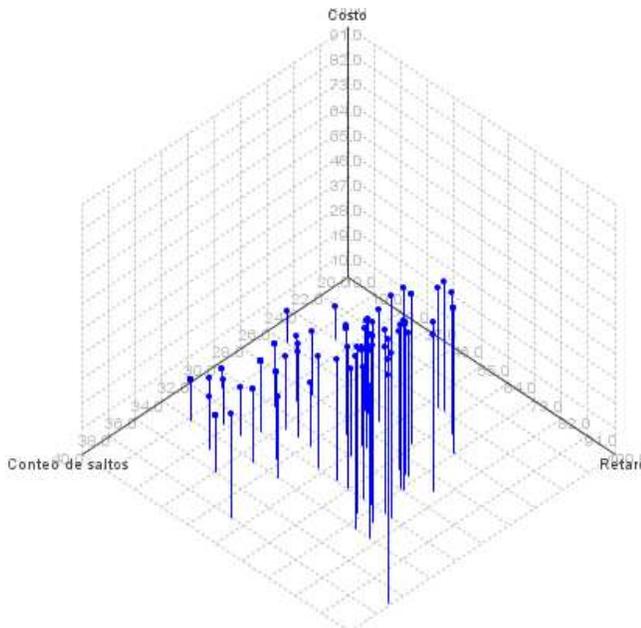


Figura 8. Reporte multiobjetivo del proceso de optimización.

de normalización lineal. Para la implementación de la Búsqueda Tabú, se usó memoria a corto plazo, mantenida con un tamaño, de manera que los movimientos que ingresen a la lista tabú, estarán allí durante la cantidad de iteraciones que indique el tamaño de la lista. Se estableció un tamaño para el vecindario a partir de una solución. Dicho tamaño será fijo y permitirá que se pueda tener grafos de grandes dimensiones sin que esto implique su exploración exhaustiva. La manera como las funciones objetivo son sopesadas en un solo valor, para que las metaheurísticas hagan uso de él en el proceso, fue por medio del método de suma ponderada de funciones. Dicha suma permite dar un grado de importancia a cada función, y devolverá un valor que representa el *pareto front* de la función. Por tratarse de funciones de diversos tipos de información, y por lo tanto de diferentes rangos, se hace un proceso de normalización de los datos antes de aplicar el método multiobjetivo.

El desarrollo del prototipo deja en evidencia la importancia que tienen las metaheurísticas en procesos de optimización, sobre todo en ambientes como el que plantea el proyecto, donde el tamaño y las funcionalidades de las redes, no permiten que se pueda producir una solución genérica para todas. Las metaheurísticas que se implementaron, por su naturaleza de estrategias de búsqueda local, han mostrado sus ventajas, y por supuesto sus desventajas, al tratarse de estrategias que tratan de escapar de soluciones falsas o comúnmente llamadas locales, y esto provoca que la carga necesaria de transacciones para el establecimiento de estados dentro

del proceso, pueda llegar a ser desgastante o recurrente (en el caso de que no se maneje memoria).

El desarrollo de la herramienta se realizó siguiendo las directrices del patrón de diseño Modelo Vista Controlador. Este patrón resultó bastante útil, ya que facilitó la construcción inicialmente del modelo y posteriormente de la vista siguiendo la comunicación con el controlador. Esto permitirá adicionar nuevas funciones a la vista sin alterar el modelo; y robustecer el modelo realizando cambios específicos sobre la vista.

Como trabajo futuro, se plantean las siguientes recomendaciones.

- Implementar variaciones del algoritmo Recocido Simulado, cambiando aspectos como la estrategia de búsqueda local, el esquema de enfriamiento, el criterio de aceptación y/o la técnica de normalización; o adicionando nuevas características como el uso de memoria.

- Plantear la arquitectura de la herramienta en términos Cliente Servidor. Esto podría mejorar el desempeño en la ejecución de los algoritmos, al igual que permitir la evolución por separado tanto del Cliente como del Servidor.

- Adicionar nuevas funciones y características a la vista. Es posible permitir la ejecución de varios algoritmos a la vez o mantener el resultado de varias ejecuciones que permitan la comparación de resultados. Para el caso en el que se requiera trabajar con redes que tengan gran cantidad de nodos, es posible brindar la opción de construcción automática de la red, basada en esquemas o la adición de propiedades a los enlaces, utilizando valores aleatorios entre un mínimo y un máximo definido por el usuario.

- Adicionalmente, por tratarse de un proyecto relacionado con el área de investigación en inteligencia artificial, queda abierta la posibilidad de que se plantee el mismo problema (redes de multidifusión) en contextos más actuales, como los algoritmos evolutivos.

- Es posible también que a manera de aplicación real, se pueda generar un proyecto que derive de este, para que se implemente un protocolo de red local que use estas metaheurísticas.

Referencias

- Donoso, Y., y Fabregat, R. (2007). *Multi-objective optimization in computer networks using metaheuristics* (1.^a ed.). Auerbach Publications.
- Duarte, A. (2007). *Metaheurísticas*. Dykinson.
- Forouzan, B. (2007). *Transmisión de datos y redes de comunicaciones* (4.^a ed.). McGraw Hill.
- Michiels, W., Aarts, E., y Korst, J. (2007). *Theoretical aspects of local search*. Springer.
- Rios, D., y Rios, S. (2008). *Simulación: Métodos y aplicaciones* (2.^a ed.). Ra-Ma.

Diseño y construcción de control híbrido difuso-deslizante para convertidor DC/DC tipo Boost

Design and construction of hybrid fuzzy-sliding control for DC/DC Boost converter

Mónica L. Vásquez

FYR Ingenieros

mlvasquezf@correo.udistrital.edu.co

Fredy H. Martínez

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

fhmartinezs@udistrital.edu.co

El presente artículo explora la implementación en laboratorio de un esquema de control híbrido difuso-deslizante planteado como estrategia de control para convertidores DC/DC tipo boost, estrategia que permita garantizar la estabilidad de operación, la regulación del voltaje de salida y un reducido comportamiento transitorio en zonas de operación extrema. Para lograr esto, el esquema propuesto plantea la utilización de diferentes superficies de control, las cuales son unificadas en una única estructura gracias a la utilización de reglas de control difusas. La exploración culmina con la evaluación exitosa de un prototipo de laboratorio de 10 W que opera con esta estructura de control.

Palabras clave: control difuso, convertidor boost, regulación de voltaje, sistema híbrido

This article explores the implementation in laboratory of a scheme of fuzzy-slip hybrid control raised as a control strategy for DC/DC boost converters, strategy to ensure stable operation, regulation of the output voltage, and low transient behavior in areas of extreme operation. To accomplish this, the proposed scheme proposes to use different control surfaces, which are unified into a single structure through the use of rules of fuzzy control. The exploration culminates with the successful evaluation of a laboratory prototype of 10 W operating with this control structure.

Keywords: boost converter, fuzzy control, hybrid system, voltage regulation

Introducción

Los reguladores electrónicos de potencia DC, o convertidores DC/DC, son parte fundamental del funcionamiento de la mayoría del equipo electrónico actual, así como de otras aplicaciones de potencia eléctrica que consumen corriente DC (Steimer, 2010). Corresponden a un tipo

de fuente de alimentación conmutada con dos interruptores semiconductores (al menos uno de los dos controlable) y algún elemento para almacenar energía (normalmente algún elemento inductivo, aunque es posible utilizar un condensador) (Fei, Xu, Jinping, y Haikun, 2010; Martínez, 2003).

Estos esquemas necesitan una corriente directa, pero dado que la magnitud varía dependiendo del tipo de aplicación, se hace necesario utilizar elevadores, reductores, elevadores/reductores o inversores. Su utilización se ha hecho extensiva dada la gran eficiencia que presenta al manejar grandes potencias, frente a otras soluciones como los reguladores lineales, y la gran capacidad para reducir tamaño y costo de los equipos de transformación dada la posibilidad de trabajar con frecuencias muy por encima de los 60 Hz (recordar el diseño de los núcleos magnéticos y la ley de Faraday).

Ahora bien, el uso de estos convertidores tiene asociado a ellos ciertos problemas desde el punto de vista del control (Martínez, Gómez, y Castiblanco, 2010; Martínez y Gómez, 2007; Viswanathan, Oruganti, y Srinivasan, 2005). Debido a la conmutación, su dinámica es altamente no lineal. Las es-

Fecha recepción del manuscrito: Mayo 24, 2011

Fecha aceptación del manuscrito: Agosto 10, 2011

Mónica L. Vásquez, FYR Ingenieros; Fredy H. Martínez, Facultad Tecnológica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Esta investigación fue financiada por: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Correspondencia en relación al artículo debe ser enviada a: Mónica L. Vásquez. Email: mlvasquezf@correo.udistrital.edu.co

trategias de diseño tradicional tratan en general de linealizar su comportamiento alrededor del punto de operación del convertidor, lo cual permite el diseño con técnicas lineales. Sin embargo, el convertidor real no es lineal, y la robustez del esquema tiende a ser muy baja fallando la operación cuando se presentan cambios en la carga o en el voltaje de entrada. Además, se deben controlar condiciones especiales de operación como el arranque del convertidor (la corriente de arranque sin un adecuado circuito de arranque puede ser mayor a 10 veces la nominal), lo que dificulta el diseño de un control robusto, rápido y de buena regulación.

El grupo de investigación ARMOS Arquitecturas Modernas para Sistemas de Alimentación ha desarrollado exitosamente esquemas de control difuso directo para solucionar el control de estos convertidores, agregando incluso condiciones de operación especiales como la corrección activa del factor de potencia (reconstrucción de la corriente de entrada) (Martínez y Gómez, 2007). Continuando los trabajos en control inteligente para el convertidor boost, se pretendió implementar un esquema de control híbrido difuso-deslizante, que mediante la definición de por lo menos dos superficies de control diferentes; una para condición estacionaria (operación cerca del *Set Point*) y otra para condición transitoria (durante el arranque, por ejemplo), se logre garantizar la correcta operación del convertidor con una muy buena respuesta dinámica. La conmutación entre las superficies se implementó mezclando el esquema con los principios del control difuso (utilizando la máquina de inferencia de Takagi-Sugeno para lograr evaluar las diferentes superficies), a fin de lograr una conmutación suave de superficie a superficie. En cuanto a la estabilidad global del esquema, se garantiza asegurando la estabilidad individual en cada una de las superficies de control.

A continuación, se presentan los antecedentes del diseño que permiten caracterizar el problema atacado y proyectar el perfil de la solución. Luego, se resume el diseño del control híbrido difuso-deslizante propuesto, iniciando con la definición de la planta de prueba y su modelo lineal, y finalizando con la formulación del esquema de control. En la siguiente sección se muestran los detalles de la construcción física del prototipo y su evaluación en laboratorio. Finalmente, se presentan las conclusiones de la investigación.

Formulación del problema

La dinámica de los convertidores de potencia incluye comportamientos altamente no lineales, esto en conjunto con la necesidad de altas velocidades de respuesta para variaciones en el voltaje de entrada y/o la carga de salida, conduce al desarrollo de estructuras de control que superen en desempeño a los tradicionales controles PID (Martínez y Gómez, 2007).

Como estrategias de solución desde el punto de vista del control, en los últimos años ha crecido el interés por la utili-

zación de técnicas computacionales inteligentes, destacándose el natural paralelismo de las redes neuronales, y su habilidad para aproximar la dinámica desconocida de un sistema, y por tanto, asumir el comportamiento ideal de un esquema de control; y la simplicidad del control difuso, que ofrece además una respuesta de alta calidad al mismo tiempo que brinda una baja sensibilidad a entradas ruidosas e imprecisas; razones de peso que justifican la utilización de estas técnicas en el control de convertidores de potencia.

Particularmente, la integración de un sistema basado en lógica difusa y un sistema en modo de deslizamiento se reporta en muchas aplicaciones con la intención de utilizar la lógica difusa para resolver problemas propios de la implementación de los esquemas de control en modo de deslizamiento, o simplemente para mejorar su desempeño (Martínez y Galvis, 2006; Martínez y Gómez, 2007; Mattavelli, Rossetto, Spiazzi, y Tenti, 1997).

En el artículo resumen (Kaynak, Erbatur, y Ertugrul, 2001) se presenta una serie de estructuras a través de las cuales se puede agregar 'inteligencia' a los controles en modo deslizante, al mismo tiempo que referencia una amplia lista de aplicaciones con lógica difusa; misma que ha servido de base para el análisis aquí presentado.

Metodología

Convertidor Boost en lazo abierto

Partiendo del modelo en variables de estado promedio del convertidor boost (Martínez, 2011), es posible obtener la función de transferencia como se muestra en la ecuación 1. En esta ecuación, se tomaron los valores de diseño del prototipo boost desarrollado en el proyecto (en las siguientes secciones se presentan los detalles de diseño): convertidor boost operando a 25 kHz, alimentado desde una fuente DC de valor nominal 12 V DC, voltaje de salida deseado de 24 V DC, con un choque medido en laboratorio de 1 mH, un filtro de salida de 10 uF, una carga resistiva nominal de 60 Ω , ciclo útil esperado en estado estacionario de 0,5, resistencia parásita en el choque de 0,7 Ω y en el condensador de salida de 0,5 Ω .

$$\frac{V_0(S)}{d(S)} = \frac{-74000S + 1,2 \times 10^9}{S^2 + 1366,7S + 2,5 \times 10^7} \quad (1)$$

Esta función de transferencia corresponde a un filtro pasa bajos de segundo orden con dos polos conjugados complejos del lado izquierdo del plano complejo. El filtro tiene una frecuencia de corte:

$$\omega_0 = \frac{1-d}{\sqrt{LC_0}} = 5000 \text{ rad/s} \quad (2)$$

Como se observa, la frecuencia de corte es función del valor del ciclo útil. En un control en lazo cerrado en modo de voltaje, ésta dinámica cambia cuando se ajusta el valor

del ciclo útil, es decir, la función de transferencia del sistema cambia continuamente. Esto hace que la función de transferencia del regulador boost sea una función no lineal respecto al ciclo útil. La Figura 1 muestra la respuesta en frecuencia en lazo abierto del regulador boost para el circuito de prueba.

Esquema híbrido difuso-deslizante

Para el diseño de éste tipo de control, se utiliza el movimiento promedio de la corriente en el choque de entrada y del voltaje de salida como variables de estado, lo que se conoce formalmente como variables de estado promedio, lo cual permite simplificar considerablemente el proceso de diseño. La estructura híbrida difuso-deslizante se presenta como una consecuencia lógica de las limitaciones del control en modo deslizante y las bondades que permite agregar la lógica difusa a este esquema.

Atendiendo al concepto del control en modo deslizante, se define para el convertidor boost a $\overline{v_0(t)}$ como el voltaje promedio en la salida, y V_{ref} como el voltaje de salida deseado. Por lo tanto, dado que el objetivo de control es la regulación del voltaje de salida, la superficie de deslizamiento en variables de estado para el control en estado estacionario (cerca del *set point*) esta descrita por $\overline{v_0(t)} = V_{ref}$, de tal forma que la superficie de deslizamiento de voltaje constante queda definida por:

$$S = \{ \mathbf{X}(t) \in \mathbb{R}^2 \quad : \quad \overline{v_0(t)} = V_{ref} \} \quad (3)$$

En el trabajo (Sira-Ramirez, 1987) se presenta un estudio de esta superficie de deslizamiento de voltaje constante para varios convertidores, incluido el convertidor boost, llegando a la conclusión de que aunque existe régimen de deslizamiento, el punto de equilibrio al que se llega para la corriente en el choque es inestable. Debido a esto, no es posible realizar un control de voltaje de salida con una superficie que sólo este formada por el error de voltaje de salida ($V_{ref} - v_0(t) = 0$), o lo que es lo mismo, la regulación del voltaje de salida se obtiene a expensas de la inestabilidad de la corriente en el choque.

En el trabajo (Sira-Ramirez, 1987) también se muestra que para la corriente en el choque, $i_L(t)$, con corriente constante ($\overline{i_L(t)} = K$), no solo existe régimen de deslizamiento sino que el punto de equilibrio es estable, razón por la cual se asume en éste trabajo. Así, la superficie de deslizamiento de corriente constante queda definida por:

$$S = \{ \mathbf{X}(t) \in \mathbb{R}^2 \quad : \quad \overline{i_L(t)} = K \} \quad (4)$$

Sin embargo, el objetivo primario del convertidor sigue siendo la regulación del voltaje de salida, razón por la cual es necesario eliminar el error estacionario del mismo. De la teoría clásica de control, se sabe que esto es posible agregando una red de compensación PI, que se asumirá inicialmente como solución. Tanto la componente proporcional como la

integral permiten reducir el tiempo de subida y el error de estado estacionario; sin embargo, también incrementan el sobrepaso. En primera instancia, no se considerará el problema del sobrepaso en los transitorios para el diseño de esta red PI, dado que como se mencionó antes, esta superficie operaría solamente cerca del punto de equilibrio.

Este nuevo lazo de realimentación PI modifica la expresión de la superficie de control como se muestra en la ecuación 5. Como es claro, el término integral garantiza la desaparición del error en estado estacionario.

$$S = \{ \mathbf{X}(t) \in \mathbb{R}^2 \quad : \quad (5)$$

$$\overline{i_L(t)} = k_1 (V_{ref} - \overline{v_0(t)}) + k_2 \int (V_{ref} - \overline{v_0(t)}) dt \}$$

La presencia de éste termino integral conlleva a la aparición de problemas durante el transitorio de arranque, ya que si se observa la estructura de la ecuación 5, es obvio que éste impedirá el cambio de signo en la superficie de control. Además, se complica la selección de los parámetros del lazo de realimentación, ya que si se busca un sistema robusto se terminará también con uno lento en cuanto a respuesta frente a variaciones en la carga o en la entrada.

Así las cosas, se podría pensar en la necesidad de dos superficies de control diferentes para resolver el problema, una que opere cerca del punto de equilibrio estacionario, y otra que opere durante el arranque del convertidor. Si se tiene en mente la estructura básica del esquema de control difuso, se puede concluir con facilidad el por qué mezclándolo en una estructura deslizante podría resolver el problema antes planteado.

Un control basado en lógica difusa utiliza reglas de control del tipo SI ... ENTONCES, cuyos consecuentes resultan ser combinaciones lineales de las variables de entrada. Es decir, es posible construir una superficie de control diferente para cada regla del sistema, lo que permite utilizar la superficie de control más apropiada en cada momento.

La Figura 2 muestra el esquema de control propuesto. En ella, se pueden apreciar dos lazos de realimentación, estructura muy común en los correctores activos de factor de potencia, uno de corriente y uno de voltaje. El lazo de corriente implementa la superficie de control:

$$S = \{ \mathbf{X}(t) \in \mathbb{R}^2 \quad : \quad \overline{i_L(t)} = I_{ref} \} \quad (6)$$

La dinámica de este lazo es mucho más rápida que la del lazo de voltaje, debido a que se requiere una rápida respuesta dinámica en función a la energía que maneja el convertidor, de forma similar a como lo realiza el control en modo de corriente. El lazo de voltaje, de dinámica más lenta a fin de evitar oscilaciones en el voltaje de salida a causa de ruido en la señal realimentada, es el encargado de establecer la referencia de corriente para el lazo interno (lazo de corriente).

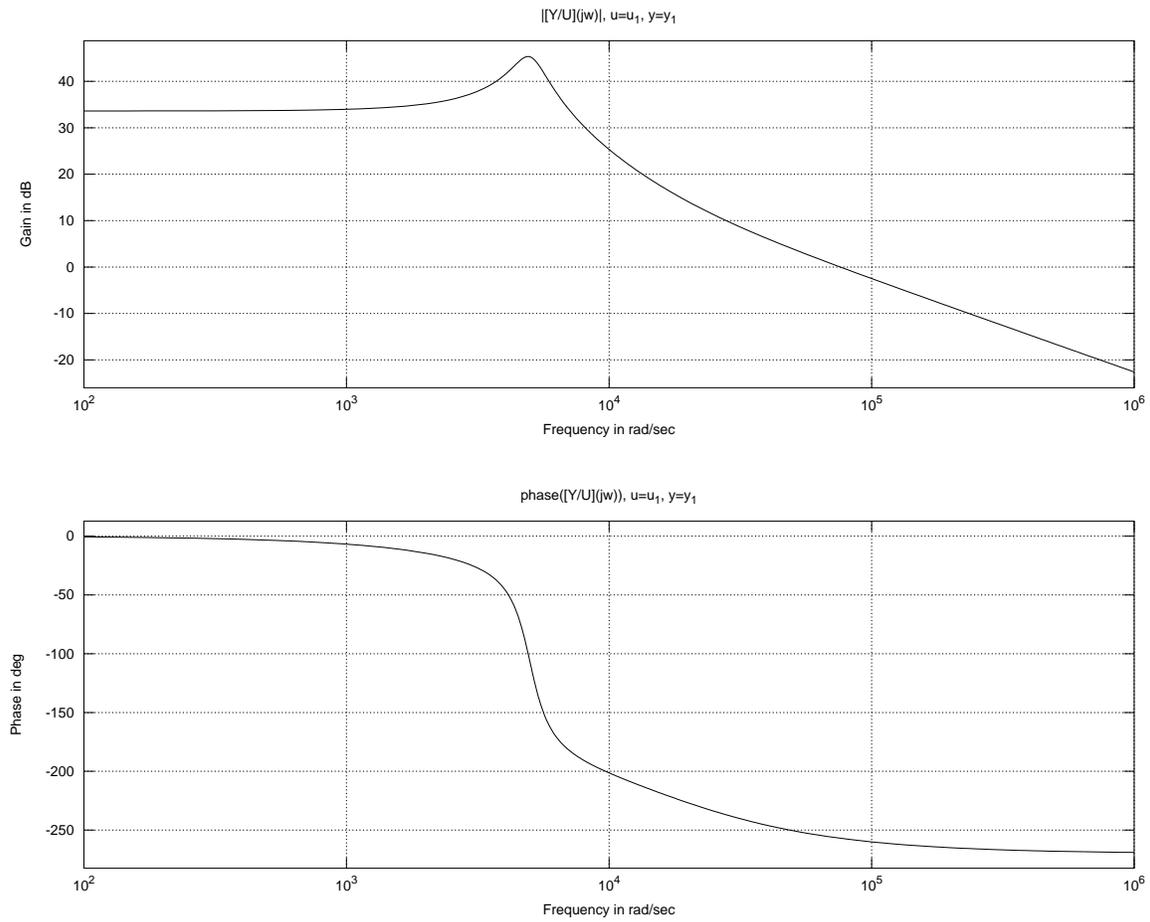


Figura 1. Respuesta en frecuencia en lazo abierto del modelo promedio del convertidor para el prototipo de prueba.

Teniendo en cuenta la función que debe cumplir el control difuso en esta aplicación, que la acción de control se realiza cada cierto intervalo de tiempo dependiente de la unidad que implementa el control y la frecuencia natural del sistema, y suponiendo que el valor DC de la corriente en el choque es automáticamente ajustado por el convertidor de acuerdo a la condición de balance de potencia, se seleccionan como variables de los antecedentes a: (1) el error del voltaje de salida, Eu , y (2) corriente en el choque del convertidor, i_L . Por lo tanto, los consecuentes que permitirán incluir en el conjunto de reglas las funciones de transferencia de los controladores PI diseñados alrededor del punto de equilibrio, tendrán la siguiente forma:

$$I_{ref}(t) = K_P Eu(t) + K_I \int Eu(t) dt \quad (7)$$

En donde las constantes K_P y K_I son las constantes del lazo PI diseñadas para que el sistema opere en estado estacionario (cerca del *set point*, cerca del punto de equilibrio).

Cuando el convertidor opera lejos del punto de equilibrio (por ejemplo, durante el arranque), la referencia de corriente se asume como un valor constante de corriente. El sistema de lógica difusa permite que las transiciones entre estas dos estrategias de control, es decir, la re-definición de la corriente de referencia de la ecuación 7 en estado estacionario y el valor constante del arranque, no se realice de forma brusca.

Diseño del control híbrido difuso-deslizante

Diseño de la planta. La planta está conformada por un pequeño convertidor boost de 10 W según se planteó desde la formulación del proyecto. La Figura 3 muestra el detalle del convertidor, y la Tabla 1 sus valores nominales de diseño.

De acuerdo a los valores nominales definidos para la planta (Tabla 1), se realizó el diseño del convertidor en operación en modo continuo de conducción (CCM).

Diseño del control. Con el fin de combinar como salida deseada del sistema controlado, un transitorio de arranque

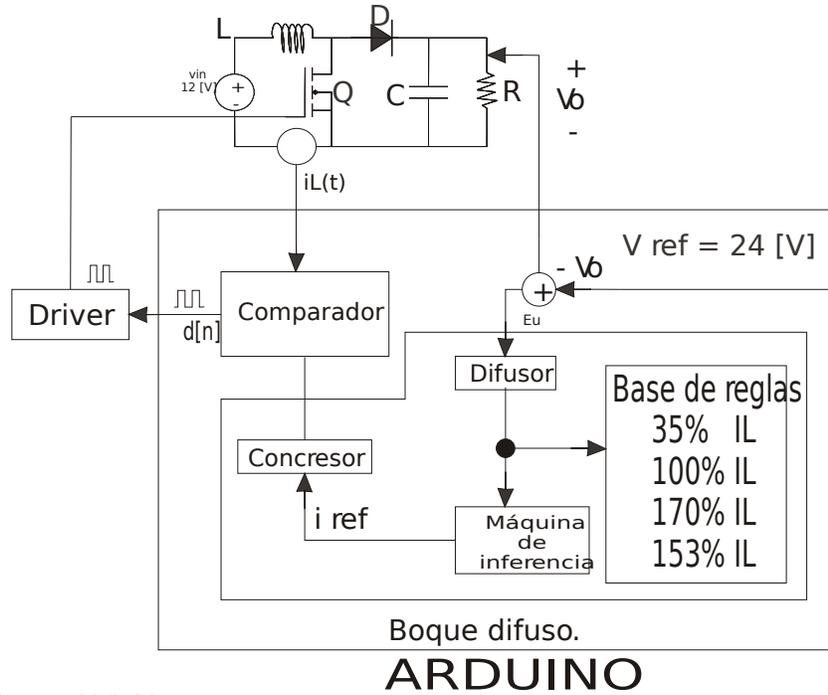


Figura 2. Esquema del control híbrido propuesto.

Tabla 1

Valores de diseño nominales del convertidor boost

Parámetro	Símbolo	Valor
Voltaje DC de salida (nominal)	V_0	24 V
Voltaje DC de entrada	V_i	12 V
Potencia de salida (nominal)	P_0	10 W
Corriente de salida	I_0	0.417 A
Frecuencia de conmutación	f_s	25 kHz
Rizado voltaje en la salida	V_r	2.4 V (10% V_0)
Rizado corriente en el choque	ΔI_L	0.21 A (20% I_{in} esperada)

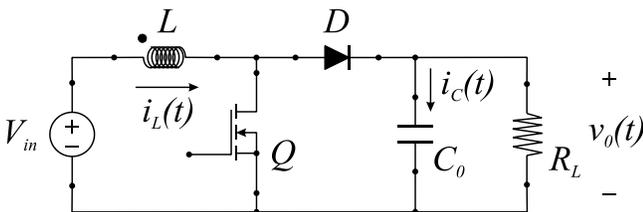


Figura 3. Circuito esquemático del convertidor elevador boost. Mediante la conmutación de Q (ciclo útil en estado estacionario ideal del 50%), y el almacenamiento de energía en L (1 mH), se logra la regulación del voltaje de salida $v_0(t)$, filtrado por el condensador C_0 (10 μF).

suave con respuesta rápida y operación robusta con mínimo error estacionario cerca al punto de equilibrio (cerca del régimen estacionario), se optó por un lado seleccionar cuatro superficies de deslizamiento de corriente constante para la

condición transitoria de arranque, y una superficie que introduce el efecto PI en operación estacionaria.

De acuerdo con los parámetros de diseño del circuito de potencia, y la eficiencia esperada del mismo, en el choque de entrada del regulador boost se espera una corriente nominal estacionaria promedio de 1 A. Por lo tanto, recordando que el control debe limitar la corriente de arranque del convertidor, se seleccionan los siguientes valores de corriente de referencia para las cuatro superficies deslizantes durante el arranque:

- Cuando el voltaje de salida esta muy por encima de su valor de referencia: $I_{ref} = 35\% I_{Nominal} = 0,35\text{ A}$.
- Cuando el voltaje de salida esta por encima de su valor de referencia y aún se encuentra lejos del mismo: $I_{ref} = 100\% I_{Nominal} = 1,0\text{ A}$.
- Cuando el voltaje de salida esta muy por debajo de su valor de referencia: $I_{ref} = 170\% I_{Nominal} = 1,7\text{ A}$.
- Cuando el voltaje de salida esta por debajo de su va-

lor de referencia y aún se encuentra lejos del mismo: $I_{ref} = 135\% I_{Nominal} = 1,35 \text{ A}$.

Para el diseño de la red PI, el principio de diseño dicta que el control debe responder lo más rápidamente posible sin importar los sobrepasos que se puedan generar (claro, estos serán asumidos por las otras superficies de control). Así, siguiendo los criterios de diseño clásicos para esquemas de control PI, se escoge el compensador mostrado en la ecuación 8.

$$G_{PI}(S) = \frac{80S + 100}{S} \quad (8)$$

Como se detalló antes, la definición de la corriente de referencia, I_{ref} , depende del error de voltaje Eu tanto para el bloque PI cerca del punto estacionario, como para el control difuso en las zonas extremas, razón por la cual se toma al error de voltaje de salida como variable de entrada al bloque de control difuso-deslizante, definiéndose como:

$$Eu(t) = \frac{24 - v_0(t)}{24} \quad (9)$$

Variable que se encuentra normalizada en el rango $[-1, 1]$. $v_0(t)$ corresponde al voltaje de salida medido sobre el convertidor en cualquier instante t , y 24 corresponde al voltaje de referencia de salida, en el prototipo 24 V. Para la sección difusa, se define un total de siete conjuntos difusos para el error de voltaje de salida como se muestran en la Figura 4.

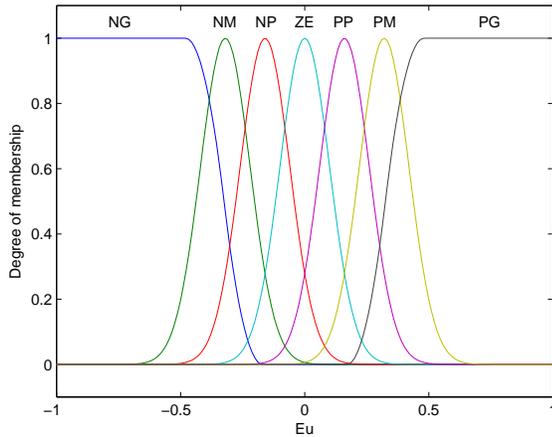


Figura 4. Conjuntos difusos para el error de voltaje de salida, sección difusa del control difuso-deslizante.

Finalmente, las reglas de control para el bloque difuso quedan definidas de la siguiente forma:

- Si Eu es NG ENTONCES I_{ref} es 0,35 A.
- Si Eu es NM ENTONCES I_{ref} es 1,0 A.
- Si Eu es NP ENTONCES I_{ref} es $80Eu + 100\frac{Eu}{S}$ A.
- Si Eu es ZE ENTONCES I_{ref} es $80Eu + 100\frac{Eu}{S}$ A.
- Si Eu es PP ENTONCES I_{ref} es $80Eu + 100\frac{Eu}{S}$ A.

- Si Eu es PM ENTONCES I_{ref} es 1,35 A.
- Si Eu es PG ENTONCES I_{ref} es 1,7 A.

La corriente de referencia suministrada por el bloque difuso es comparada directamente con la corriente en el choque, a fin de determinar el incremento a aplicar al ciclo útil actual, según la siguiente ecuación:

$$d[n] = \eta \times \delta d[n] + d[n-1] \quad (10)$$

η se utiliza como ganancia del incremento en el ciclo útil en cada actualización de la unidad de control, y para la aplicación final se ajustó en 0,01 a fin de producir variaciones suaves en el ciclo útil.

Resultados

Construcción de la planta

De acuerdo al diseño del convertidor *boost*, se definió el siguiente hardware para su construcción:

- Choque:

De acuerdo a las condiciones de operación del choque, se seleccionó como material del núcleo el #26 de Amidon, dado su alto valor de permeabilidad ($\mu = 75$). Para el detalle de su construcción, se debe determinar el conductor, el número de vueltas y el tamaño del núcleo.

En primer lugar, se determina la corriente máxima en el choque en estado estacionario, I_{LPK} :

$$I_{LPK} = \frac{I_0}{1-D} + \frac{\Delta I_L}{2} = \frac{0,417}{1-0,5} + \frac{0,21}{2} = 0,94 \text{ A} \quad (11)$$

Para una densidad de corriente de 450 A/cm^2 y operación a 100 kHz con conductor de cobre cilíndrico (Amidon Associates, 2000), se recomienda el uso de calibre 23 AWG o superior (Billings, 1989). La Tabla 2 detalla algunos valores útiles para calibres 21, 22 y 23 AWG.

Seleccionando calibre 21 AWG a fin de reducir pérdidas por conducción, y conociendo la inductancia y las constantes de los núcleos Amidon (Tabla 3, (Amidon Associates, 2000)), es posible determinar el tamaño exacto del núcleo requerido. Un valor de potencia exige un determinado tamaño de núcleo. Un valor de inductancia determina el número de vueltas a devanar en el núcleo.

El producto de áreas es un valor utilizado para relacionar tamaño de núcleo a potencia manejada, sin importar la forma o configuración del núcleo. En (Billings, 1989) se presenta un diagrama que relaciona al producto de áreas con la corriente de carga, de allí, y para un valor de inductancia de 1.2 mH, se puede establecer un valor mínimo de producto de áreas para el choque de 0.1 cm^4 . De la Tabla 3, es posible observar que un tamaño T-68-26 o superior de núcleo cumple el requisito de manejo de potencia. Por disponibilidad en el mercado, y facilidad de refrigeración, se seleccionó para el convertidor el núcleo T-157-26.

Tabla 2

Detalles de conductores de cobre cilíndrico 21, 22 y 23 AWG para aplicaciones en SMPS (Billings, 1989)

AWG	d [cm]	A [cm ²]	Ω/cm 20°C	Ω/cm 100°C	I [A]
21	0.072	0.004105	0.000420	0.000561	1.847
22	0.064	0.003255	0.000530	0.000708	1.465
23	0.057	0.002582	0.000668	0.000892	1.162

Tabla 3

Constantes de núcleos toroidales Amidon material #26 (Amidon Associates, 2000)

Núcleo	A _L ×10 ⁻¹⁰	OD [cm]	ID [cm]	Altura [cm]	Longitud [cm]	A [cm ²]
T-30-26	325	0.780	0.384	0.325	1.83	0.065
T-37-26	275	0.953	0.521	0.325	2.32	0.070
T-44-26	360	1.118	0.582	0.404	2.67	0.107
T-50-26	320	1.270	0.762	0.483	3.20	0.121
T-68-26	420	1.753	0.940	0.483	4.24	0.196
T-80-26	450	2.019	1.257	0.635	5.15	0.242
T-94-26	590	2.393	1.422	0.792	6.00	0.385
T-106-26	900	2.692	1.448	1.110	6.50	0.690
T-130-26	785	3.302	1.981	1.110	8.29	0.730
T-157-26	970	3.988	2.413	1.448	10.05	1.140
T-184-26	1640	4.674	2.413	1.803	11.12	2.040
T-200-26	895	5.080	3.175	1.397	12.97	1.330
T-225-26	950	5.715	3.556	1.397	14.56	1.500
T-300-26	800	7.620	4.877	1.270	19.83	1.810

$$L = N^2 A_L \implies N = \sqrt{\frac{L}{A_L}} = 111,2 \text{ vueltas} \quad (12)$$

Para determinar la longitud aproximada de conductor requerida, se calcula el promedio para una vuelta a partir del área de la sección, y se multiplica este valor por el número total de vueltas, más un 20 % que contempla el desperdicio de alambre al devanarlo:

$$L_{cond} = \left(2 \times \pi \times \sqrt{\frac{A}{\pi}}\right) \times (111,2) \times (1,2) = 505 \text{ cm} \quad (13)$$

Para determinar el número de capas a devanar, se tiene en cuenta el diámetro del conductor (0.072 cm) y la longitud del núcleo (10.05 cm), más un 10 % de imperfección de devanado, es decir:

$$N_{capas} = \frac{(111,2) \times (0,072) \times (1,1)}{10,05} = 0,88 \text{ capas} \quad (14)$$

es decir, menos de una capa de conductor.

Control híbrido difuso-deslizante

Para la implementación del sistema de control híbrido difuso-deslizante, se escogió la plataforma Arduino Me-

ga2560 (Figura 5). Este es una tarjeta *open hardware* (esquemáticos de libre distribución) basada en el microcontrolador ATmega2560 de Atmel, con un total de 54 pines de entrada/salida digitales, de los cuales 14 pueden ser utilizados como salidas PWM. Además, también de interés para la aplicación, se destaca que el sistema posee capacidad para recibir hasta 16 entradas análogas, y corre con un reloj de 16 MHz.

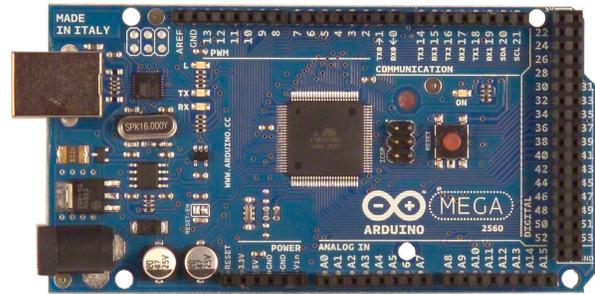


Figura 5. Arduino Mega2560.

Los recursos que posee el sistema en conjunto con su costo son razón suficiente para justificar su selección. Sin embargo, la razón principal de su selección para la implementación del prototipo, es la posibilidad de programar el sistema en un lenguaje de alto nivel muy similar al C, lo que facilitó

considerablemente el desarrollo de la aplicación.

Para la conexión de Arduino con el convertidor de potencia, se desarrolló un nuevo circuito driver para la *gate* del Mosfet, en este caso utilizando dos transistores bipolares en configuración *push-pull*, conformando un circuito capaz de suministrar hasta 2,5 A a la gate (Figura 6).

Evaluación de desempeño

La evaluación de desempeño se realizó midiendo el comportamiento de las variables de estado del convertidor en arranque y operación estacionaria. Luego se observó el desempeño del control frente a un incremento de la carga de salida del 20 %.

En las figuras Figura 7 y Figura 8, y en el plano de fase mostrado en la Figura 9, se puede observar el comportamiento de las variables de estado del sistema luego de 100 ms de operación. Como se aprecia, el sistema busca su punto de equilibrio a través de una variación suave de sus variables de estado. La corriente de entrada no supera los 2,3 A, valor muy inferior al pico de 5,5 A registrado por el sistema de control en lazo abierto. El voltaje de salida tampoco presenta grandes sobrepasos (inferior a 35 V), los cuales son normales de esperar en un sistema con filtro capacitivo en su salida. El valor inferido por la unidad de control difuso-deslizante durante este mismo intervalo de tiempo, se puede observar en la Figura 10.

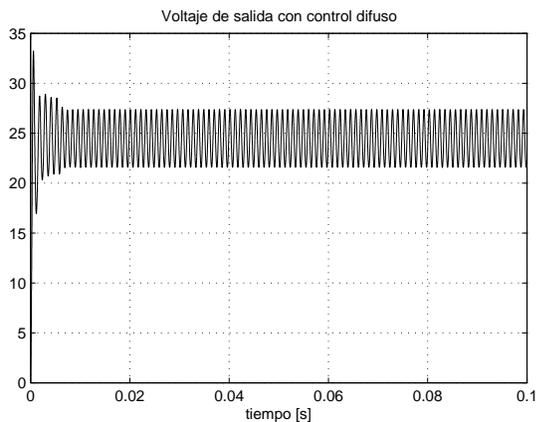


Figura 7. Voltaje de salida en arranque con carga nominal ($R_L = 60\Omega$).

Como se mencionó, el desempeño dinámico del esquema de control se evaluó aplicando un cambio de carga al convertidor y midiendo el comportamiento en las variables de estado. La carga se incrementó en un 20 %, reduciendo su valor resistivo de 60Ω a 50Ω . Las figuras Figura 11 y Figura 12 muestran el comportamiento detectado tanto en el voltaje de salida como en la corriente de entrada.

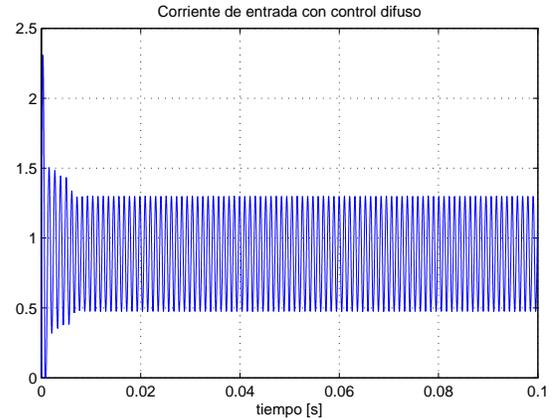


Figura 8. Corriente de entrada en arranque con carga nominal ($R_L = 60\Omega$).

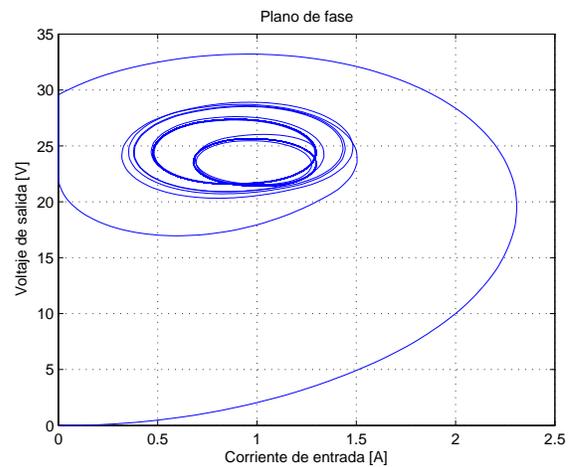


Figura 9. Plano de fase control difuso-deslizante.

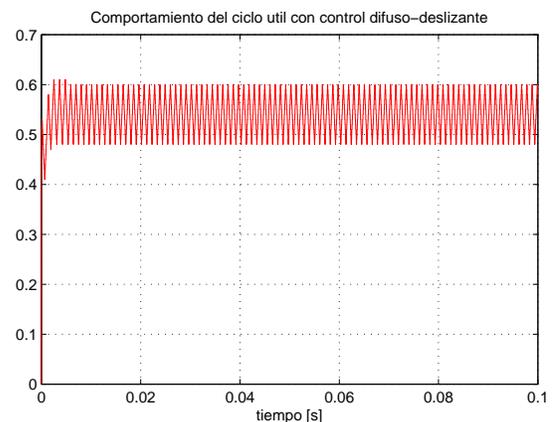


Figura 10. Comportamiento del ciclo útil durante los 100 ms iniciales del control difuso-deslizante.

Conclusiones

En éste trabajo de investigación se ha realizado la evaluación de una posible implementación de un control híbrido

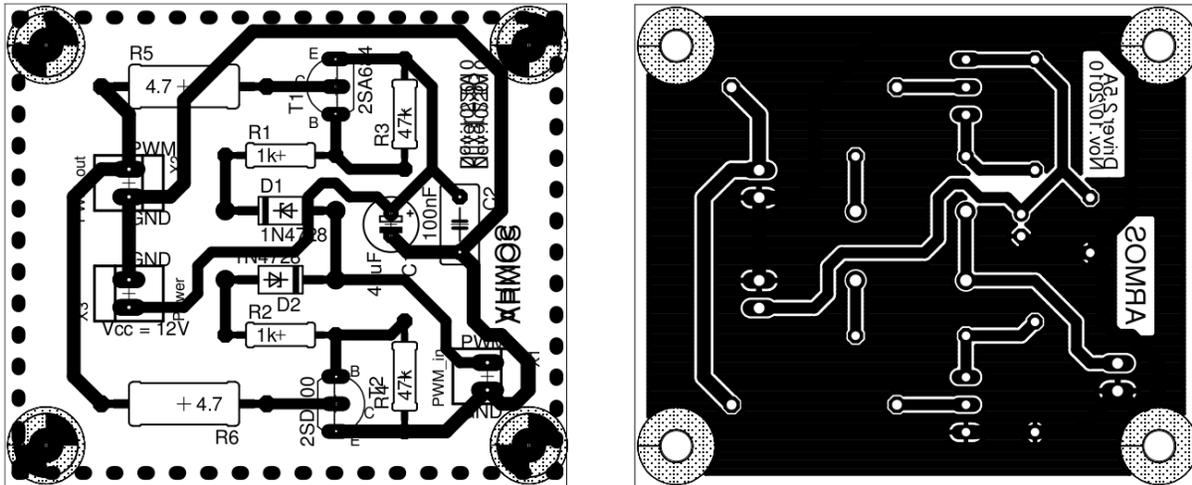


Figura 6. Circuito impreso del driver en configuración *push-pull*.

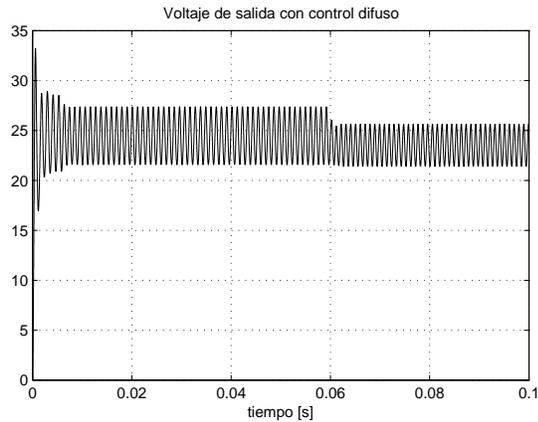


Figura 11. Voltaje de salida en arranque con variación de carga (de 60Ω a 50Ω).

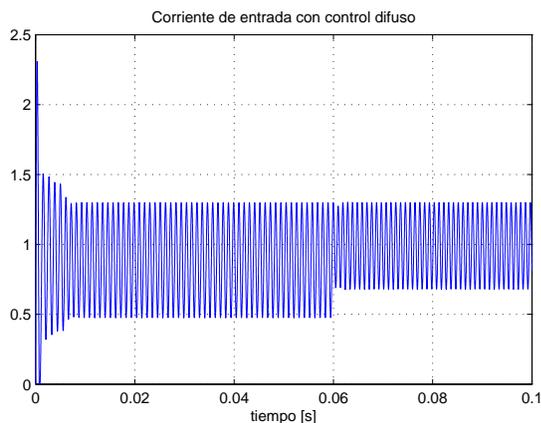


Figura 12. Corriente de entrada en arranque con variación de carga (de 60Ω a 50Ω).

en donde los sistemas de lógica difusa son utilizados como herramienta auxiliar en el diseño de controles deslizantes en modo de corriente para reguladores conmutados DC/DC tipo boost. Este convertidor, de particular interés para el grupo de investigación ARMOS, posee una dinámica de fase no mínima alrededor de su punto de equilibrio, raíz del interés en el desarrollo de su esquema de control.

Se desarrolla una estructura de control híbrida difuso-deslizante para el convertidor elevador tipo boost, utilizando como plataforma base el control en modo de corriente (incluyendo en la topología dos lazos de control, uno de voltaje y uno de corriente, sustentado esto en las necesidades de regulación de voltaje y estabilidad), e implementando estrategias de control deslizante y sistemas de lógica difusa a fin de introducir algún grado de comportamiento adaptativo en el sistema.

Los resultados sobre un prototipo de laboratorio de la estrategia de control sobre un diseño de prueba con potencia de salida de 10 W, muestran no sólo la capacidad de regulación del voltaje de salida, sino estabilidad, una alta velocidad de respuesta, valores reducidos de transitorios, principalmente el de corriente de arranque, y una gran inmunidad frente a cambios fuertes en la carga de salida. Esta excelente respuesta dinámica es incluso mejor que la reportada por el control difuso directo en investigaciones previas del grupo de investigación, en donde frente a cambios en la carga se registraron sobrepasos en la salida del 12 % al 18 % con tiempos de estabilización de 50 a 70 ms (Martínez y Galvis, 2006).

El hecho de que el sistema de control híbrido se estructure sobre un control en modo de corriente, deja abierta la posibilidad de replantear las superficies de control, es decir, las corrientes de referencia, a fin de incluir en esta estructura capacidades adicionales de corrección activa del factor de potencia. Tal proyección se evaluará en futuros trabajos del grupo de investigación.

Referencias

- Amidon Associates, I. (2000). *Amidon tech data book*. On line.
- Billings, K. (1989). *Switchmode power supply handbook* (2.^a ed.). McGraw Hill.
- Fei, Z., Xu, J., Jinping, W., y Haikun, Y. (2010). A novel tri-state boost pfc converter with fast dynamic performance. En *The 5th ieee conference on industrial electronics and applications (iciea)* (p. 2104-2109).
- Kaynak, O., Erbatur, K., y Ertugrul, M. (2001). The fusion of computationally intelligent methodologies and sliding-mode control: a survey. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 48(1), 4-17.
- Martínez, F. H. (2003). Técnicas de conversión ac/dc en sistemas monofásicos con factor de potencia unitario. *Tecnura*, 6(12), 31-41.
- Martínez, F. H. (2011). *Algunas aplicaciones de la lógica difusa en el control de convertidores dc/dc* (Vol. 1). Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Martínez, F. H., y Galvis, J. (2006). Reducción de la distorsión armónica utilizando un convertidor boost con control difuso. En *Iii convención internacional de la ingeniería mecánica, eléctrica e industrial, simposio de ingeniería eléctrica y electrónica* (p. 1-6).
- Martínez, F. H., Gómez, D., y Castiblanco, M. (2010). Evaluation of a neural control with optimal architecture for a dc/dc converter. En *The ieee 2010 international power electronics conference - ecce asia - ipec-sapporo 2010* (p. 53-57).
- Martínez, F. H., y Gómez, D. F. (2007). Fuzzy logic controller for boost converter with active power factor correction. En *The ieee 7th international conference on power electronics - icpe'07* (p. 936-940).
- Mattavelli, P., Rossetto, L., Spiazzi, G., y Tenti, P. (1997). General-purpose fuzzy controller for dc-dc converters. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 12(1), 79-86.
- Sira-Ramirez, H. (1987). Sliding motions in bilinear switched networks. *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, 34, 919-933.
- Steimer, P. K. (2010). Enabled by high power electronics - energy efficiency, renewables and smart grid. En *The ieee 2010 international power electronics conference - ecce asia - ipec-sapporo 2010* (p. 11-15).
- Viswanathan, K., Oruganti, R., y Srinivasan, D. (2005). Dual-mode control of tri-state boost converter for improved performance. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 20(4), 790-797.

Sistema de gestión y control de interventorías para la contratación de la administración pública bajo entorno web

Management and control system of audits for the recruitment of public administration under web environment

Oscar X. Borré
Instituto Humboldt
webmaster@humboldt.org.co

El sistema de gestión y control de interventorías brinda una opción al manejo de la información contractual de las entidades del estado a nivel nacional. Se presenta como un sistema basado en la arquitectura de aplicaciones distribuidas en .NET, que usa la metodología *Rational Unified Process* (RUP). Esto le permite realizar un levantamiento exhaustivo de requerimientos con el cual detecta los defectos en las fases iniciales, intenta reducir el número de cambios tanto como sea posible y el diseño genérico intenta anticiparse a futuras necesidades. Entre los principales aportes que brinda el sistema está la continuidad en el negocio, la escalabilidad de la aplicación, la disponibilidad y tiempos de respuesta mucho más bajos, además de solucionar el problema de la falta de fiabilidad de la información, ya que se estandariza de una entidad para todos sus funcionarios, evitando la redundancia de información.

Palabras clave: administración pública, control de interventorías, RUP, sistema de gestión

The management and control system of auditing provides an option to manage the contractual information for state agencies nationwide. It is presented as a system based on the architecture of distributed applications in .NET, using the methodology Rational Unified Process (RUP). This allows it to conduct a comprehensive survey of requirements with which detects defects in the early stages, trying to reduce the number of changes as much as possible and the generic design attempts to anticipate future needs. The main contributions provided by the system is the continuity in the business, scalability of the application, availability and much lower response times, in addition to solving the problem of the lack of reliability of the information, as it standardizes the an entity all its officers, avoiding redundancy of information.

Keywords: audits control, management system, public administration, RUP

Introducción

Un contrato es un acuerdo de voluntades que crea y transmite derechos y obligaciones. En cada país existe un sistema de requisitos diferente, pero el concepto básico de contrato

es, en esencia, el mismo. La divergencia de requisitos tiene que ver con la variedad de realidades socio-culturales y jurídicas de cada uno de los países.

Una de las partes vitales de la contratación es la interventoría, la cual se encarga de la supervisión los contratos, de que el acuerdo, las obligaciones y el objetivo principal del contrato se estén cumpliendo. En el caso de la contratación pública esta figura es indispensable por su labor social, pues los recursos que se disponen para la consecución de los contratos son parte del recurso público. En el mundo son pocos los avances de la tecnología frente a esta necesidad. Las empresas tienen conocimiento de la complejidad de la interventoría y lo necesario de una adecuada interventoría, pero son pocas las entidades que se encargan de darle una solución adecuada a esta problemática. Se puede ver que desde el mismo momento de la asignación, simplemente se logran implementar algunas herramientas para seguimiento de con-

Fecha recepción del manuscrito: Agosto 31, 2011
Fecha aceptación del manuscrito: Octubre 30, 2011

Oscar X. Borré, Instituto Humboldt.

Esta investigación fue financiada por: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Correspondencia en relación al artículo debe ser enviada a: Oscar X. Borré. Email: webmaster@humboldt.org.co

tratos y necesidades puntuales, mas no se toman en cuenta los criterios que tienen establecidos las entidades para la designación de esta figura.

En Colombia, los avances en el área de la contratación donde se definen las funciones del interventor, ha cobrado mucho valor en el ámbito de las entidades estatales. El uso de la tecnología para brindar soluciones o herramientas colaborativas con el fin de mejorar el proceso de designación de interventores en un ambiente web que sea de fácil manejo para los usuarios, permitirá una alta disponibilidad de la información no ha sido tenido en cuenta (Nielsen, 2000).

A través de este documento se presenta una arquitectura de aplicaciones distribuidas bajo protocolos de invocaciones remotas, donde los recursos físicos se encuentran en varios servidores como lo es el servidor de bases de datos, el servidor de aplicaciones, además de correr bajo entorno web (Silberschatz y Korth, 2011; Welling y Thomson, 2009). La implementación de una arquitectura de aplicaciones distribuidas brinda una alta disponibilidad de información, permitiendo que se abra la conexión al servidor solo cuando se necesite; al cerrar la conexión se deja al servidor de bases de datos libre de sobrecarga de trabajo, sin congestionar la red (Pressman, 2010).

La finalidad de este proyecto consiste en entregar una solución que permita garantizar la continuidad del negocio, permitiendo el acceso de la información a los funcionarios que trabajen con el nombramiento de interventores e impulsando a la empresa a trabajar con tecnologías actualmente en uso en todo el mundo, la cual le entrega un valor agregado dado su costo/beneficio. La solución propuesta es un sistema de gestión y control de interventorías para la contratación de la administración pública bajo entorno web.

Para el desarrollo metodológico del sistema se hace uso de la metodología *Rational Unified Process* (RUP). Como primera medida se realizó la definición, planeación y organización del proyecto, donde se formuló el problema y la solución a desarrollar, teniendo en cuenta los alcances y delimitaciones obtenidas, el tiempo y herramientas utilizadas.

En la fase de modelado, se recopiló la información necesaria para poder comprender y dar un mejor enfoque al manejo de la información contractual de las entidades territoriales, durante el análisis se desarrollaron y depuraron los diagramas para después realizar los diseños de las interfaces que comprendieron el portal y la base de datos que almacena la información utilizada.

Posteriormente se describe la implementación del sistema, las pruebas desarrolladas y se exponen las conclusiones que se generaron en este proyecto. Finalmente, se anexa el manual de usuario, que describe los procesos de ingreso y correcto uso.

Metodología

El proyecto se basará en la metodología RUP, la cual es un proceso de desarrollo de software. A través de la historia se han desarrollado varios modelos de proceso de software (paradigmas de desarrollo) cada uno con sus ventajas, desventajas y utilidad en algunos tipos de proyectos y problemas. Al igual que cualquier notación, el proceso unificado actúa como un modelo que puede adaptarse a cualquier tipo de proyecto y empresa (grandes y pequeñas) (Booch, Rumbaugh, y Jacobson, 2005).

RUP divide el proceso de desarrollo en ciclos, teniendo un producto al final de cada ciclo. Cada ciclo se divide en cuatro Fases:

- Inicio
- Elaboración
- Construcción
- Transición

Fase de inicio

Se establece la oportunidad y el alcance del proyecto. Se identifican las entidades externas con que se trata (actores) y se define la abstracción, es decir, la interacción en un alto nivel de abstracción.

- Identificar los casos de uso
- Describir algunos en detalle

La oportunidad de negocio incluye:

- Estimación de recursos necesarios
- Plan de las fases incluyendo hitos

Productos:

- Un documento de visión general
- Requerimientos generales del proyecto
- Características principales
- Restricciones

Fase de elaboración

Objetivos:

- Analizar el dominio del problema
- Establecer una arquitectura base sólida
- Desarrollar un plan de proyecto
- Eliminar los elementos de mayor riesgo para el desarrollo exitoso del proyecto

Fase de construcción

En esta fase, los componentes restantes se desarrollan y se incorporan al producto; todo tiene que pasar por pruebas. Productos:

- El producto de software integrado y corriendo en la plataforma adecuada.
- Manuales de usuario.
- Una descripción del *release* actual.

Fase de transición

El objetivo es entregar el software desarrollado a la comunidad de usuarios. En esta fase se incluye:

- Pruebas con el cliente
- Ejecución paralela con sistemas antiguos.
- Entrenamiento de usuarios.

Distribución del producto

Propuesta de software. El sistema de gestión y control de interventorías para la contratación de la administración pública bajo entorno web, brinda transparencia, eficiencia y uso de tecnologías de la información para dar solución a la problemática descrita. Ello se alcanza con la implementación de la base de datos de contratación en el motor de bases de datos SQL Server de Microsoft, y se trabaja la arquitectura de aplicaciones distribuidas de .NET, la cual permite que el sistema de información sea distribuido en diferentes recursos físicos para su procesamiento y correcta ejecución. Dicho uso brinda una continuidad en el negocio, escalabilidad de la aplicación, disponibilidad y tiempos de respuesta mucho más bajos, además de solucionar el problema de la falta de fiabilidad de la información, ya que se estandariza los datos de una entidad para todos sus funcionarios.

Arquitectura

La arquitectura de aplicaciones considera todos los sistemas como conjuntos de servicios en cooperación que se encuentran agrupados en los siguientes niveles (Meier et al., 2003) (Figura 1):

- Servicios de usuarios
- Servicios empresariales
- Servicios de datos

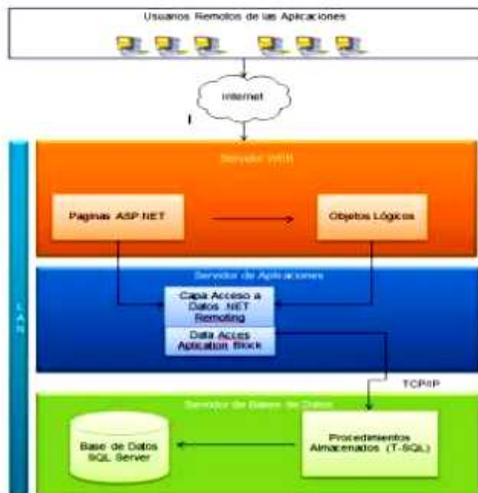


Figura 1. Arquitectura de la solución.

Con la arquitectura lógica se logra identificar los tipos genéricos de servicios que siempre están presentes en cualquier sistema, de forma que se pueda garantizar la segmentación adecuada para impulsar la definición de interfaces entre niveles.

Servicios de usuarios

Es la interacción del cliente con el sistema, el cual brinda un puente con los servicios empresariales. En esta se hacen autenticaciones del sistema de seguridad.

Servicios empresariales

Los servicios empresariales proporcionan la funcionalidad básica del sistema y encapsulan la lógica empresarial, estos se caracterizan por ser independientes del canal de entrega de los datos. Lo anterior brinda al aplicativo canales nuevos de datos y sistemas de servidor nuevos y diferentes.

Servicios de datos

Estos proporcionan el acceso a datos (alojados en los límites del sistema) y a otros sistemas (de servidor). Para este aplicativo los servicios de datos encapsulan reglas de acceso y formatos de datos específicos.

Modelo físico de implementación. Los niveles lógicos anteriormente descritos pueden estar distribuidos físicamente en diferentes equipos para nuestra aplicación.

Nivel de aplicaciones remoto

Este nivel de aplicaciones remoto se implementa para los escenarios de internet en los que el nivel web es independiente de una red perimetral (también denominada DMZ, zona desmilitarizada y sub-red protegida) y está separado de los usuarios finales y del nivel de aplicaciones remoto por servidores de seguridad de filtrado de paquetes (Figura 2).



Figura 2. Nivel de aplicaciones remoto (Meier et al., 2003).

Arquitectura de seguridad

En la Figura 3 se muestra el modelo de niveles de aplicaciones remoto con el conjunto de servicios de seguridad.

Estos servicios los proporcionan principalmente los servicios de *internet information server* (IIS), ASP.NET, la aplicación de servicios empresariales y *SQL Server*. Los canales se protegen con una combinación de *Secure Socket Layer* (SSL) o *IPSec*.

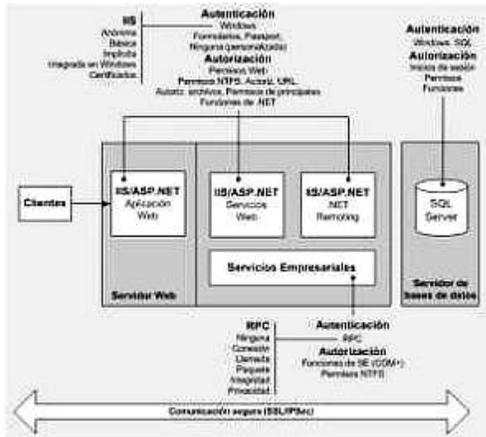


Figura 3. Nivel de aplicaciones remoto (Meier et al., 2003).

Pruebas

Las pruebas de rendimiento se elaboraron sobre una configuración básica de servidor de rendimiento medio, vía LAN arrojando los siguientes resultados (Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4, Tabla 5, Figura 4, Figura 5 y Figura 6).

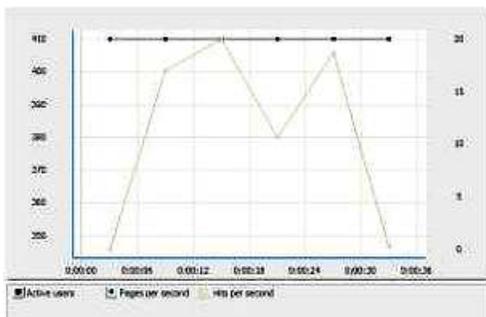


Figura 4. Rendimiento global.

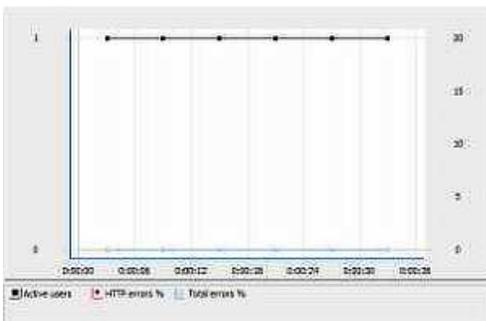


Figura 5. Errores.

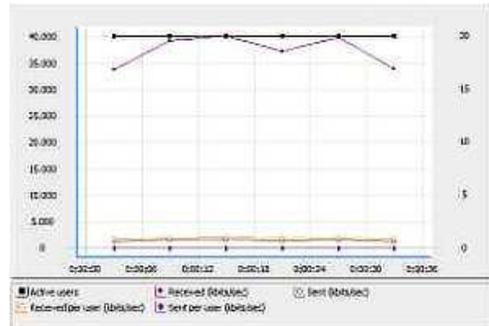


Figura 6. Errores.

Resultados y conclusiones

Se realizó la implementación de un sistema de información basado en la arquitectura de aplicaciones distribuidas en .NET que permite el manejo de la información sobre los procesos contractuales que gestionan las entidades del Estado, sujetas al régimen de contratación establecido en el Estatuto General de Contratación.

Usando el Portal Único de Contratación como marco de referencia para la elaboración del sistema de información se logró identificar las principales necesidades de las entidades públicas frente al manejo de la información estatal, relacionado con el manejo de procesos de contratación, logrando orientar el sistema a solventar estas necesidades.

El sistema de gestión de interventorías para la contratación de la administración pública bajo entorno web se desarrolla bajo una arquitectura de aplicaciones distribuidas de .NET. Ella permite distribuir los diferentes recursos de software de la solución en una WAN o una LAN ofreciendo una mayor disponibilidad de información, escalabilidad del sistema, y mejores tiempos de respuesta.

El hecho de utilizar procedimientos almacenados en bases de datos, brinda mayor seguridad de la información y una mayor disponibilidad del canal.

El sistema de gestión estandariza la información tanto de contratistas como de interventores. Con esto se busca un manejo de información transparente y eficaz, facilitando labores de control de gestión de designación de interventores.

La implementación del sistema, establece una ayuda para los funcionarios de las diferentes entidades estatales como una herramienta que permite hacer un manejo transparente de la información de carácter contractual, incentivando a las entidades a hacer uso de tecnologías de la información para el apoyo de sus procesos.

En la fase de análisis se identifican todas las entidades que intervendrán en el sistema, permitiendo una mejor concepción de los requerimientos y características que se necesitan para el desarrollo de una herramienta sólida.

El implementar interfaces más amigables para el usuario, permite que los funcionarios se familiaricen rápidamente con

Tabla 1
Resumen

Profile	Profiles performed	Profiles with errors	Pages performed	Pages with errors
uno	4.584	0	22.887	0
Total	4.584	0	22.887	0

Hits performed	Hits with errors	Total KBytes sent	Total KBytes received
22.887	0	10.952	280.466
22.887	0	10.952	280.466

Tabla 2
Usuarios activos

Profile	0:00:00- 0:00:10	0:00:10- 0:00:20	0:00:20- 0:00:30	0:00:30- 0:00:40	0:00:40- 0:00:50
uno	20	20	20	20	20
Total	20	20	20	20	20

0:00:50- 0:01:00	Total
20	20
20	20

Tabla 3
Páginas con errores

Profile	0:00:00- 0:00:10	0:00:10- 0:00:20	0:00:20- 0:00:30	0:00:30- 0:00:40	0:00:40- 0:00:50
uno	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	0	0

0:00:50- 0:01:00	Total
0	0
0	0

el portal, logrando un uso recurrente del mismo, a la vez que se facilitan las labores cotidianas.

Referencias

Booch, G., Rumbaugh, J., y Jacobson, I. (2005). *The unified modeling language user guide* (2.ª ed.). Addison-Wesley Professional.

Meier, J. D., Mackman, A., Dunner, M., Vasireddy, S., Escamilla, R., y Murukan, A. (2003). *Improving web ap-*

plication security: Threats and countermeasures. Microsoft Corporation.

Nielsen, J. (2000). *Usabilidad diseño de sitios web* (1.ª ed.). Pearson Education.

Pressman, R. (2010). *Ingeniería del software* (7.ª ed.). McGraw Hill.

Silberschatz, A., y Korth, H. F. (2011). *Fundamentos de bases de datos* (4.ª ed.). McGraw Hill.

Welling, L., y Thomson, L. (2009). *Desarrollo web con php y mysql* (1.ª ed.). Anaya Multimedia.

Tabla 4

Tiempo de respuesta en segundos

Name	Time	0:00:00- 0:00:10	0:00:10- 0:00:20	0:00:20- 0:00:30
uno.page_1: http://192.168.0.4/demo_uno/super_admin.aspx	Min	0,02	0,03	0,03
	Avg	0,06	0,05	0,04
	Avg90	0,22	0,11	0,1
	Max	0,49	0,07	0,08
uno.page_2: http://192.168.0.4/demo_uno/index.aspx	Min	0,02	0,03	0,03
	Avg	0,05	0,05	0,05
	Avg90	0,08	0,06	0,06
	Max	0,21	0,11	0,1
uno.page_3: http://192.168.0.4/demo_uno/index.aspx	Min	0,04	0,04	0,04
	Avg	0,05	0,05	0,05
	Avg90	0,13	0,12	0,12
	Max	0,13	0,08	0,08

Name	Time	0:00:30- 0:00:40	0:00:40- 0:00:50	0:00:50- 0:01:00
uno.page_1: http://192.168.0.4/demo_uno/super_admin.aspx	Min	0,03	0,03	0,04
	Avg	0,05	0,05	0,05
	Avg90	0,11	0,11	0,12
	Max	0,09	0,1	0,09
uno.page_2: http://192.168.0.4/demo_uno/index.aspx	Min	0,02	0,03	0,04
	Avg	0,05	0,05	0,06
	Avg90	0,07	0,06	0,07
	Max	0,13	0,16	0,11
uno.page_3: http://192.168.0.4/demo_uno/index.aspx	Min	0,03	0,03	0,04
	Avg	0,06	0,05	0,06
	Avg90	0,13	0,12	0,14
	Max	0,13	0,11	0,1

Tabla 5

Tiempo de respuesta en segundos

Profile	0:00:00- 0:00:10	0:00:10- 0:00:20	0:00:20- 0:00:30
uno	0	0	0
Total	0	0	0

0:00:30- 0:00:40	0:00:40- 0:00:50	0:00:50- 0:01:00	Total
0	0	0	0
0	0	0	0

Sistema de desarrollo para microcontrolador Atmel orientado a PLC

Development system for Atmel microcontroller oriented towards PLC

Delida Farfán León

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
d.farfan.idi@gmail.com

Fernando Martínez Santa

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
fmartinezs@udistrital.edu.co

Ricardo Pirajan Cantillo (Q.E.P.D.)

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
rpirajan@yahoo.com

Este artículo presenta el diseño y la elaboración de un sistema de desarrollo para microcontrolador Atmel, orientado a Controladores Lógicos Programables, y específicamente aplicado al proyecto de investigación de la Universidad Distrital PLC-UD. El sistema se encarga de generar un código ejecutable para los PLCs, a partir del lenguaje estructurado STL. Se realizó la investigación con el fin de implementar el estudio y la aplicación de la tecnología Atmel en subsiguientes proyectos, como también alcanzar, junto con una serie de trabajos señalados por otros estudiantes, los objetivos generales del proyecto de investigación.

Palabras clave: Atmel, generación de código, microcontrolador, PLC, STL

This paper presents the design and development of a development system for Atmel microcontroller, Programmable Logic Controllers oriented, and applied specifically to the research project of the University District PLC-UD. The system is responsible for generating executable code for PLCs from STL structured language. Research was conducted in order to implement the study and application of Atmel technology in subsequent projects, as achieving, along with a series of works identified by other students, the general objectives of the research project.

Keywords: Atmel, code generation, microcontroller, PLC, STL

Introducción

El proyecto de investigación *Diseño e Implementación del PLC-UD* pretende apropiarse, asimilar y generar el conocimiento necesario para crear una gama de PLCs que tengan especificaciones similares a las tecnologías extranjeras.

A pesar de esto, se pretende generar el beneficio de un menor costo, a fin de ofrecer una alternativa a las pequeñas y medianas empresas interesadas en aumentar y mejorar sus procesos y su capacidad competitiva. Se necesita ahora un software de programación que se adapte a los requerimientos de tal tarea y que fundamentalmente sea de fácil manejo para el alcance de todos los interesados en desarrollarlo.

Se define el lenguaje STL (*Statement List*) como estructura gramatical según los criterios de la norma estándar IEC 61131 (Otto y Hellmann, 2009; Pereira, Lima, y Martins, 2011) que cubre los lenguajes de programación para PLCs (Economakos y Economakos, 2009; Siemens, 2010). Se trata de un lenguaje estructurado de alto nivel con una sintaxis similar a la del PASCAL, el cual con las adecuadas técnicas de compilación generará un lenguaje de máquina para el desarrollo Atmel.

El artículo se estructura de la siguiente forma. La sección 2 presenta la formulación del problema, en particular el lenguaje STL para el PLC-UD. La sección 3 muestra los deta-

Fecha recepción del manuscrito: Mayo 2, 2011

Fecha aceptación del manuscrito: Agosto 10, 2011

Delida Farfán León, Fernando Martínez Santa y Ricardo Pirajan Cantillo, Facultad Tecnológica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Esta investigación fue financiada por: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Correspondencia en relación al artículo debe ser enviada a: Delida Farfán León. Email: d.farfan.idi@gmail.com

lles del proceso de compilación desde los puntos de vista de léxico y sintáctico. La sección 4 detalla el generador de código y el uso de memoria. La sección 5 muestra los detalles de la implementación hardware, y la sección 6 concluye el artículo.

Formulación del problema: Lenguaje STL para el PLC-UD

La estructura general de un programa en STL se presenta en la Figura 1. La coloración del fondo del texto, utilizada en este artículo, facilita su ubicación dentro del proceso de compilación mostrado en la Figura 2.

```

pragma id
...
pragma id (*comentarios*)

uses id, ..... id;

program id;

bloque_de_declaraciones_de_variables
bloque_de_declaraciones_de_constantes
bloque_de_funciones_y_procedimientos

begin
bloque_de_declaraciones_de_variables
bloque_de_declaraciones_de_constantes

listado_de_instrucciones

end .

```

Figura 1. Estructura general de un programa en STL.

Como se puede observar el programa inicia con la directiva *pragma*, la cual se utiliza para dar información al compilador, como la gama del PLC, o el núcleo utilizado; esta directiva es opcional. La instrucción *uses* le indica al compilador que incluya los archivos de cabecera indicados por un identificador asociado. Este se utiliza para incluir librerías de funciones o de módulos del PLC, en caso de incluir más de un archivo, se separan los identificadores con comas. La directriz anterior también es opcional (Vargas y Martínez, 2008).

Se inicia el programa principal con la palabra reservada *program* y un identificador asociado, seguido del símbolo (;). Se procede a declarar las variables, las constantes y por último las funciones o procedimientos. Todos estos bloques de declaraciones son opcionales, pero se debe respetar el orden indicado (Economakos y Economakos, 2009).

Una vez realizadas todas las declaraciones requeridas, se inicia la rutina principal propiamente dicha (cuerpo del programa). Esta comienza por la palabra reservada *begin* y continúa por los bloques de declaración de variables y constantes locales. En este caso, también son opcionales y al igual que en las globales se debe respetar el orden de declaración (las funciones y los procedimientos también poseen estos bloques

Tabla 1
Tipos de datos

Tipo	Identificador	No. De Bits
Booleano	BOOL	1
Entero	INT	16
Entero sin signo	UINT	16
Entero corto	SINT	8
Entero corto sin signo	USINT	8

de declaración). El programa finaliza con la palabra reservada *end*, seguida del símbolo de punto.

Todas las instrucciones en STL finalizan con (;) a menos que se trate de un bloque de instrucciones, el cual empieza por *begin* y finaliza con *end*.

Los tipos de datos definidos son: booleanos (BOOL), enteros, enteros sin signo, enteros cortos, y enteros cortos sin signo (Siemens, 2010), especificados en la Tabla 1.

Se utilizarán los cuatro tipos de operadores: aritméticos, lógicos, de comparación y de asignación. Los aritméticos son aquellos usados en expresiones matemáticas, estos son: +, -, *, /, % y corresponden respectivamente a suma, resta, multiplicación, división y módulo. Los operadores lógicos son: *and*, *or* y *not*, correspondientes a las operaciones lógicas y, ó, y negación. Estos se utilizan únicamente para variables de tipo BOOL, y en la evaluación de condiciones. Los operadores de comparación son: =, <>, <, >, <=, >= y corresponden a: igual, diferente, menor a, mayor a, menor o igual y mayor o igual. Los operadores de comparación se utilizan para relacionar expresiones en las estructuras condicionales. El resultado de las operaciones de comparación siempre es un valor booleano. Finalmente, el operador de asignación :=, encargado de transferir el contenido de una variable o el resultado de la evaluación de una expresión a otra variable (ubicada a la izquierda del operador) (Vargas y Martínez, 2008).

Proceso de compilación

El compilador funciona recibiendo un archivo de entrada, llamado código fuente y generando un archivo de salida llamado código objeto o código máquina. El código fuente es un archivo escrito en lenguaje STL, el código objeto es un archivo escrito en lenguaje ensamblador correspondiente al microcontrolador de Atmel, en este caso de la familia MCS 80C51 (AT89S52) y actuará como núcleo del PLC (Lobov, Popescu, y Lastra, 2006; Sun, Tian, y Dong, 2009).

Dicho proceso de compilación está dividido en varias partes funcionales: los analizadores léxico, sintáctico y semántico, el generador de código y el manejador de errores (Figura 2) (Sousa y Carvalho, 2003; Zhou y Chen, 2009). Para independizar el compilador del procesador utilizado, y con el fin de generar el código para diferentes máquinas, se dividió

la aplicación en dos partes llamadas *compilador* y *generador de código*. El compilador recibe como entrada el archivo STL y genera un archivo de salida en un lenguaje intermedio, este incluye los analizadores léxico, sintáctico y semántico. Por su parte el generador de código recibe como entrada el archivo en lenguaje intermedio y produce el archivo de salida en lenguaje ensamblador (Aho, Lam, Sethi, y Ullman, 2006; Teufel, 1998).

En el compilador, la parte de análisis léxico se encarga de recibir un flujo de caracteres (código fuente) y convertirlo en símbolos fácilmente reconocibles y así simplificar el trabajo de las fases posteriores. También está encargado de retirar del código fuente los comentarios y los caracteres innecesarios. Por su parte, el analizador sintáctico tiene como labor reconocer si las cadenas de símbolos de entrada están correctamente ordenadas en dependencia de la gramática del lenguaje, es decir si el código fuente está escrito correctamente. El analizador semántico se encarga de interpretar las cadenas de entrada y determinar su significado, es decir es la parte del compilador que *traduce* el código fuente; para este caso dicha interpretación se refleja en el código intermedio (Vargas y Martínez, 2008).

Análisis léxico

El proceso de análisis léxico se implementó utilizando una tabla de símbolos, la cual contiene todas las palabras reservadas del lenguaje STL, con algunos otros datos útiles para las siguientes fases de la compilación. También está encargado de eliminar comentarios y caracteres innecesarios tales como tabuladores, espacios y fines de línea, además de dejar todo el archivo de entrada en minúsculas (el lenguaje no es *case sensitive*). Todo esto, con el fin de simplificar el proceso de análisis.

La técnica de análisis consiste en una búsqueda lineal sobre la tabla de símbolos, es decir el archivo de entrada se lee carácter por carácter y se va cargando en un pequeño *buffer*, el cual es comparado con cada uno de los símbolos de la tabla. Para esto se declara un objeto de la clase *Symbol-Chart* y se carga desde un archivo de texto plano con todos los símbolos terminales del lenguaje. A continuación (Tabla 2) se muestra parte de la tabla de símbolos del compilador (Vargas y Martínez, 2008).

Análisis sintáctico

Para esta parte del proceso se utilizó el método de análisis descendente recursivo. Este consiste en segmentar el análisis desde el símbolo inicial descendiendo por las ramas del árbol de análisis sintáctico hasta las hojas (símbolos no terminales) y así decidir si una cadena de entrada pertenece o no al lenguaje definido (Aho et al., 2006).

La técnica de implantación utilizada fue el análisis sintáctico descendente tabular (Figura 3), que es una forma generalizada de análisis descendente. Este tipo de analizador no

Tabla 2
Tabla de símbolos del compilador

1		\$Operator	\$Nothing	1	65535
...	
9		\$Operator	\$Nothing	9	65535
+	ADD	\$Operator	\$Nothing	10	65535
*	MUL	\$Operator	\$Nothing	12	65535
%	MOD	\$Operator	\$Nothing	14	65535
=	EQ	\$Operator	\$Nothing	15	65535
<	LE	\$Operator	\$Nothing	17	65535
>	GE	\$Operator	\$Nothing	18	65535

es dependiente de la sintaxis del lenguaje, es decir no está escrito directamente para un lenguaje en específico, sino que toma la información necesaria para la compilación de una matriz de análisis sintáctico (Teufel, 1998).

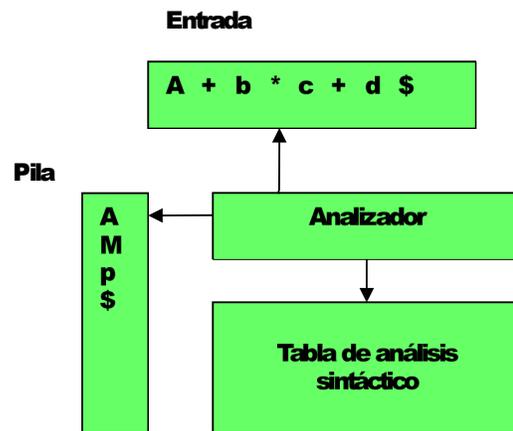


Figura 3. Análisis sintáctico tabular (Vargas y Martínez, 2008).

Para el análisis sintáctico tabular se requiere una memoria temporal (*buffer*) de entrada, una pila para las reducciones, y una tabla de análisis sintáctico. El *buffer* de entrada contiene la cadena a analizar y en la pila se van cargando cada una de las reducciones hechas por cada producción.

La tabla de análisis sintáctico es una matriz bidimensional que asocia el símbolo terminal a reducir, con el símbolo terminal de entrada y contiene la producción correspondiente a cada pareja *Terminal - No_terminal*, tal que el analizador sintáctico tenga solo una posible reducción para cada caso. Esto garantiza que el analizador no caiga en ciclos infinitos de búsqueda o que se tenga que implementar retrocesos dentro del análisis.

Analizador semántico

El análisis semántico se realiza a la par con el análisis sintáctico, asociando acciones semánticas a las producciones de la sintaxis. Esta técnica se denomina traducción dirigida por la sintaxis, por medio de esquemas de traducción.

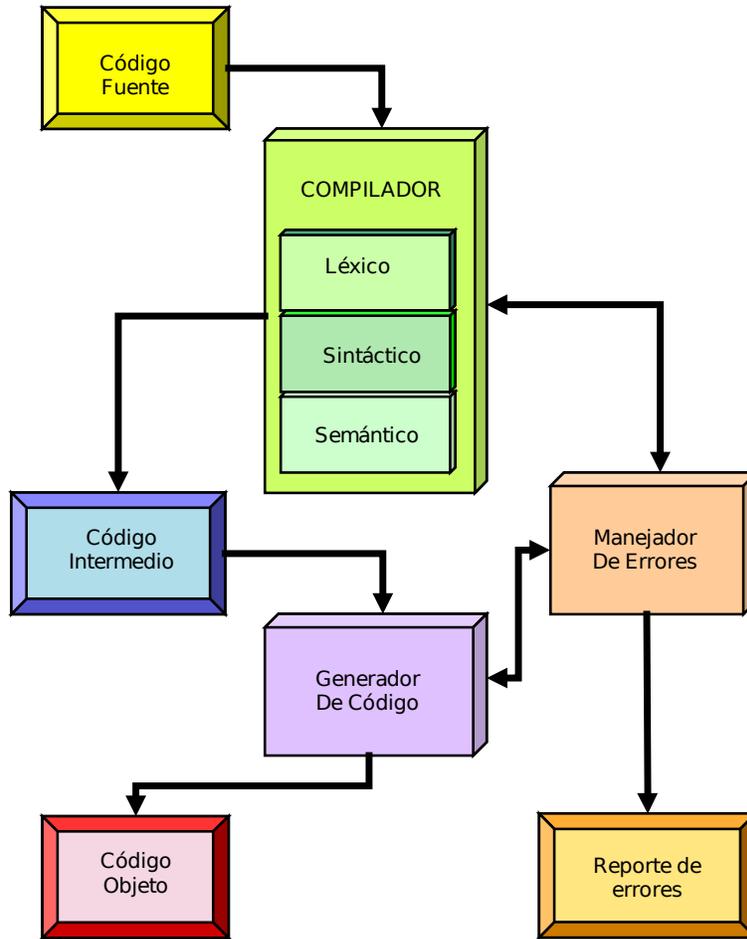


Figura 2. Proceso de compilación (Vargas y Martínez, 2008).

Las acciones semánticas consisten básicamente en el código intermedio asociado a cada producción y algunas operaciones internas, tales como manejo de variables temporales e indicadores. Cuando se produce una reducción de una de las producciones, dicha acción semántica se ejecuta (las acciones semánticas están expresadas como subrutinas).

Durante este proceso se usan variables temporales, para los cálculos de expresiones de más de un operador que en teoría debe ser un vector infinito de variables temporales. Es claro que existen restricciones en cuanto disponibilidad de memoria. Dichas variables temporales se declaran (por el compilador) desde la última posición de memoria de datos utilizada por el usuario y su número depende de la cantidad de operadores de la expresión aritmética más larga presente en el código fuente (Vargas y Martínez, 2008).

Lenguaje intermedio

El lenguaje intermedio PLC-UD se define como un lenguaje de cuádruplos o de tres direcciones, es decir que para cada instrucción o línea de código existirán un máximo de cuatro palabras separadas por espacios. La primera

palabra indica la instrucción u operador, las siguientes son los nombres de las variables que van a ser los operandos 1 y 2 y el último es el nombre de la variable de resultado (Vargas y Martínez, 2008). Por ejemplo: Lenguaje intermedio para el STL PLC-UD

Operador	Op1	Op2	Res
----------	-----	-----	-----

Para realizar de una forma mas fácil los saltos entre líneas de código, se incluye una numeración al inicio de cada línea y termina con dos puntos. Por ejemplo:

No. Línea:	Operador	Op1	Op2	Res
------------	----------	-----	-----	-----

Donde Op1 y Op2 pueden ser constantes, en dicho caso se antepone el símbolo # al valor numérico requerido.

Existen instrucciones de tres, dos, uno y ningún parámetro, dentro de las instrucciones de tres parámetros se encuentran las aritméticas, las de comparación y la mayoría de instrucciones lógicas. Dentro de las instrucciones de dos parámetros se encuentran las de movimiento entre variables, de

corrimientos y rotaciones, de operaciones con bits y de saltos condicionales. Las instrucciones de definición de variables, de salto incondicional y llamada a procedimiento tienen un único parámetro. En el caso de los dos últimos, se trata de una referencia a una línea de programa; y en el de la definición, el nombre de la variable. La instrucción de no operación y la de retorno de procedimiento no reciben parámetros.

A continuación en la Tabla 3 se muestra el listado completo de instrucciones del lenguaje intermedio definido para el STL.

Equivalencias del STL intermedio. Cuando el compilador encuentra expresiones de más de dos operandos, se encargará de reducirlos a expresiones más simples (de máximo dos operandos), utilizando variables temporales (Vargas y Martínez, 2008). Por ejemplo:

```
F7 := (F2 + C) + F1 / F2 * F3;
```

Genera el código intermedio:

```
7: ADD F2 C _I0
8: DIV F1 F2 _I1
9: MUL _I1 F3 _I2
10: ADD _I0 _I2 _I3
11: MOVE _I3 F7
```

Donde __I0, __I1, __I2, __I3 son variables temporales. Esto es también aplicable a las expresiones de comparación.

Para las sentencias se utilizarán los saltos condicionales e incondicionales, así como las instrucciones de comparación. Por ejemplo, el código de la Figura 4 genera el código intermedio de la Figura 5.

```
begin
repeat
begin
if ( F1 = #100 )then F2 := #10;
Q0_0 := true;
end
until ( #0 = #1 );
end .
```

Figura 4. Ejemplo saltos condicionales e incondicionales.

Para la implementación de funciones el compilador debe asignar memoria a las variables usadas como parámetros, hacer una carga de operandos antes de la llamada a la función o procedimiento, después copiar el resultado en la variable de salida (para el caso de las funciones). La variable de salida tendrá el mismo nombre de la función.

Generador de código

La generación de código es la parte del proceso de compilación, en donde se tiene que conocer muy bien las características de la máquina para la cual se tiene que traducir el código intermedio. Para el caso del PLC-UD gama Ce-ro, se planteó generar varias versiones del mismo utilizando

Tabla 3
Lenguaje intermedio

Instrucción	Operador	Código Intermedio
Suma	+	ADD Op1 Op2 Res
Resta	-	SUB Op1 Op2 Res
Multiplicación	*	MUL Op1 Op2 Res
División	/	DIV Op1 Op2 Res
Módulo	%	MOD Op1 Op2 Res
Y	AND	AND Op1 Op2 Res
Ó	OR	OR Op1 Op2 Res
Ó Exclusiva	XOR	XOR Op1 Op2 Res
Mayor que	>	GT Op1 Op2 Res
Menor que	<	LT Op1 Op2 Res
Mayor o igual	>=	GE Op1 Op2 Res
Menor o igual	<=	LE Op1 Op2 Res
Igual	=	EQ Op1 Op2 Res
Diferente	≠	NE Op1 Op2 Res
Carga literal		LIT Res K
Llamado		CALL Line
Movimiento	:=	MOVE Op1 Res
Valor absoluto		ABS Op1 Res
Corrimiento a la izquierda		SHL Op1 Res
Corrimiento a la derecha		SHR Op1 Res
Rotación a la izquierda		ROL Op1 Res
Rotación a la derecha		ROR Op1 Res
Negación	NOT	NOT Op1 Res
Intercambio		EXCH Op1 Res
Intercambio Interno		SWAP Op1 Res
Incremento		INC Op1 Res
Decremento		DEC Op1 Res
Colocar en verdadero		SET Op1 Res
Colocar en falso		CLR Op1 Res
Saltar si verdadero		JPT Op1 Lbl
Saltar si falso		JPF Op1 Lbl
Definición de BOOL		BOOL Name
Definición de SINT		SINT Name
Definición de INT		INT Name
Definición de USINT		USINT Name
Definición de UINT		UINT Name
Salto incondicional	GOTO	JUMP Line
No opere	NOP	NOP
Retorno de procedimiento		RET

```

7: MOVE F1 __IO
8: LIT100 __H
9: EQ __IO __H __BO
10: JPF __BO(14)
11: LIT10 __H
12: MOVE __H F2
13: JUMP (14)
14: SET __BO
15: MOVE __BOQ0_0
16: LIT0 __IO
17: LIT1 __H
18: EQ __IO __H __BO
19: JPF __BO(7)

```

Figura 5. Código intermedio para ejemplo saltos condicionales e incondicionales.

diversas tecnologías, en este caso el procesador es AT89S52 de Atmel. Para futuras implementaciones del PLC-UD utilizando alguna tecnología diferente, sería necesario modificar únicamente el generador de código, esto es precisamente la ventaja que trae la compilación a un código intermedio con respecto a la compilación directa a código de máquina (Vargas y Martínez, 2008).

El generador de código recibe como entrada un archivo de texto escrito en lenguaje intermedio STL PLC-UD. Este generador es de tres pasadas, es decir realiza tres pasos de *lectura-reconocimiento*; el primer paso es el reconocimiento de las variables definidas y su correspondiente asignación de memoria, el segundo es el reconocimiento de las instrucciones ejecutables, y por último la optimización de código. La salida del generador de código es un archivo en lenguaje ensamblador con el código generado para el procesador (con extensión *.asm*), y un reporte de errores en un archivo de extensión *.err* (Vargas y Martínez, 2008).

El reconocimiento de variables reservadas se realiza por medio de una tabla de símbolos (diferente a la tabla de símbolos utilizada en las fases anteriores); la cual se carga desde un archivo externo, a un objeto de tipo *SymbolChart*. Se definió otro objeto de tipo *SymbolChart* para las variables declaradas por el usuario, esta se completa en el paso de asignación de memoria y es utilizada en las otras dos fases de la generación de código. El proceso es similar al análisis léxico nombrado anteriormente (Vargas y Martínez, 2008).

Asignación de memoria

La lectura del código intermedio se hace en forma secuencial, es decir que la asignación se hace en dependencia del orden en que se encuentren definidas las variables. Cuando se encuentra una instrucción de declaración, el generador de código agrega el nombre de la variable pasada como parámetro en la tabla de variables (en la columna de componente léxico) y genera el código correspondiente a dicha declaración. Por ejemplo, la Figura 6 genera el código mostrado en la Figura 7.

```

01: BOOL var1 ("Declaración")
02: BOOL var2
03: BOOL var3
04: BOOL var4
05: BOOL var5
06: BOOL var6
07: SINT A
08: USINT B
09: INT C
10: UINT D
12: BOOL var7
13: BOOL var8
14: BOOL var9

```

Figura 6. Ejemplo declaración de variables.

```

DEFINE var1 02a,0
DEFINE var2 02a,1
DEFINE var3 02a,2
DEFINE var4 02a,3
DEFINE var5 02a,4
DEFINE var6 02a,5
DEFINE A 02f
DEFINE B 030
DEFINE CL 031
DEFINE CH 032
DEFINE DL 033
DEFINE DH 034
DEFINE var7 02a,6
DEFINE var8 02a,7
DEFINE var9 035,0

```

Figura 7. Código para ejemplo declaración de variables.

Obsérvese que para las variables INT y UINT se reserva dos bytes de memoria, que se diferencian por la terminación *H* o *L* para las partes alta y baja respectivamente. Para las variables BOOL se reserva un BIT en específico de un registro, en el ejemplo se muestra que así no se declaren estas variables de forma consecutiva, el generador de código asigna bits consecutivos, hasta que se completan los 8 bits del byte inicial; una vez se acabe el espacio se asigna a la siguiente variable BOOL al primer BIT de la siguiente posición de memoria libre.

Instrucciones ejecutables

Una vez hecha la asignación de memoria y completa la tabla de variables, se procede a hacer la fase de reconocimiento de instrucciones ejecutables. Esta parte de la generación de código se divide en varios pasos: el reconocimiento de la instrucción, la comprobación de tipos, la búsqueda e inclusión del archivo *.asm* asociado, el reemplazo de operandos y la indicación de los errores detectados (Vargas y Martínez, 2008).

Reconocimiento de instrucciones. Al leer el archivo de entrada se busca correspondencia con la tabla de símbolos. En este caso, para facilitar el proceso, se dividió dicha tabla en dos: de símbolos, donde están definidas las palabras reservadas y en la otra se definen las variables a utilizar. Una vez se encuentra relación, se leen los demás parámetros de

la tabla, para comprobar los tipos de los operandos en dependencia del tipo de instrucción; las tablas de símbolos y de variables entregan la información necesaria para dicha comprobación. Una vez conocidas las restricciones de tipos de cada instrucción (por medio de la tabla de símbolos) se procede a comprobar el tipo de cada operando (este es cargado en la tabla de variables, durante el proceso de asignación de memoria).

Búsqueda e inclusión del archivo ASM. Por medio de la información de las tablas de símbolos y de variables acerca de los tipos de los operandos, se busca el archivo *.asm* con la rutina en lenguaje ensamblador correspondiente a la instrucción reconocida. Una vez ubicado el archivo se carga en una memoria temporal, para ser incluido en el archivo de salida. Esta búsqueda se hace necesaria debido a que las rutinas *.asm* están guardadas en archivos de texto independientes y ordenadas en dependencia del tipo de operandos (rutinas de 1, 8 y 16 bits y rutinas para operandos con signo) (Vargas y Martínez, 2008).

Las rutinas en lenguaje ensamblador utilizan variables genéricas (inician con doble carácter `_`), con el fin de que una vez cargadas en la memoria temporal se cambien los nombres de estas por los nombres de los operandos reales. Existen además variables incluidas en el banco de memoria del PLC que se utilizan para propósitos generales, como en la transferencia de registros entre bancos, estas deben ser cargadas con anterioridad con el valor real de los operandos.

Existen instrucciones que requieren llamadas a funciones en lugar de incluir directamente el código, debido a lo extenso de la rutina en sí; este es el caso de las comparaciones de operandos con signo.

En este caso se incluirá el código de la rutina de dicha comparación al final de todo el código generado. Las etiquetas también son genéricas, y serán reemplazadas en el generador de código, por etiquetas reales en dependencia de un contador de saltos interno. En general una vez cargada la rutina *.asm* en la memoria temporal se procede a reemplazar las variables, indicadores de banco y etiquetas genéricas de este, por los nombres reales de las variables. Estos valores reales a su vez se suman al archivo de salida.

Detección de errores por línea. Durante el reconocimiento de instrucciones y la confirmación de tipos de operando, el generador de código detecta los errores de escritura en el código intermedio, estos son: errores de escritura de la instrucción, operandos de tipos inválidos en dependencia del tipo de instrucción, tipos diferentes entre los operadores de una misma instrucción, referencias a variables no declaradas y detección de parámetros innecesarios. Estos errores se registran en un reporte de errores, un archivo con extensión *.err*; en caso de encontrarse alguno el archivo *.asm* se crea vacío (Vargas y Martínez, 2008).

Optimización del código

En este paso del proceso se realiza una pasada por la memoria de salida definitiva antes de guardar el archivo final, con el fin de reducir si es posible el número de líneas de código máquina y ahorrar espacio en la memoria de programa.

En este caso la parte a optimizar del código generado son los saltos entre bancos de memoria de datos. Cuando se realiza cualquier instrucción de más de un operando, se tiene que hacer un salto de banco, para transferir los operandos ubicados en diferentes bancos al banco de memoria donde se encuentra el resultado; en este proceso se pueden presentar saltos consecutivos al mismo banco de memoria. El optimizador de código realiza una lectura secuencial del *buffer* de salida y elimina los saltos de banco innecesarios (Vargas y Martínez, 2008).

Implementación del hardware

Para la programación del microcontrolador Atmel y la verificación del funcionamiento del código generado, es necesario contar con una herramienta que emule funciones propias del PLC-UD gama cero, que cumpla con las especificaciones técnicas y además sea de fácil operación.

Implementamos la programación ISP (*In-System Programming*) utilizando su fácil diseño en estos microcontroladores y demás ventajas propias, entre otras porque funciona con el software gratuito provisto por Atmel. En general, el circuito debe cumplir los siguientes requisitos mínimos (Atmel, 2006).

- Microcontrolador AT89S52 con alimentación (regulada) aplicada, cristal y condensadores asociados conectados (o circuito oscilador externo correctamente conectado y funcionando).
- La interfaz de programación que consiste simplemente en *buffers* para las líneas de señal, teniéndose presente las referencias de los resistores que varía con el circuito integrado utilizado.
- Señales del micro MOSI, MISO, SCK y RESET cableadas al conector previsto para la programación ISP, sin conflictos con posibles conexiones de la aplicación (MOSI, MISO, y SCK utilizadas como entradas/salidas de propósito general: P1.5, P1.6, P1.7) o de *power-on-reset* (RESET).

En la Figura 8 se muestra el esquema de la tarjeta implementada, la cual se basa en un microcontrolador el AT89S52, que se constituye según el grupo de investigación en el PLC de gama cero con microcontrolador Atmel.

Resultados y conclusiones

Éste artículo documenta el diseño e implementación de un sistema de desarrollo para el microcontrolador AT89S52 de Atmel orientado a su uso en un PLC. El trabajo hace parte, se financia y orienta, bajo la coordinación del proyecto

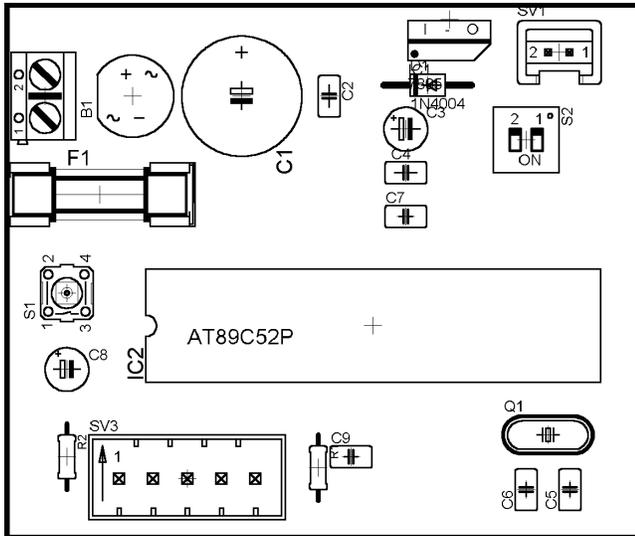


Figura 8. Tarjeta ISP para AT89S52.

de investigación macro *Diseño e Implementación del PLC-UD* de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. En tal sentido, en éste proyecto se logró complementar desarrollos previos, tomando bases del trabajo desarrollado en (Vargas y Martínez, 2008), realizado también para el grupo de investigación. El proyecto da continuidad a esta labor, y a su vez sirve de impulso y orientación para futuras implementaciones en diversos proyectos de investigación.

Como meta destacable a mencionar, se logró, al implementar esta herramienta de compilación a lenguaje de máquina, un progreso fundamental en la exploración de nuevas tecnologías, en particular de Atmel, ya que esta no ha sido muy desarrollada a nivel de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital, y en general en el campo nacional.

Se definió un lenguaje STL, basándose en las normas estándar de la IEC 61131 y teniendo en cuenta los alcances del PLC, y las limitaciones propias del hardware utilizado.

Se proporcionó una herramienta hardware sencilla y funcional, emuladora de funciones propias del PLC-UD gama cero, basada en software provisto por Atmel.

Referencias

- Aho, A., Lam, M., Sethi, R., y Ullman, J. (2006). *Compilers: Principles, techniques, and tools* (2.^a ed.). Addison Wesley.
- Atmel. (2006). *At89isp programmer cable*. On line. (Application Note)
- Economakos, C., y Economakos, G. (2009). An architectural exploration framework for efficient FPGA implementation of PLC programs. En *17th mediterranean conference on control and automation med '09* (p. 1172-1177).
- Lobov, A., Popescu, C., y Lastra, J. L. M. (2006). An algorithm for Siemens STL representation in TNCES. En *Ieee conference on emerging technologies and factory automation etfa* (p. 641-647).
- Otto, A., y Hellmann, K. (2009). IEC 61131: A general overview and emerging trends. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 3(4), 27-31.
- Pereira, A., Lima, C., y Martins, J. F. (2011). The use of IEC 61131-3 to enhance PLC control and Matlab/Simulink process simulations. En *2011 ieee international symposium on industrial electronics (isie)* (p. 1243-1247).
- Siemens. (2010). Statement list (stl) for s7-300 and s7-400 programming [Manual de software informático].
- Sousa, M., y Carvalho, A. (2003). An IEC 61131-3 compiler for the MatPLC. En *Ieee conference emerging technologies and factory automation etfa03* (Vol. 1, p. 485-490).
- Sun, R., Tian, Y., y Dong, Y. (2009). Design and implementation of industrial multi-parameter data acquisition system based on AT89S52. En *Third international symposium on intelligent information technology application workshops iitaw* (p. 169-172).
- Teufel, S. (1998). *Compiladores conceptos fundamentales* (1.^a ed.). Addison Wesley Longman.
- Vargas, D., y Martínez, F. (2008). Diseño e implementación del compilador STL para el PLC-UD. *Visión Electrónica*, 1(1), 8-23.
- Zhou, C., y Chen, H. (2009). Development of a PLC virtual machine orienting IEC 61131-3 standard. En *International conference on measuring technology and mechatronics automation icmtma09* (Vol. 3, p. 374-379).

Sistema bodega de datos para la administración de los indicadores del Sistema de Universidades Estatales (SUE) soportado por un sistema distribuido, para la Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Data warehouse system for managing the indicators of State University System (SUE) supported by a distributed system for the District University Francisco José de Caldas

Jeisson A. Hernández
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
jeissonhernandez@gmail.com

Andrés F. Mora
Avanxo
fmora@avanxo.com

El presente documento describe el proceso de análisis, diseño e implementación de un Sistema Bodega de Datos basado en Inteligencia de Negocios y soportado por un Sistema Distribuido para la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. El sistema fue desarrollado teniendo en cuenta la Metodología *RoadMap* de inteligencia de negocios y la metodología *Top-Down* de sistemas distribuidos; Además de esto, se implementaron herramientas de procesamiento analítico en línea OLAP (*On Line Analytical Processing*), procesos ETL (Extracción, Transformación y Carga) y reportes para realizar el análisis de los indicadores.

Palabras clave: bodega de datos, OLAP, RoadMap, sistemas distribuidos, SUE

This document describes the process of analysis, design and develops of a data warehouse system based on Business Intelligence and supported by a Distributed System for Universidad Distrital Francisco José de Caldas. The system was developed taking into account the RoadMap methodology of business intelligence and Top-Down methodology for distributed systems; addition, tools were implemented online analytical processing OLAP, ETL (Extract, Transform and Load) and reports for analysis of indicators.

Keywords: data warehouse, distributed systems, OLAP, RoadMap, SUE

Introducción

A nivel normativo en Colombia se ha establecido un sistema para evaluar los procesos de gestión de las Universidades Estatales, lo que dio origen al Sistema de Universidades Estatales u Oficiales (SUE). El sistema fue creado por la Ley 30 de 1992 (artículo 81), para elaborar planes periódicos de

desarrollo institucional, considerando las estrategias de planeación regional y nacional. Una de sus posibilidades de acción establece un sistema común de indicadores de gestión (Sistema Universitario Estatal (SUE), 2001). La Universidad Distrital debe reportar año tras año los indicadores establecidos por el SUE, lo cual en la actualidad es una tarea poco eficiente, debido a que la Universidad no tiene su información centralizada, ni sistematizada.

Como solución, en el presente documento se plasma el proceso de diseño e implementación del *Sistema Bodega de Datos para la administración de los indicadores del Sistema de Universidades Estatales (SUE)*, soportado por un sistema distribuido, para la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Como productos finales presentará reportes y vistas de análisis que responderán a los requerimientos realizados por algunos de los indicadores planteados por el SUE. El Sistema Bodega de datos no dio respuesta a la totalidad de los indicadores del SUE debido a que parte de la información solicitada no existe en la Universidad. Por otro lado, la in-

Fecha recepción del manuscrito: Agosto 30, 2011
Fecha aceptación del manuscrito: Octubre 30, 2011

Jeisson A. Hernández, Facultad Tecnológica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas; Andrés F. Mora, Avanxo.

Esta investigación fue financiada por: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Correspondencia en relación al artículo debe ser enviada a: Andrés F. Mora. Email: andresmora20@gmail.com

formación existente está en un nivel bajo de sistematización y solo algunas dependencias brindaron acceso limitado a su información (por políticas de seguridad de las mismas dependencias) por medio físico o magnético y vistas a las bases de datos de sus sistemas de información.

A nivel técnico, se tratan temas como la inteligencia de negocios (Cano, 2007), la arquitectura de inteligencia de negocios, bodegas de datos, OLAP, ETL. Dichos sistemas se caracterizan por estar distribuidos con sus respectivas ventajas, desventajas y propiedades. Para finalizar, en la parte conceptual de indicadores, se mostrará su definición, clasificación y sistemas de indicadores enfatizando en el Sistema Universitario Estatal SUE.

El Sistema Bodega de Datos fue construido, para su contenido en Inteligencia de Negocios, sobre la metodología *RoadMap* (la cual consiste en llevar el proyecto a través de las seis fases de un proyecto de ingeniería, cumpliendo con 16 pasos principales) y para la implementación del sistema distribuido la metodología *Top-Down*. El desarrollo de las anteriores metodologías se presentará a lo largo del documento.

Metodología

Teniendo en cuenta que todos los proyectos de ingeniería deben atravesar seis fases entre la creación y la implementación, siendo iterativo el proceso, que a su vez es mejorado por la retroalimentación, el proyecto sistema bodega de datos no se aleja de esta premisa (Kimball y Ross, 2002). Por tal razón, se decidió que para el desarrollo del proyecto se combinaran dos metodologías, dada la complejidad del mismo. La primera hace referencia a la construcción del sistema bodega de datos y se basa en la Metodología *RoadMap*. Para el sistema distribuido, se utilizará la metodología *Top-Down*.

La metodología *RoadMap* consiste en llevar el proyecto de BI (*Business Intelligence*) por diferentes etapas que garanticen la expansión del mismo. Está envuelta en las seis etapas comunes de un proyecto de ingeniería, y con 16 pasos para su desarrollo. Las etapas son mostradas en la Figura 1. La numeración indicada en ésta figura es explicada en la Tabla 1.

La metodología *Top-Down* consiste en fijar unos criterios y especificaciones iniciales del proyecto en un nivel jerárquico superior. Estas especificaciones de nivel superior son sucesivamente transferidas de un modo hereditario a todas las partes del proyecto de los niveles inferiores (Aleixos, Patalano, Contero, Company, y Vila, 2001). La metodología está compuesta por seis fases, cada una con actividades específicas por desarrollar. La integración de las dos metodologías a utilizar para el desarrollo del proyecto es mostrada en la Tabla 1.

Tabla 1
Integración de metodologías

FASE	METODOLOGÍA	ACTIVIDADES
PLANIFICACIÓN	ROADMAP INTELIGENCIA NEGOCIOS DE	1) Evaluación del Caso de Negocio
	TOPDOWN SISTEMA DISTRIBUIDO	- No aplica
JUSTIFICACIÓN	ROADMAP INTELIGENCIA NEGOCIOS DE	2) Infraestructura de la Empresa. 3) Planeación del Proyecto
	TOPDOWN SISTEMA DISTRIBUIDO	- Análisis de las metas y restricciones. - Análisis de los objetivos técnicos
ANÁLISIS	ROADMAP INTELIGENCIA NEGOCIOS DE	4) Definición de Requerimientos. 5) Análisis de Datos. 6) Prototipo de Aplicación. 7) Análisis del repositorio de Metadato
	TOPDOWN SISTEMA DISTRIBUIDO	- Caracterización de la red existente. - Análisis de la red actual - Análisis para la construcción de Clúster en Linux
DISEÑO	ROADMAP INTELIGENCIA NEGOCIOS DE	8) Diseño de la Base de Datos 9) Diseño de la ETL. 10) Diseño del Repositorio de Metadatos
	TOPDOWN SISTEMA DISTRIBUIDO	- Diseño de la topología de red - Selección y configuración del sistema operativo - Selección del tipo de Clúster o Middleware - Modelo de nombres y direccionamiento - Diseño de políticas de seguridad
CONSTRUCCIÓN	ROADMAP INTELIGENCIA NEGOCIOS DE	11) Desarrollo de la ETL, 12) Desarrollo de la Aplicación, 13) Minería de Datos, 14) Desarrollo del Repositorio de Metadatos
	TOPDOWN SISTEMA DISTRIBUIDO	- Instalación y configuración de sistemas operativos - Configuración de servicios y protocolos de red - Instalación y configuración de servidores de aplicaciones - Instalación y configuración de motores de bases de datos - Implementación de políticas de seguridad
DESPLIEGUE	ROADMAP INTELIGENCIA NEGOCIOS DE	15) Implementación 16) Pruebas
	TOPDOWN SISTEMA DISTRIBUIDO	- Ejecutar pruebas de Stress simulando un ambiente de n^* usuarios concurrentes para determinar el rendimiento del clúster - Realizar pruebas de tolerancia a fallos y caídas del sistema - Comparar los resultados de rendimiento tomados antes y después de realizado el proyecto y realizar conclusiones técnicas y de desempeño.
GESTIÓN	ROADMAP INTELIGENCIA NEGOCIOS DE	- No Aplica
	TOPDOWN SISTEMA DISTRIBUIDO	- Monitoreo del diseño de red - Documentación del diseño de red

Resultados

El principal resultado fue la implementación del Sistema Bodega de Datos, en el cual a nivel de inteligencia de negocios tenemos los listados:

- Cuatro fuentes de datos distintas analizadas y extraídas (Sistema de Información Cónдор, Sistema de Información SICIUD, Base de datos Oficina de Docencia, Base de datos Oficina Autoevaluación y Acreditación de Calidad).
- Cuatro *Datamarts* implementados (*Datamart* de Estudiantes, Docencia, Investigaciones y Proyectos Curriculares).

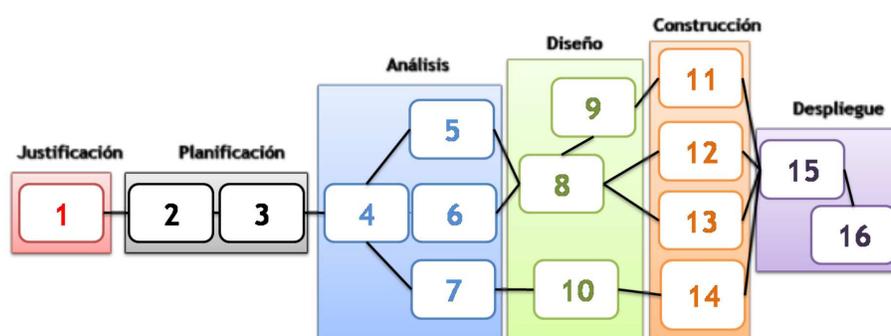


Figura 1. Business Intelligence RoadMap (Moss y Atre, 2003).

- Seis Cubos OLAP diseñados e implementados.
- 29 ETL diseñadas e implementadas.
- Seis *Jobs* de Cargas.
- Seis Vistas de análisis desplegadas y en funcionamiento.
- 37 Reportes diseñados e implementados sobre el Sistema Bodega de Datos SUE discriminados de la siguiente manera: Proyectos Curriculares tres, Grupos y Semilleros de Investigación ocho, Proyectos de Investigación cinco, Estudiantes siete, Docencia nueve, Producción de los docentes cinco.

Otro resultado importante que se debe mencionar es el porcentaje de cubrimiento de los indicadores SUE, reportado a través de la Bodega de Datos. De los 38 indicadores planteados por el SUE, la bodega de datos da respuesta a 24, lo cual significa un cubrimiento del 60,5 % el cual es muy alto teniendo en cuenta las restricciones de acceso a la información o la inexistencia de la información para dar respuesta a algunos de los indicadores.

Por otro lado, en cuanto al sistema distribuido y de acuerdo a la implementación y pruebas de *Stress* realizadas para evaluar el rendimiento, se realizó la comparación entre el sistema bodega de datos soportado por un sistema distribuido y por un sistema centralizado. Como resultado de la comparación a nivel de rendimiento, el Sistema Distribuido, comparado con el Sistema Centralizado a nivel de uso de CPU, tiene un mejor rendimiento, cercano al 50 % en la reducción de uso de CPU. A nivel de uso de memoria RAM, el Sistema Distribuido presenta una mejora de rendimiento visible en una ganancia superior a 250 MB de uso de memoria en su nodo con consumo más alto, comparado con el consumo de memoria del Sistema Centralizado.

En cuanto a la tasa de recepción, el Sistema Centralizado genera cerca de un 26 % más de tráfico sobre la red que el Sistema Distribuido, debido a que gracias a su balanceador de carga asigna las peticiones de los usuarios a los nodos que estén disponibles. Es por esto que en los nodos la tasa de recepción disminuye significativamente debido a las funciones del balanceador.

En lo referente a la tasa de transmisión, el comportamiento del Sistema Distribuido, como del Sistema Centralizado, no difieren significativamente. Cabe destacar que el Sistema Distribuido, según las pruebas de *Stress* realizadas, genera un tráfico mayor a nivel de transmisión debido a que los nodos están continuamente enviando mensajes del estado de los mismos al balanceador.

Dado que una de las características de los sistemas distribuidos es la compartición de recursos (Coulouris, Dollimore, Kindberg, y Blair, 2011), el Sistema Bodega de Datos SUE aplica esta característica en la compartición de almacenamiento en disco duro para los *datamarts*.

Para determinar la vida útil del Sistema Bodega de Datos SUE a nivel de almacenamiento en disco de los *datamarts*, se realizó una proyección que definió en cuántos años se excedería la capacidad de almacenamiento de un disco duro de 150 GB, si todos los *datamarts* se almacenaran en un solo servidor y si cada *datamart* tuviera su propio servidor. Para esto se calculó el tamaño en GB por año de cada *datamart*, dando cuenta de una tolerancia del 10 % sobre el tamaño actual de los mismos.

De acuerdo con los datos analizados, si se realizan cargas diarias y almacenan todos los *datamarts* en un solo servidor de bases de datos que posea una capacidad de almacenamiento en disco de 150 GB, se excedería su capacidad en 7.3 años. Así, el Sistema Bodega de Datos no es óptimo ni funcional, debido a que un sistema bodega de datos cualquiera debe por lo menos garantizar el almacenamiento de sus datos en 10 años. Por el contrario, si se implementa un servidor de bases de datos por cada *datamart*, para un total de cuatro servidores, la vida útil del sistema se ve abundantemente superada. Como ejemplo se toma el *datamart* de investigaciones, cuyo peso es de 3,52 GB por año, el cual tendría una vida útil a nivel de almacenamiento de 42,61 años.

Conclusiones

Los diferentes Sistemas de Información usados en la actualidad, se implementan para dar cubrimiento a requerimientos específicos de las organizaciones y sólo se centran

en realizar o resolver ciertos procesos operativos. Esto ocasiona que se tenga una ventaja competitiva en ciertos campos pero no se encuentran integradas con las demás Sistemas de Información para ofrecer una solución integrada.

A partir de lo anterior, se tomó como base el modelo de indicadores del SUE que se analizó, lo que permitió ubicar las fuentes de información y establecer los alcances y las limitaciones y modelo de indicadores a implementar en el Sistema Bodega de Datos SUE. Una vez determinados los elementos anteriormente mencionados, se estableció la estructura o arquitectura que mejor se acoplaba a las necesidades de la institución. Dicha acción consistió en realizar una arquitectura basada en *datamarts* independientes a nivel de inteligencia de negocios porque permite la inclusión, de forma flexible, de nuevos departamentos o áreas de negocio, sin afectar el funcionamiento ni diseño de los demás. Por otro lado, es más fácil implementar la escalabilidad del Sistema Bodega de Datos SUE mediante esta arquitectura y como la institución se encuentra en una etapa de sistematización de sus procesos, este tipo de arquitectura da la flexibilidad necesaria para la inclusión de estos nuevos procesos.

Como producto final se implementó el Sistema Bodega de Datos SUE, el cual como se evidencia en los resultados mostrados, es capaz de capturar la información desde las fuentes identificadas, procesa y limpia los datos, para luego generar las vistas de análisis y los reportes que dan respuesta a los indicadores que plantea el SUE. Todo enmarcado dentro de las limitaciones y alcances definidos.

El Sistema Bodega de Datos SUE es un sistema muy robusto, lo que hace que requiera una infraestructura tecnológica y de comunicaciones que la soporte. Para evidenciar y seleccionar qué tipo de infraestructura tecnológica a usar, se realizó un modelo de rendimiento mediante la aplicación de pruebas de *Stress* a la solución planteada, la cual fue implementada sobre un sistema centralizado. Los resultados del modelo determinaron que en un sistema centralizado el consumo de recursos computacionales (uso de CPU, memoria RAM y tráfico de red) por parte del Sistema Bodega de Datos, eran muy altos y requería un sistema distribuido que redujera el uso de estos recursos, ofreciera alta disponibilidad y tolerara fallos hacia los usuarios finales.

Se implementó un sistema distribuido mediante un clúster

con balanceador de cargas el cual reparte las solicitudes de usuarios entre los nodos del clúster mejorando el rendimiento, reduciendo el uso de recursos y generando menor tráfico de red. Ello se traduce para los usuarios en un sistema más estable, mucho más disponible y con mejores tiempos de respuesta, como fue en la sección de resultados.

Sumado a lo anterior a nivel del Sistema Distribuido y en concordancia con los datos, así se realizaran cargas diarias y almacenaran todos los *datamarts* en un solo servidor de bases de datos, el cual posea una capacidad de almacenamiento en disco de 150 GB, se excedería su capacidad en 7.3 años, lo cual para el Sistema Bodega de Datos no es óptimo ni funcional. Esto se debe a que un sistema bodega de datos cualquiera debe por lo menos garantizar el almacenamiento de sus datos de por lo menos 10 años. Por el contrario, si se implementa un servidor de bases de datos por cada *datamart*, para un total de cuatro servidores, la vida útil del sistema será abundantemente superada. Como ejemplo se toma el *datamart* de investigaciones, cuyo peso es de 3,52 GB por año, el cual tendría una vida útil a nivel de almacenamiento de 42,61 años.

Referencias

- Aleixos, N., Patalano, S., Contero, M., Company, P., y Vila, C. (2001). Metodología top-down para la modelación CAD avanzada: desarrollo del modelo paramétrico asociativo de un radiador de automóvil. En *Xiii congreso internacional de ingeniería* (p. 1-6).
- Cano, J. (2007). *Business intelligence: Competir con información* (1.ª ed.). Banesto Fundación Cultural.
- Coulouris, G., Dollimore, J., Kindberg, T., y Blair, G. (2011). *Distributed systems: Concepts and design* (5.ª ed.). Addison Wesley.
- Kimball, R., y Ross, M. (2002). *The data warehouse toolkit: The complete guide to dimensional modeling* (2.ª ed.). Wiley.
- Moss, L., y Atre, S. (2003). *Business intelligence roadmap: The complete project lifecycle for decision-support applications* (1.ª ed.). Addison-Wesley Professional.
- Sistema Universitario Estatal (SUE). (2001). *Indicadores de gestión para las universidades públicas*. On line.

Rectificador de alimentación monofásica con corrección activa de factor de potencia para alimentación de sistemas UPS

Single phase rectifier with active power factor correction for power UPS systems

Leandro Niño Niño
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
cachorro78@gmail.com

Deivid A. Castro
Proing S.A.
dcastro@gmail.com

El artículo presenta el diseño, desarrollo, implementación y prueba en laboratorio de un circuito rectificador de alimentación monofásica, concebido para la alimentación de potencia eléctrica de sistemas UPS de hasta 5 kW (potencia de diseño), con la característica particular de contar con un esquema de reducción de contenido armónico en la señal de corriente de entrada. El prototipo se dotó con un microcontrolador PIC12F675 de Microchip como unidad central de control, se diseñó el circuito de potencia para trabajar en modo discontinuo y se implementó un esquema de control por histéresis comparando la corriente de entrada con una señal de referencia sinusoidal.

Palabras clave: factor de potencia, histéresis, modo discontinuo, rectificador monofásico, UPS

The paper presents the design, development, implementation and testing of a laboratory single-phase power rectifier circuit, designed for electrical power supply UPS systems up to 5 kW (by design), with the particular feature of having a scheme to reduce the harmonic content in input current signal. The prototype was equipped with a Microchip PIC12F675 microcontroller as the central control unit, the power circuit was designed to work in discontinuous mode and a hysteresis control scheme is implemented by comparing the current input with a sinusoidal reference signal.

Keywords: discontinuous mode, hysteresis, power factor, single-phase rectifier, UPS

Introducción

En la actualidad, es posible observar que el desarrollo tecnológico de la industria electrónica se está encaminado a la obtención de la máxima eficiencia y rendimiento, lo cual se refleja en la búsqueda de una mayor velocidad de conmutación y de un menor tamaño de empaque desde el punto de vista de los dispositivos, y un aumento de la eficiencia ener-

gética desde el punto de vista del sistema. Otro fenómeno observado, es que la mayor parte de las cargas conectadas a la red son de origen electrónico, las cuales utilizan, en media y baja potencia, una fuente de alimentación monofásica convencional. Esta clase de aparatos trabajan normalmente con un bajo factor de potencia (FP) y una alta distorsión armónica, dándole un uso inadecuado a la energía eléctrica (flujo de corrientes armónicas que no aportan potencia útil).

Debido al FP tan bajo al que trabajan estos equipos, las pérdidas de energía son muy altas y la distorsión armónica generada es transmitida a la línea de alimentación, lo cual causa fallas de funcionamiento en equipos muy sensibles, entre otros problemas documentados en la bibliografía técnica (Demoulias, Goutzamanis, y Gouramanis, 2007; Nicholson, Gosbell, y Parsotam, 2007).

Teniendo en cuenta las condiciones presentadas, éste proyecto propone ideas para solucionar este tipo de problemas, línea de trabajo que viene desarrollando el grupo de investigación ARMOS (Arquitecturas Modernas para Sistemas de Alimentación), el cual cobija el planteamiento de éste pro-

Fecha recepción del manuscrito: Mayo 4, 2011

Fecha aceptación del manuscrito: Agosto 10, 2011

Leandro Niño Niño, Facultad Tecnológica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas; Deivid A. Castro, Proing S.A.

Esta investigación fue financiada por: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Correspondencia en relación al artículo debe ser enviada a: Deivid A. Castro. Email: dcastro@gmail.com

yecto presentado desde su semillero de investigación SIE-POT (Semillero de Investigación en Electrónica de Potencia).

En particular, se considera la condición presentada por ciertos equipos para el acondicionamiento de la energía eléctrica UPS (Siglas en inglés para *Uninterruptible Power Supply*, Sistema de Alimentación Ininterrumpida, denotada en español algunas veces como SAI, es un sistema electrónico que gracias a un banco de baterías puede proporcionar energía eléctrica tras un apagón a todos los dispositivos que tenga conectados) que se han masificado en el mercado nacional en los últimos años (Chand y Chawla, 2002; Skok, Skok, y Vrkic, 2004; Solter, 2002). Muchos de estos equipos son producidos nacionalmente, compitiendo con una gran proporción que es importada a través de distribuidores especializados. Este mercado de las UPS se puede caracterizar en rangos de potencia: los de alimentación monofásica y bifásica (potencias de 8 kVA máximo), y los de alimentación trifásica (potencias superiores a los 8 kVA). En ambos casos, se requiere un circuito rectificador de alimentación, cuyo principal objetivo luego de entregar el voltaje requerido regulado, es dar condiciones óptimas para el uso de la red de alimentación desde el punto de vista de factor de potencia y distorsión armónica, condición que no cumplen los diseños nacionales.

En la mayoría de los países industrializados se procesa la energía eléctrica con convertidores electrónicos de potencia, los cuales tienen como función adaptar las condiciones del suministro, elevar el aprovechamiento de la energía y a su vez optimizar el rendimiento del equipo. La estructura variable que caracteriza a los convertidores electrónicos de potencia ha exigido fuertes desarrollos de los esquemas de control, explorando con mucho éxito el uso de dispositivos micro controlados (He y Nelms, 2004; Jinghai et al., 2001; Martínez S. y Gómez M., 2007; Miliani, Depernet, y Kauffmann, 2005; Qian y Dong-Lai, 2008). Este tipo de tendencias también se han detectado en las nuevas propuestas de control en convertidores monofásicos de media potencia.

Este proyecto pretende desarrollar un sistema de rectificación monofásica para alimentación de sistemas UPS con corrección activa de factor de potencia, con una potencia nominal de 5 [kW], el diseño es evaluado satisfactoriamente por simulación y sobre un prototipo de laboratorio de 300 [W]. Además, se desarrolló circuito de control micro controlado auto-prottegido que garantiza una salida estable y conforme con los requerimientos de los equipos a los que les suministra alimentación.

Adicionalmente, durante la ejecución del proyecto se analiza y plantea una solución de control viable y económica para el caso de alimentación de un convertidor Boost monofásico AC/DC, mostrado en la Figura 1, esquema clásico de alimentación utilizado hoy en día en sistemas UPS de potencias inferiores a los 8 [kW]. Este tipo de esquemas se

plantean de esta forma ya que buscan anular el efecto de los armónicos presentes en el sistema eléctrico normalizado.

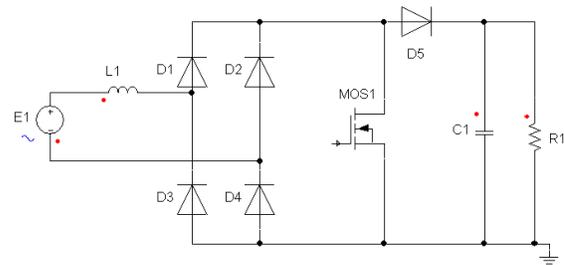


Figura 1. Topología del convertidor elevador Boost.

En equipos similares sin acondicionamiento de contenido armónico, es normal identificar factores de potencia cercanos a 0.5 y niveles de distorsión armónica del 40 % mínimo. La hipótesis inicial del proyecto planteaba la posibilidad de llegar a factores de potencia cercanos a la unidad y distorsiones máximas del 20 %.

Las especificaciones preliminares del diseño se tomaron de forma muy similar a las vistas en los diferentes tipos de equipos en el mercado internacional. Sin embargo, a medida que el desarrollo del proyecto se aproximaba al diseño final, estas especificaciones se fueron adaptando al prototipo real desarrollado, conservando siempre los criterios generales de diseño definidos en los objetivos.

El diseño del circuito plantea dos ideas innovadoras: por un lado el hecho de trabajar el choque de entrada en la zona de inductancia crítica (Pit-Leong, Lee, Peng, y Kaiwei, 2002), idea que permitió reducir el consumo de potencia en la entrada y aumentar la eficiencia del sistema (además de sugerir el esquema de control); y segundo, implementar un esquema de control por comparación con histéresis de la corriente de entrada con una referencia (da S Vilela et al., 2003), gracias a la velocidad de respuesta de la corriente discontinua de entrada, lo que permitió aprovechar las ventajas de velocidad y sencillez general del esquema de control.

Pese a que el nivel de corriente esperado para el diseño del convertidor de 5 kW impedía la conexión en los laboratorios del Proyecto Curricular, tal como se planteó en los objetivos, se desarrolló completamente su especificación y diseño, evaluándose su operación por simulación en computador. A fin cumplir en cierta medida el compromiso del prototipo, se optó con construir un equivalente escalado en potencia que si pudiera ser conectado y evaluado en laboratorio, y que siguiera de forma exacta los mismos criterios de diseño. Los resultados sobre este prototipo y sobre la simulación a 5 kW se extrapolaron para inferir el comportamiento del diseño objetivo.

El prototipo desarrollado quedará a disposición de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica, Tecnología en Electricidad, con la intención de servir de insumo a futuras evoluciones de la investigación.

Formulación del problema

Operación básica de una UPS

Equipos de computación de alto rendimiento, son utilizados formando una sociedad orientada hacia la tecnología. Sin embargo, estos equipos de procesamiento de datos, al igual que cualquier otro equipo electrónico, son vulnerables a los trastornos de la red eléctrica, y una falla inesperada en el suministro eléctrico o caída de tensión pueden destruir información valiosa. Para proteger los datos de los problemas de la red de suministro, es común la instalación de una UPS para estabilizar el flujo de energía de los equipos de computo. Recientemente, la demanda de UPS de baja capacidad, compacta, de alto rendimiento y bajo costo está aumentando incidentalmente a la disminución en el tamaño y la sofisticación en el funcionamiento de equipos de procesamiento de datos.

El circuito de potencia de entrada para equipos electrónicos, como es el caso de las UPS, es por lo general compuesto de un condensador de entrada seguido de un circuito rectificador. Dado éste tipo de circuito con comportamiento no lineal, la entrada de corriente resultante termina presentando muchas componentes armónicas de bajo orden.

Independiente de las condiciones de entrada, una UPS debe producir una salida de voltaje alterno de muy baja distorsión. El valor de distorsión armónica sobre el voltaje de salida de una UPS se convierte para ella en una importante medida de rendimiento.

La entrada de corriente de la UPS idealmente debe ser controlada para mantener una forma de onda sinusoidal por medio de un rectificador conmutable, a fin de obtener una corriente de alta calidad, libre de exceso de las corrientes armónicas de la red eléctrica. La distorsión de la forma de onda del voltaje de salida de la UPS es suprimida a un bajo nivel por medio de un inversor PWM (modulación por ancho de pulso, técnica de regulación en convertidores electrónicos de potencia en la cual la relación de ganancia se ajusta variando el ancho de pulso de una señal binaria normalmente periódica). El rectificador conmutable con voltaje de entrada AC, debe suministrar un voltaje estable DC, realizar una carga flotante de la batería y, al mismo tiempo, suministrar energía al inversor PWM. En caso de producirse un fallo de energía AC de la fuente de entrada, el rectificador conmutable es desconectado, y se realiza el suministro de energía desde la batería al inversor.

El inversor con control por PWM convierte energía DC suministrada desde el rectificador o un banco de baterías a energía AC con voltaje y frecuencia constante. La fuente de alimentación AC se suministra a través de un transformador aislado hacia la carga. La conmutación de transferencia o *bypass* está diseñada de tal forma que el circuito inversor normalmente se encienda para suministrar energía desde el inversor a la carga.

En operación normal, el voltaje de entrada AC (monofásico o trifásico dependiendo de la potencia manejada por el circuito) es convertido en un voltaje regulado estable a través de un rectificador conmutable de alta frecuencia, y su potencia DC es alimentada al inversor PWM a fin de generar la señal alterna ideal para las cargas sensibles (Figura 2).

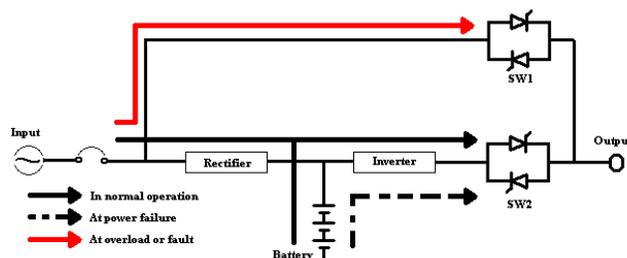


Figura 2. Diagrama de bloques de una UPS.

Factor de potencia

En la transmisión de potencia eléctrica, siempre se busca la manera más eficiente de trasladar la energía desde la fuente hasta la carga, reduciendo al máximo las pérdidas ocasionadas por la parte reactiva del sistema, a este factor se le llama factor de potencia, y su función es medir la eficacia de transmisión de energía en un sistema cualquiera. Su rango varía entre cero (0) y uno (1), siendo cero el valor más pequeño en donde las pérdidas son cuantiosas, y uno como el valor que representa un sistema netamente resistivo o que transfiere la potencia activa de la mejor manera posible. El factor de potencia se define matemáticamente así:

$$PF = \frac{\text{Potencia Activa}}{\text{Potencia Aparente}} = \frac{P}{S} \quad (1)$$

Con un voltaje (inicialmente de cualquier tipo, aunque el de interés es el sinusoidal) aplicado a una carga estática resistiva (ideal), las señales de voltaje aplicado y corriente producida tienen la misma forma de onda, y en caso de tratarse de un voltaje periódico estaría en fase. Bajo tales condiciones se tendría un *PF* unitario.

Sin embargo, si el voltaje es sinusoidal, y la carga es dinámica (como por ejemplo, una bobina), empiezan a producirse desfases angulares entre las señales de voltaje y corriente que hacen que la relación dada por la ecuación 1 sea inferior a la unidad, y que aparezcan componentes adicionales de potencia denominadas potencias reactivas (*Q*).

Si adicionalmente se piensa que el voltaje se aplica a un componente no lineal (es decir, que la corriente que circula ya no tiene la misma forma de onda del voltaje), entonces se tendrá el flujo de corrientes adicionales o armónicas con su correspondiente valor de potencia, potencia de distorsión (*D*), que también contribuye a reducir el valor del *PF*.

Por lo tanto, la ecuación 1 se puede re-escribir como:

$$PF = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}} \quad (2)$$

Con lo que el tradicional triángulo de potencia se asemeja más a una pirámide (Figura 3).

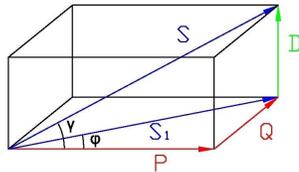


Figura 3. Triángulo de potencias.

Metodología

Perfil y especificaciones

El criterio clave del diseño del circuito rectificador elevador, está en la idea novedosa de trabajar el circuito en modo discontinuo, o por lo menos muy cerca de esta zona, como estrategia para el aumento de la eficiencia del circuito, y para el manejo de la corriente de entrada en busca de reducir el contenido armónico. En operación discontinua, la corriente en el choque cae rápidamente a cero, lo que reduce su valor promedio (eficiencia) y permite manejar una envolvente con la forma de onda deseada (corrección de factor de potencia). Es claro que esta estrategia de diseño genera sobre la corriente un ruido de alta frecuencia, pero por su característica bien puede ser reducido con un pequeño filtro capacitivo en la entrada.

De acuerdo con lo planteado en el perfil de diseño se generaron las siguientes especificaciones nominales del circuito propuesto:

- El rectificador tendrá una salida de tensión nominal de 400 V DC.
- La tensión nominal de la fuente AC de entrada será de 120 V RMS, con un rango operativo de $\pm 30\%$.
- La carga nominal resistiva será de 32Ω .
- La frecuencia de conmutación será de 25 kHz. Este valor es ideal teniendo en cuenta la frecuencia de operación del control dentro del microcontrolador. Solo se tomara en cuenta para hacer los cálculos de los componentes del sistema, ya que el control de la planta se hará por histéresis y no existirá una frecuencia de conmutación como tal.
- Los componentes del circuito de potencia serán los especificados en el capítulo anterior, mismos que respetan los criterios del convertidor, del esquema de control propuesto, y las características de la unidad de control a utilizar.

Diseño del circuito a 5 kW

Circuito de potencia. La Figura 4 muestra el detalle del circuito de potencia diseñado para la rectificación con poten-

cia de salida de 5 kW. En él se recogen los resultados de, por un lado la selección gruesa de componentes desarrollada por cálculos teóricos y soportada en textos, artículos y notas de aplicación de fabricantes. Por otro lado, un ajuste fino de los valores más sensibles mediante variación paramétrica y simulación.

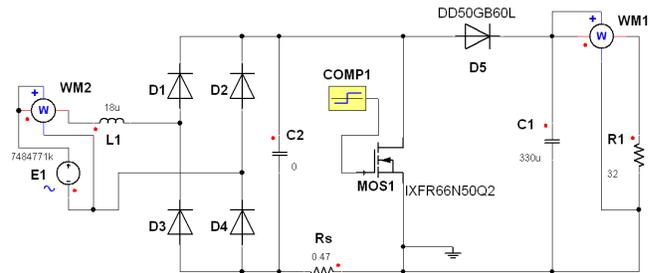


Figura 4. Circuito de potencia del rectificador de 5 kW.

Para las simulaciones, se optó por utilizar el software Simpler Explorer dada la facilidad para mezclar, modelos de circuitos con bloques de control, y la posibilidad de implementar modelos simplificados de los semiconductores, lo cual redujo considerablemente los tiempos totales de simulación. La estrategia de control se implementó sobre la estructura de un comparador de señales (más adelante se detalla la estrategia de control utilizada y su implementación real), pero se configuró de tal forma que operara a la misma velocidad y con la misma resolución que la unidad de control utilizada (un microcontrolador PIC12F675 de Microchip de ocho bits con cristal interno de 4 MHz). La Tabla 1 muestra los resultados de éste análisis.

Esquema de control. La estrategia de control se basa en la continua comparación de la corriente de entrada (voltaje sobre la resistencia sensora) contra un valor de corriente de referencia construido a partir de la potencia de salida y la forma de onda deseada (onda seno en fase con el voltaje de línea).

La forma de onda fue memorizada dentro de la memoria ROM del microcontrolador. Sin embargo, ésta opción requería conocer con exactitud los instantes de cruce por cero para sincronizar la señal. Así, el microcontrolador implementa un simple circuito detector de cruce por cero basado en sus comparadores internos. La señal de voltaje de línea (realmente el secundario de un pequeño transformador aislado) se reduce a niveles seguros para el microcontrolador a través de un divisor resistivo, cuyo valor se determina asegurando sobre el microcontrolador un voltaje máximo de 2.5 V, y un flujo de corriente del orden de los miliamperios.

Los voltajes de neutro y proporcional de línea se alimentan para su comparación en los pines 7 (GP0/AN0) y 6 (GP1/AN1) del microcontrolador respectivamente, obteniéndose en el pin 5 (GP2/AN2) una señal de 5 V cada vez que el voltaje en el pin 6 (V_a) sea inferior al voltaje en el pin 7 (V_N), obteniéndose una señal digital en alto en cada semi-ciclo de

Tabla 1

Análisis paramétrico para sintonización fina de componentes

Inductancia choque	Capacidad C_0	THD corriente entrada	Eficiencia
40 μH	400 μF	12.94 %	84.61 %
45 μH	500 μF	11.61 %	83.40 %
35 μH	200 μF	11.40 %	86.72 %
50 μH	180 μF	12.31 %	87.92 %
30 μH	180 μF	11.79 %	85.83 %
30 μH	360 μF	12.79 %	84.36 %
50 μH	200 μF	10.75 %	88.06 %
20 μH	330 μF	17.38 %	80.68 %
25 μH	360 μF	22.32 %	81.15 %

red. Esta señal es alimentada nuevamente al microcontrolador a la interrupción externa (MCLR) a fin de sincronizar la operación del comparador de corriente Voltaje de entrada AC (Figura 5).

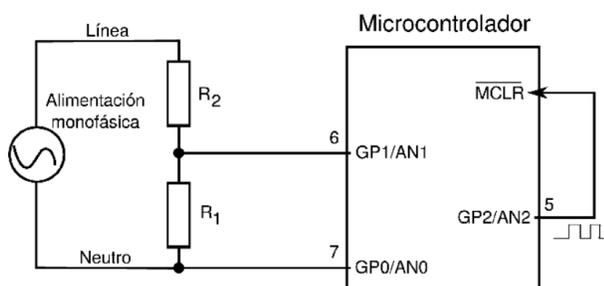


Figura 5. Sincronización de la operación del comparador.

De forma similar, se da la posibilidad a la unidad de control de leer el voltaje de salida escalando su valor con otro divisor resistivo (R_1 y R_2 en la Figura 6), cuyo valor se determina de igual forma.

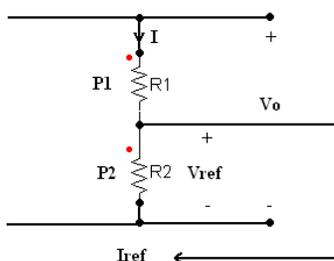


Figura 6. Divisor de tensión para la lectura del voltaje DC de salida.

Para la lectura de la corriente de entrada I_L , se instala en la parte inferior del circuito una resistencia sensora R_S de bajo valor, a través de la cual circule la corriente total del circuito y produzca sobre ella una caída de tensión proporcional a la corriente, que se puede acondicionar y entregar para su lectura al microcontrolador (Figura 7).

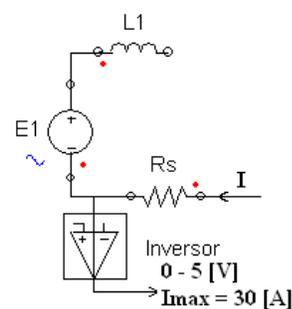


Figura 7. Lectura de la corriente de entrada del convertidor.

El voltaje sobre esta resistencia sensora es invertido en polaridad utilizando un amplificador operacional (LM324), y luego leído por el convertidor A/D del microcontrolador, digitalizado a ocho bits para facilitar la comparación con los datos en memoria.

La idea general del control se basa en la comparación de la corriente de entrada (registrada a través de la resistencia sensora) contra una corriente de referencia construida por el microcontrolador. En la memoria ROM del microcontrolador se programa una forma de onda seno, que es ajustada en amplitud de acuerdo al nivel de potencia a transferir a la carga, y el cual es calculado de acuerdo al voltaje de salida. Si la referencia se encuentra por encima de la corriente de entrada, el microcontrolador automáticamente dispara el transistor de potencia para aumentar el nivel de corriente. Si por el contrario, la referencia se encuentra por debajo de la corriente de entrada, el microcontrolador apaga el transistor a fin de que la energía del convertidor se reduzca y por tanto la corriente de entrada. Este esquema permite el control directo de la potencia de entrada ya que controla directamente la corriente de entrada, y facilitó la incorporación por software de una protección de sobre-corriente.

En la Figura 8 se muestra el diagrama de flujo del programa desarrollado y programado en la memoria del microcontrolador.

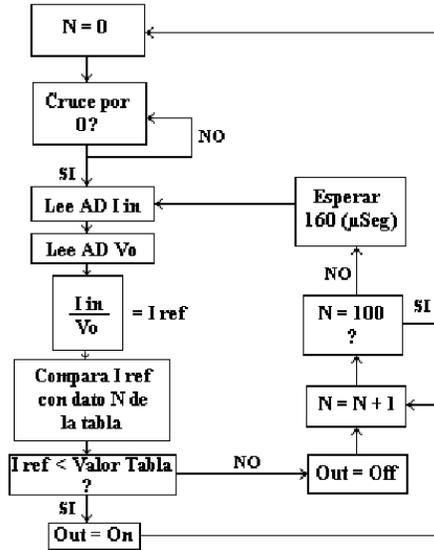


Figura 8. Diagrama de flujo del sistema de control.

Resultados

Simulación y análisis de desempeño

A continuación se presentan los resultados obtenidos por simulación para el diseño del rectificador de 5 kW operando a plena carga (Figura 9, Figura 10, Figura 11, Figura 12 y Figura 13).

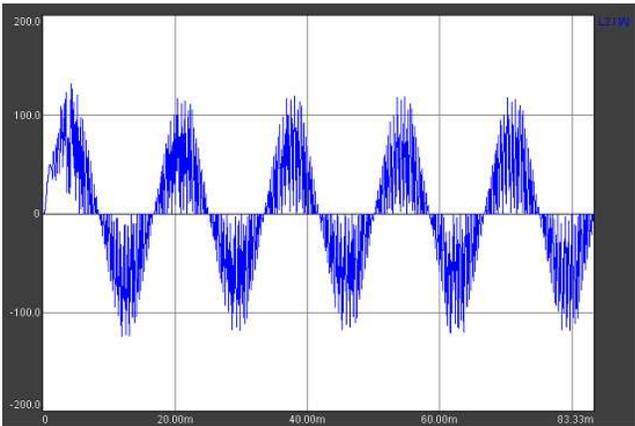


Figura 9. Corriente de entrada en el choque [A].

A primera vista, los resultados por simulación parecen validar el circuito de potencia, su diseño, y la estrategia de control. El circuito es capaz de alimentar la potencia nominal con una eficiencia medida promedio del 82.2 % y una distorsión armónica sobre la corriente de entrada del 16.3 %. Es de anotar que este tipo de configuraciones no se recomiendan en la literatura dada su baja eficiencia a niveles de potencia por encima de los 500 W, con lo cual una eficiencia superior al 80 % se considera un gran logro. Aún así, estos son resulta-

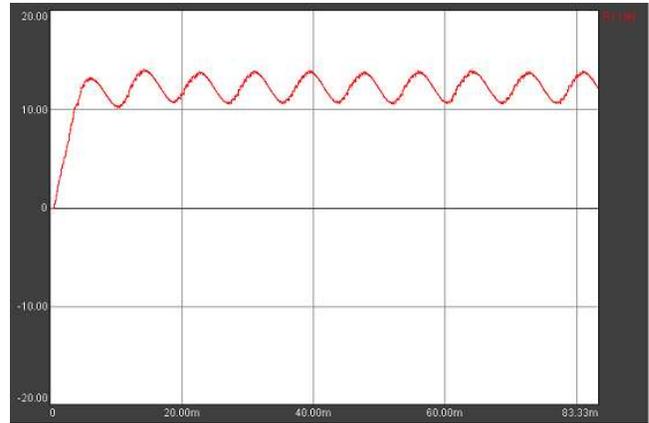


Figura 10. Corriente de salida en la carga resistiva [A].

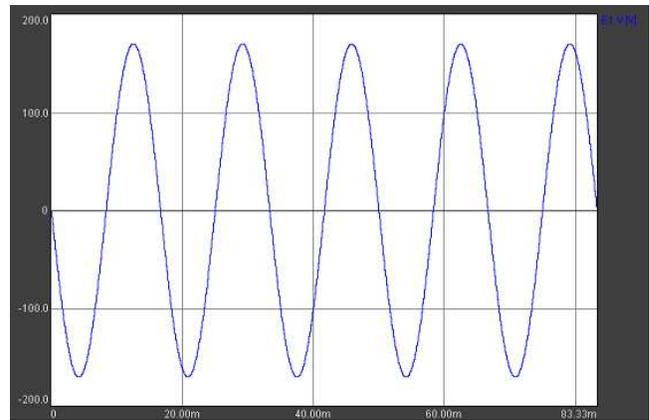


Figura 11. Voltaje de entrada AC [V].

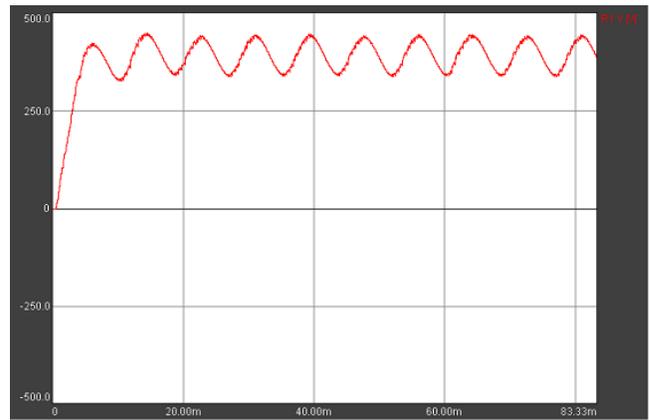


Figura 12. Voltaje de salida en la carga resistiva [V].

dos por simulación, los cuales deben ser contrastados con un prototipo de laboratorio.

Prototipo de laboratorio

Dada la imposibilidad de evaluar de forma segura el diseño previo a 5 kW, se optó en construir una planta equivalente

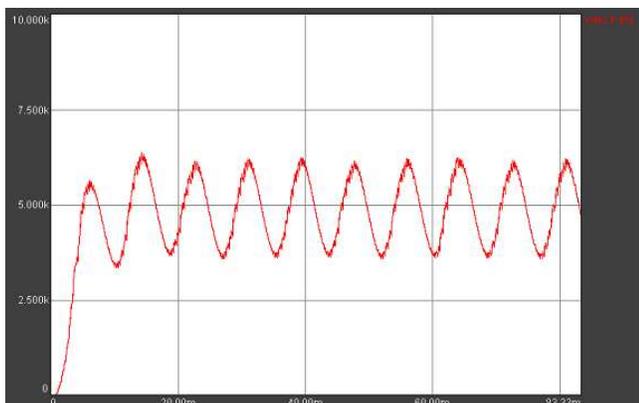


Figura 13. Potencia de salida en la carga resistiva [W].

en todas sus características al diseño antes desarrollado, pero escalada en potencia. Se hace la aclaración de que la reducción en capacidad se encuentra solo en el circuito de potencia, ya que el circuito de control es idéntico en ambos casos (de hecho, se puede ajustar para cualquier nivel de potencia hasta los 5 kW).

El perfil definido para este prototipo escalado en potencia es el siguiente:

- Potencia nominal de salida de 300 W (seleccionada para garantizar operación segura del banco del laboratorio).
- El rectificador tendrá una salida de tensión nominal de 250 V DC.
- La tensión nominal de la fuente AC de entrada será de 90 V RMS, con un rango operativo de $\pm 30\%$.
- La carga nominal resistiva será de 208 Ω .
- La frecuencia de conmutación será de 25 kHz. Este valor es ideal teniendo en cuenta la frecuencia de operación del control dentro del microcontrolador. Solo se tomará en cuenta para hacer los cálculos de los componentes del sistema, ya que el control de la planta se hará por histéresis y no existirá una frecuencia de conmutación como tal.
- Los componentes del circuito de potencia se calcularon siguiendo los mismos criterios y expresiones algebraicas utilizadas para el diseño del circuito de 5 kW, mismos que respetan los criterios del convertidor, del esquema de control propuesto, y las características de la unidad de control a utilizar.
- En la Figura 14 se puede observar el diseño final y selección de componentes del circuito a 300 W.

Como se mencionó antes, el circuito de control para el rectificador de 300 W es exactamente igual al circuito de control del rectificador de 5 kW. En la Figura 15 se puede apreciar el diseño esquemático de la tarjeta de control incluyendo la unidad central de captura y procesamiento (microcontrolador), acondicionamiento del sensor de la corriente de entrada (amplificador operacional) y *driver* para disparo del MOSFET.

En la Figura 16 se presenta el diseño del circuito impreso

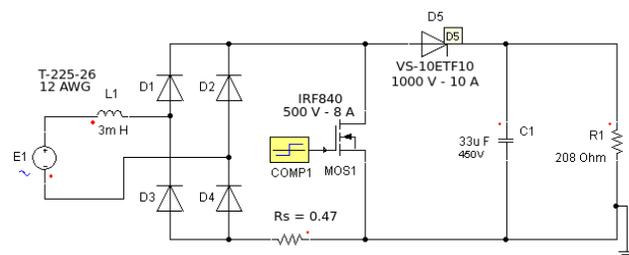


Figura 14. Circuito de potencia rectificador a 300 W.

(cara de cobre) de esta tarjeta de control. El prototipo de laboratorio se presenta en las Figura 17, Figura 18 y Figura 19.

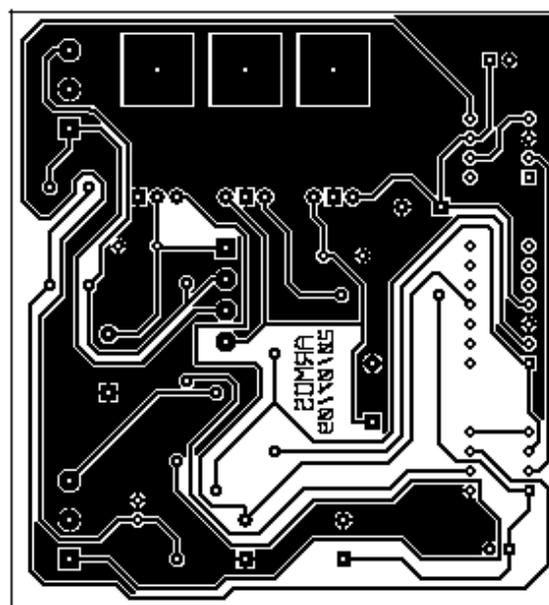


Figura 16. Diseño del PCB de la tarjeta de control.

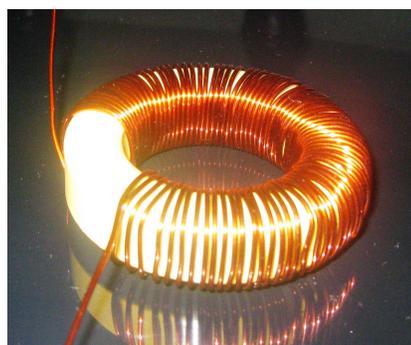


Figura 17. Choque de entrada del convertidor.

Análisis de desempeño

A continuación se presentan los resultados obtenidos por simulación y validación en laboratorio del diseño del rectifi-

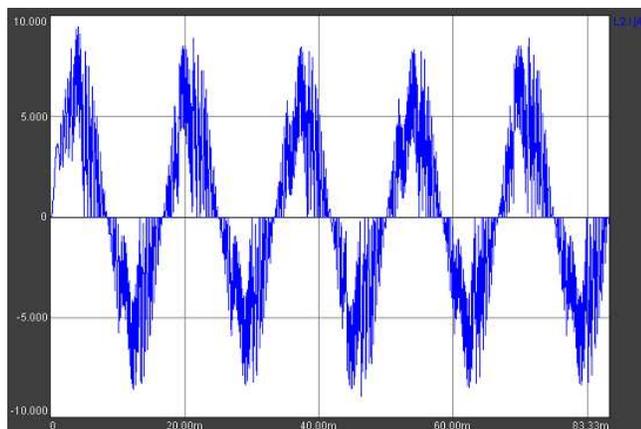


Figura 20. Simulación corriente de entrada en el choque [A].

La Figura 21 presenta, en la parte inferior, la corriente de entrada medida sobre el prototipo de laboratorio de 300 W (la curva superior pertenece al voltaje de alimentación alterna). Como se observa, existe una gran similitud de forma de onda entre corriente real, sin embargo, la distorsión armónica medida en el circuito real si fue sensiblemente mayor, de 21.2 % (Figura 22), esto debido a las condiciones reales del circuito.

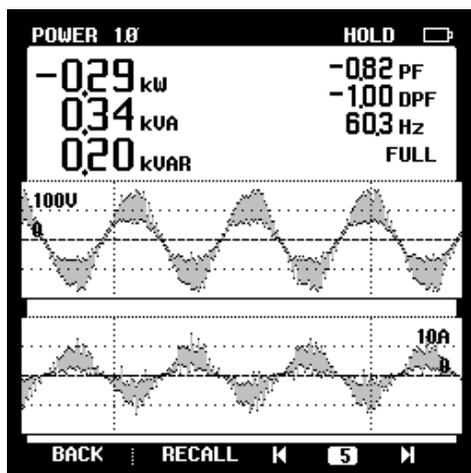


Figura 21. Corriente de entrada medida en el choque.

Como conclusión de estas últimas figuras, es posible inferir el comportamiento del circuito real a 5 kW y pensar que las formas de onda obtenidas son muy similares a las arrojadas por la simulación, teniendo en cuenta algún nivel de reducción en eficiencia y algún aumento de contenido armónico consecuencia de las condiciones reales del circuito.

Conclusiones

El desarrollo de éste trabajo de investigación exigió una gran investigación inicial, y el aprendizaje y manejo de gran cantidad de herramientas desconocidas para los autores. Pese

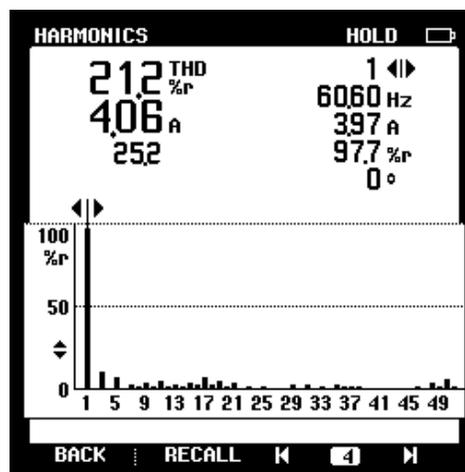


Figura 22. Contenido armónico (THD) medido en la corriente de entrada.

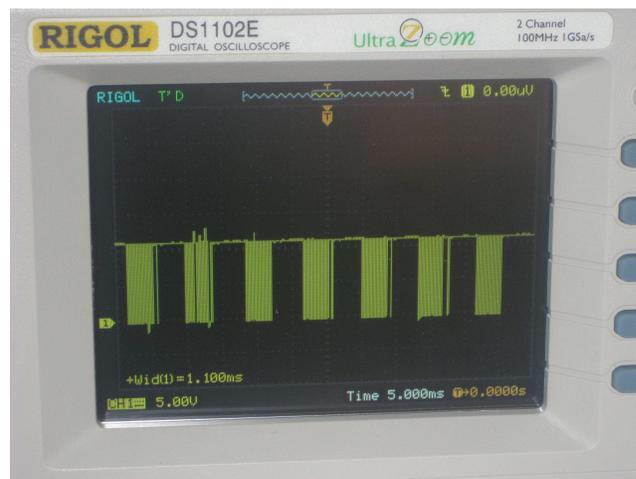


Figura 23. Comportamiento de la señal de control sobre el MOSFET.

a que se poseían conocimientos básicos de diseño de circuitos electrónicos, se desconocía completamente el diseño real de un equipo electrónico de potencia y su puesta a punto en laboratorio.

Se logró demostrar la hipótesis inicial respecto al diseño del convertidor, concretamente del choque de entrada, operando en modo discontinuo con la idea de reducir el consumo de corriente y aumentar la eficiencia del circuito. Esta reducción se debió a la disminución de la corriente promedio en el lazo de entrada, lo que ocasionó una reducción en las pérdidas en éste lazo con la ventaja adicional de permitir eliminar el sobre-pico de corriente en el arranque con un control adecuado (rápido y correctamente sintonizado).

La segunda hipótesis relacionada con la reducción de contenido armónico en la corriente de entrada al controlar el comportamiento promedio de la corriente discontinua de en-

trada también se logró validar. En este caso, el control por comparación con una señal de referencia permitió una respuesta rápida y una implementación simple sobre un microcontrolador de muy bajo costo.

No se construyó el prototipo del rectificador monofásico a la potencia proyectada inicialmente (5 kW) dadas las exigencias en cuanto al consumo de corriente que este circuito imponía (corriente nominal esperada de 50 A en estado estacionario, frente a los 8 A que puede entregar el banco del laboratorio de forma segura). En su lugar, y con la idea de validar el diseño, se construyó un prototipo de 300 W siguiendo los mismos principios de diseño, y se realizaron simulaciones tanto al circuito de 300 W como al circuito objetivo de 5 kW. Finalmente, se proyectaron los resultados obtenidos a fin de determinar el desempeño del circuito de 5 kW.

En cuanto al valor final del condensador de salida, por resultados obtenidos en simulaciones realizadas con anterioridad y con el fin de mejorar el funcionamiento del circuito, se decidió utilizar un capacitor de menor valor al encontrado por medio de los cálculos teóricos. Por tal motivo, se aproximó a un valor mucho menor y que tuviera valor comercial, además de las condiciones de voltaje requeridas. Se seleccionó así el 380LX330M500H012-ND de 33 μF .

Referencias

- Chand, S., y Chawla, K. (2002). Emc evaluation and analysis of ups. En *International conference on electromagnetic interference and compatibility* (p. 37-42).
- da S Vilela, M., Vilela, J. A., Jr de Freitas, L. C., Coelho, E. A. A., Vieira, J. B., y JR de Farias, V. J. (2003). Proposal of a hysteresis control technique with almost constant frequency applied to the three phase boost converter. En *2003 IEEE International Symposium on Industrial Electronics ISIE 03* (Vol. 2, p. 980-987).
- Demoulias, C., Goutzamanis, D., y Gouramanis, K. (2007). Voltage harmonic distortion at buses feeding office loads. En *Ieee lausanne power tech* (p. 1546-1551).
- He, D., y Nelms, R. M. (2004). Average current-mode control for a boost converter using an 8-bit microcontroller. En *2004 IEEE International Symposium on Industrial Electronics* (Vol. 2, p. 1185-1190).
- Jinghai, Z., Zhengyu, L., Zhengyu, L., Yuancheng, R., Zhao-ming, Q., y Yousheng, W. (2001). Novel sampling algorithm for DSP controlled 2 kw PFC converter. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 16(2), 217-222.
- Martínez S., F. H., y Gómez M, D. F. (2007). Fuzzy logic controller for boost converter with active power factor correction. En *7th international conference on power electronics icpe 07* (p. 936-940).
- Miliani, E. H., Depernet, D., y Kauffmann, J. M. (2005). New control strategy and its DSP implementation for a naturally commutated matrix converter in a variable speed constant frequency generating system. En *2005 European conference on power electronics and applications* (p. 10).
- Nicholson, G., Gosbell, V., y Parsotam, A. (2007). Analysis of harmonic distortion levels on a distribution network. En *Universities power engineering conference aupec 2007* (p. 1-7).
- Pit-Leong, W., Lee, F. C., Peng, X., y Kaiwei, Y. (2002). Critical inductance in voltage regulator modules. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 17(4), 485-492.
- Qian, W., y Dong-Lai, Z. (2008). All digital DC/DC converters on FPGA. En *2008 international conference on intelligent computation technology and automation icicta* (Vol. 2, p. 11-15).
- Skok, S., Skok, M., y Vrkic, N. (2004). Electrical performance test procedure for uninterruptible power supplies. En *2004 IEEE International Conference on Industrial Technology Icit04* (Vol. 2, p. 667-671).
- Solter, W. (2002). A new international ups classification by IEC 62040-3. En *24th annual international telecommunications energy conference intelec* (p. 541-545).

Sistema de procesamiento distribuido como soporte al módulo de búsqueda sobre repositorios de objetos virtuales de aprendizaje para la plataforma de E-Learning dotLRN

Distributed processing system as support to the search module on virtual repositories of learning objects for E-Learning platform dotLRN

Jorge L. Bacca
Universitat de Girona
jorge.bacca@udg.edu

Adriana Noguera Rojas
Ernst & Young
a.noguera10@uniandes.edu.co

Silvia M. Baldiris
Universitat de Girona
baldiris@silver.udg.edu

Juan C. Guevara
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
jcguevarab@udistrital.edu.co

Ramón Fabregat Gesa
Universitat de Girona
ramon.fabregat@udg.edu

Este artículo describe un módulo meta-buscador sobre diversos repositorios de objetos virtuales de aprendizaje (Merlot, Connexions y Fedora Commons) denominado LORSE (Learning Object Repositories Searcher) que se integra a la plataforma de e-Learning dotLRN para que los estudiantes y profesores puedan buscar recursos educativos en los repositorios mencionados sin necesidad de salir de la plataforma dotLRN. Los repositorios de recursos educativos son una fuente fundamental en los procesos de e-learning por su alto contenido de material diseñado para la educación en diversas áreas del conocimiento y que está disponible para su consulta. LORSE está compuesto por un sistema multi-agente donde los agentes se encargan de las tareas de búsqueda sobre los repositorios de recursos educativos y al mismo tiempo distribuyen la carga de procesamiento del sistema.

Palabras clave: dotLRN, e-learning, meta-buscador, multiagente, repositorios educativos

This paper describes a meta-searcher module over some educational repositories: Merlot, Connexions and Fedora Commons, called LORSE (Learning Object Repositories Searcher) that is integrated to dotLRN so that teachers and students can search educational resources in these repositories without going outside the e-learning platform dotLRN. The educational resources repositories are a key source in the e-learning process because of their high content of material designed for education in diverse knowledge domains. LORSE consist of a multi-agent system, where the agents perform the searching tasks of educational resources in the learning object repositories and the processing distribution in the system.

Keywords: dotLRN, e-learning, educational repositories, meta-search engine, multiagent

Introducción

Los repositorios de objetos de aprendizaje almacenan recursos educativos sobre diversos temas. Estos repositorios están distribuidos en la web y algunos de ellos almacenan cada objeto de aprendizaje con un estándar específico de etiquetado (estructura del metadato). El repositorio

Merlot (Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching) (Suter y Cremer, 2011) almacena aproximadamente 28.044 recursos de aprendizaje y tiene cerca de 94.563 miembros que de manera colaborativa agregan recursos educativos incrementando de esta manera el número de objetos de aprendizaje disponibles. Por otro lado, Connexions (Thierstein, 2011) es un repositorio creado para

compartir recursos educativos los cuales están organizados en módulos y en cursos, éstos últimos son llamados colecciones. Estos recursos son publicados bajo la licencia Creative Commons y una de las más importantes ideas acerca del repositorio Connexions es que nuestro cerebro no es lineal, nosotros aprendemos haciendo conexiones entre nuevos conceptos y nuevas cosas que podemos conocer a nuestro alrededor (Thierstein, 2011), en nuestro entorno. El tercer repositorio es Fedora Commons (Branan, 2011), el cual permite administrar contenido digital en forma de objetos de datos. Cada objeto de datos tiene componentes que permiten almacenar metadatos sobre un recurso específico.

El hecho de que estos repositorios se encuentren aislados en la red, es decir, que sean independientes completamente el uno del otro, implica que las búsquedas que se deseen realizar sobre fuentes especializadas en objetos y recursos de aprendizaje no obtendrán resultados específicamente sobre estos repositorios sino sobre toda la web. Esto dificulta la extracción de lo que se necesita en la búsqueda y además requiere dedicar un mayor tiempo para realizar el filtrado de los resultados. Estas búsquedas no son llevadas a cabo en buscadores especializados sino en buscadores generales como por ejemplo google, Yahoo, etc.

Ahora bien, una vez localizados los recursos disponibles, su organización resulta compleja. En este sentido en el meta-buscador LORSE ha implementado un mecanismo de almacenamiento de aquellos recursos encontrados a través de las búsquedas que el usuario considere relevantes para ser almacenados en su cuenta particular sobre la plataforma dotLRN (Greenspun, 2011). Los repositorios disponibles manejan diferentes mecanismos de búsqueda y estándares de etiquetado, y debido a esto se debe contemplar la posibilidad de tener varios mecanismos de búsqueda sobre los diferentes repositorios disponibles.

El repositorio MERLOT (Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching) (Suter y Cremer,

2011) no solo almacena recursos de aprendizaje sino que tiene un conjunto de actividades en forma de proyectos, documentos o trabajos los cuales pueden ser parte de un curso y los cuales pueden ser relacionados a un objeto de aprendizaje individual o pueden ser relacionados con cualquier otro recurso de aprendizaje. En este repositorio los recursos de aprendizaje son clasificados en categorías y algunas de estas categorías son animaciones, herramientas de evaluación, caso estudios, colecciones, cursos en línea, simulaciones, material de referencia y tutoriales.

El repositorio Connexions almacena material educativo organizado en módulos los cuales integran los cursos. De acuerdo con el equipo de desarrollo del repositorio, Connexions es un ambiente colaborativo para desarrollar, intercambiar y publicar cualquier tipo de contenido educativo (Thierstein, 2011). Algunos de las características más importantes del repositorio Connexions son:

- Los contenidos educativos están almacenados en formato XML lo que permite que sean compartidos entre diferentes plataformas y proporciona un alto grado de interoperabilidad.
- El contenido es publicado bajo la licencia Creative Commons para permitirle a los autores compartir el conocimiento.
- Los autores tienen la posibilidad de estar en contacto con otros para mejorar la interacción colaborativa.

Por otro lado, el repositorio de contenidos digitales Fedora Commons almacena contenido educativo que es manejado como objetos, donde cada uno de estos objetos tiene un flujo de datos que representa el contenido de los metadatos asociados.

La plataforma propuesta en este trabajo fue desarrollada con un sistema multiagente (Gómez, Garijo, y Pavón, 2002) donde, con el fin de obtener un conjunto de resultados acerca de un término específico, cada agente está especializado en buscar sobre uno de los repositorios mencionados anteriormente de acuerdo a sus preferencias individuales en cuanto a mecanismos de búsqueda y modos de etiquetado de los objetos o recursos almacenados en cada uno. Estos agentes deben recuperar los resultados de la búsqueda y procesarlos para entregarlos a la interfaz que mostrará al usuario estos resultados. Por este motivo se requiere de un procesamiento, por cada búsqueda y por cada agente, en el mismo servidor. En este sentido, se ha planteado la posibilidad de implementar un sistema de procesamiento distribuido con el uso de servidores periféricos donde los agentes gracias a su característica de movilidad, se pueden desplazar y ejecutar sus tareas, De esta manera se libera al servidor principal de algunos procesos.

Metodología

La metodología seleccionada para el desarrollo del módulo de búsqueda corresponde a la integración de tres metodo-

Fecha recepción del manuscrito: Mayo 24, 2011

Fecha aceptación del manuscrito: Agosto 10, 2011

Jorge L. Bacca, Silvia M. Baldiris y Ramón Fabregat Gesa, Universitat de Girona; Adriana Noguera Rojas, Ernst & Young; Juan C. Guevara, Facultad Tecnológica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Esta investigación fue financiada por: Ministerio de Educación y Ciencia de España, Ministerio de Economía y Competitividad de España, Universitat de Girona (España) y Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia).

Correspondencia en relación al artículo debe ser enviada a: Jorge L. Bacca. Email: jorge.bacca@udg.edu

logías (RUP, INGENIAS, Procesamiento distribuido) que definen un conjunto de pasos o actividades a seguir para lograr la implementación del sistema. Adicionalmente estas metodologías se encuentran divididas en las fases de todo proyecto de ingeniería (requerimientos, análisis, diseño implementación y pruebas). La metodología RUP que define un conjunto de pasos para modelar los componentes del software. La metodología INGENIAS (Gómez et al., 2002) que permite realizar el modelamiento del sistema multiagente de la aplicación. Y finalmente la metodología de procesamiento distribuido que orienta el desarrollo del sistema de distribución de carga de procesamiento y que está basada en el estándar ISO / IEC 10746-1 (Romero, Troya, y Vallecillo, 2008). De esta forma la integración de las metodologías define un marco metodológico completo.

Resultados

El principal resultado del proyecto es un componente software que se puede integrar a la plataforma de e-learning dotLRN y que consiste en un buscador que mejora la plataforma proporcionando la funcionalidad de búsqueda de objetos virtuales de aprendizaje en tres repositorios educativos: Merlot, Connexions y Fedora Commons. Adicionalmente, para soportar el procesamiento necesario para obtener los datos requeridos desde cada uno de los repositorios, se utiliza un sistema de distribución de procesamiento manejado por medio de un sistema multiagente.

Este sistema multiagente provee una importante funcionalidad en cuanto a la búsqueda de objetos de aprendizaje en tres diferentes repositorios de objetos de aprendizaje. En conjunto con el paquete o módulo desarrollado para la plataforma de e-learning dotLRN estudiantes y profesores cuentan con una única interfaz para buscar los objetos de aprendizaje y almacenar en su cuenta de usuario personal los objetos de su interés para consultarlos posteriormente. Todo ello desde la plataforma de e-Learning dotLRN de tal forma que estudiantes y profesores no necesitan acudir a otros buscadores para consultar objetos de aprendizaje. Este sistema multiagente también ofrece una plataforma escalable que ha sido diseñada teniendo en cuenta los mecanismos de búsqueda de cada repositorio. Nuevos agentes pueden ser agregados a la plataforma de tal forma que se puedan incluir nuevos repositorios para la búsqueda. De manera cooperativa los agentes obtienen y procesan los resultados según la petición hecha de acuerdo a los objetos de aprendizaje solicitados por el usuario a través del paquete de la plataforma dotLRN.

Como resultado del desarrollo del proyecto se concluye que el uso de un sistema multiagente en el desarrollo del meta-buscador cobra importancia por el lado de soluciones con bases tecnológicas innovadoras. La modularidad que presenta un sistema de agentes organizado y con una distribución de tareas para cumplir un objetivo general

da como resultado la optimización y el aislamiento de procesos que se realizan en sistemas utilizados por diferentes usuarios al mismo tiempo, como es el caso de acceso al buscador LORSE. Por otro lado, las búsquedas que se pueden realizar sobre diferentes repositorios ubicados geográficamente en distintos lugares a través de internet requieren de niveles aceptables de disponibilidad y un procesamiento adecuado para ofrecer un buen servicio al usuario. Además es importante mencionar que algunos objetos consultados tienen un mayor tamaño a los archivos o páginas consultadas en la web generalmente. Debido a esto, se quiere resaltar la optimización de los procesos de búsqueda con el sistema de distribución de carga de procesamiento cuya fundamentación se ha basado en la norma ISO/IEC 10746 y que se ha integrado al sistema multiagente que finalmente gracias a sus características hace posible el desarrollo de esta solución telemática. La Figura 1 detalla el funcionamiento del sistema de distribución de carga de procesamiento.

En la Figura 1 se representan con circunferencias los tres agentes móviles que se desplazan por medio de la red LAN (Local Area Network) hacia tres servidores periféricos diferentes (identificados en la figura como servidor periférico 1, servidor periférico 2 y servidor periférico 3) donde realizan algunas tareas de procesamiento para liberar carga del servidor central.

Desde cada uno de estos servidores periféricos los agentes se conectan con los servidores donde están alojados los repositorios de objetos de aprendizaje. Esta conexión se realiza mediante servicios web a través de internet. Los repositorios responden con un flujo en formato XML que contiene los resultados de la petición de búsqueda realizada. Este flujo XML es interpretado por cada uno de los agentes y se extraen los metadatos de cada uno de los objetos de aprendizaje que se obtienen como resultado de la búsqueda. Los procesos de decodificación del XML, extracción de metadatos y organización de los resultados de búsqueda se realizan en los servidores periféricos con el fin de liberar esa carga del servidor central (identificado en la figura 1 como AOL server y Servidor Apache Tomcat). Cuando los agentes tienen los resultados de la búsqueda organizados, retornan al servidor central con los resultados para entregarlos a la plataforma de e-Learning.

En el servidor central se implementó un agente coordinador que se encarga de controlar la asignación de tareas a los agentes móviles, así como tareas de gestión de las peticiones realizadas desde la plataforma de e-Learning.

Adicionalmente, dando respuesta a una de las problemáticas planteadas y teniendo en cuenta la posibilidad de acceder y consultar sobre diferentes, importantes y elaborados repositorios de objetos de aprendizaje, resulta muy efectivo contar con una herramienta que permita al usuario buscar sobre los repositorios disponibles refinando las búsquedas para

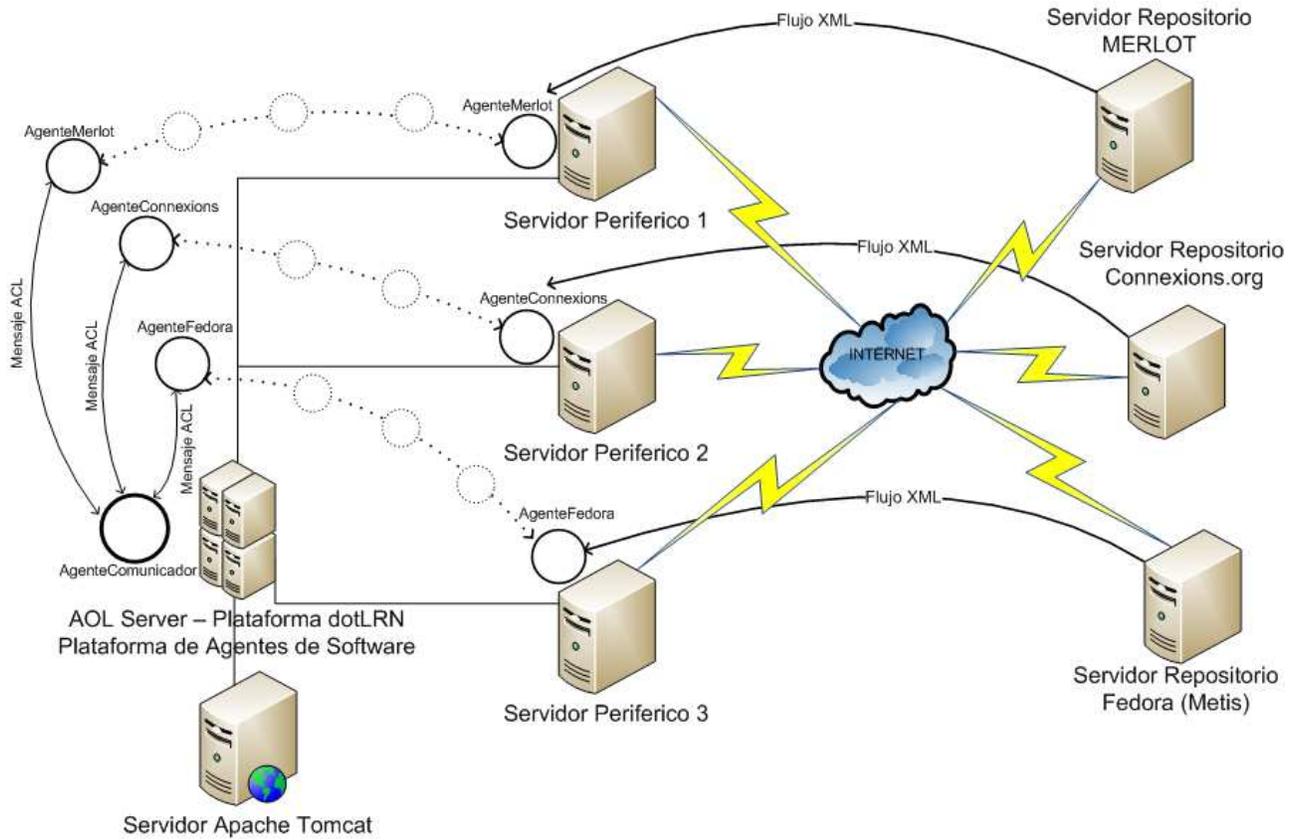


Figura 1. Esquema de funcionamiento del sistema de distribución de carga basado en un sistema multiagente.

obtener mejores resultados, así como realizar una búsqueda específica sobre los tres repositorios disponibles al mismo tiempo sobre un tema específico.

Finalmente como trabajo futuro se plantea que el sistema multiagente puede ser mejorado al crear nuevos agentes para implementar nuevas funcionalidades para el sistema de búsqueda tales como test adicionales para verificar el nivel de conocimientos del estudiante. Adicionalmente se podrían implementar servicios web con agentes y clientes para estos servicios con el objetivo de mejorar la interoperabilidad con otros sistemas de gestión de aprendizaje.

Conclusiones

Se evaluó y evidenció que el desarrollo de plataformas de e-learning resulta importante y muy relevante actualmente debido a sus características de disponibilidad, de servicios como la creación de comunidades, del almacenamiento de información, de los foros, de los chats, de los calendarios, entre otros elementos que pueden conformar una plataforma para ser usada en la educación como por ejemplo DotLRN. Esta plataforma ha sido desarrollada bajo licencia open-source, lo que es una característica relevante para continuar con la implementación de nuevos componentes o módulos con el objetivo de mejorar las herramientas educativas que

son implementadas para ser trabajadas desde internet y que son adoptadas en mayor medida por organizaciones e instituciones educativas.

Para el desarrollo del sistema multiagente se ha implementado la metodología INGENIAS la cual ha permitido el diseño de los mecanismos de organización de los agentes, el control de ejecución de tareas y procesos y su interacción con el entorno. Por otro lado, el sistema de distribución de carga de procesamiento basado en un sistema multiagente es una solución innovadora que toma ventaja de las funcionalidades de movilidad de los agentes entre equipos de la red y permite utilizar las capacidades de procesamiento de otros equipos en una red LAN para de esta manera liberar carga de procesamiento del servidor central.

El mecanismo de distribución de carga de procesamiento demuestra las capacidades de un sistema multiagente para la distribución de carga de procesamiento tomando ventaja de las capacidades de movilidad de los agentes. Por otro lado, debido a las características del sistema multiagente, se facilitan las tareas de coordinación, intercambio de mensajes, control y monitoreo del mecanismo de distribución de carga de procesamiento. Las capacidades inteligentes del sistema multiagente pueden además facilitar la gestión de los procesos y automatizar la distribución de carga.

Agradecimientos

Jorge Bacca, Silvia Baldiris y Ramon Fabregat pertenecen al grupo de investigación BCDS (ref. GRCT40) de la Universitat de Girona en España, que es parte del grupo consolidado DURSI COMUNICACIONS I SISTEMES INTELLIGENTS (CSI) (ref. SGR-1202). Jorge Bacca agradece al Ministerio de Economía y Competitividad de España por la ayuda (BES-2012-059846 – FPI-MICCIN). Este trabajo esta apoyado en parte por Ministerio de Educación y Ciencia de España bajo el proyecto ARrELS (TIN2011-23930). Juan Carlos Guevara y Adriana Noguera hacen parte del Grupo de Investigación METIS de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de Colombia.

Referencias

Branan, B. (2011, Mayo). *Fedora commons*. On line. Descargado de www.fedora-commons.org

- Gómez, J. J., Garijo, F., y Pavón, J. (2002). *Modelado de sistemas multi-agente*. Tesis Doctoral no publicada, Universidad Complutense de Madrid.
- Greenspun, P. (2011, Mayo). *Learn, research, network .lrn*. On line. Descargado de www.dotlrn.org/about
- Romero, J., Troya, J., y Vallecillo, A. (2008). Modeling odp computational specifications using uml. *The Computer Journal*, 51(4), 435-450.
- Suter, V., y Cremer, D. (2011, Mayo). *Multimedia educational resource for learning and online teaching - merlot*. On line. Descargado de www.merlot.org/merlot/index.htm
- Thierstein, J. (2011, Mayo). *Connexions*. On line. Descargado de <http://cnx.org/aboutus/>

Resúmenes

1. Tecnología en Construcciones Civiles

Apoyo técnico de procesos constructivos y análisis presupuestal de la obra supercade de portal transmilenio del sur carrera 10a Supercade 20 de Julio.

Henry Fabián Rojas
Carlos Gregorio Pastrán (Director)

Seguimiento de la metodología para determinar tipos de fallas en pavimentos rígidos con base en el índice de condición del pavimento -PCI.

Iván Felipe Rodríguez
Diego Eduardo López
Mauricio Bueno (Director)

Pasantía en la construcción de un edificio residencial implementando el Lean construcción en Bogotá D.C.

Diego Fernando Otálora
Abner Mariano Granados (Director)

Torrealta: una herramienta logística para el correcto manejo de inventario de almacén de obra civil.

Nidia Viviana Gómez
Carlos Gregorio Pastrán (Director)

Pasantía: Selección y presentación de propuestas licitatorias en la empresa Construcciones Mac Ltda para el proyecto de verificación de rendimiento de obra en la pavimentación de vías urbanas y rurales en el municipio de Cajicá.

Enith Vanessa Barrera
Wilman Muñoz (Director)

Metodología para implementar la Luffa Cilyndrica Estropajo como material para la construcción liviana en seco.

Jennifer Andrea Avila
Zuleine Neisa Pulido
Diego Garay Agudelo (Director)

Validación del método de ensayo de índice de rugosidad internacional de pavimentos, Iri, mediante la utilización del equipo Merlin, para la acreditación de la prueba ante la Onac por parte de la firma EIE Echeverry Ingeniería y Ensayos Ltda.

Diego Alejandro Ramírez
Jairo Eduardo Higuera (Director)

Control técnico del auxiliar de interventoría en el desarrollo del proyecto de habilidad para el operante Habitat Vivienda.

Freddy Alexander Ruiz
Sergio Valbuena Porras (Director)

Factores que afectan el rendimiento en la construcción de las torres de iluminación del estadio de Techo.

Leydy Viviana González
Diego Garay Agudelo (Director)

Planeación de canales abiertos mediante simulación virtual aplicando modelos digitales de elevación DEM.

Jhon Fredy García
Mauricio Bueno (Director)

Control de calidad en obras civiles.

Cristian Enrique Sánchez
Carlos Gregorio Pastrán (Director)

Trabajo de grado en modalidad pasantía como laboratorista de cementos.

Luis Camilo Torres
Raúl Sanchez Novoa (Director)

Control y seguimiento de las obras civiles en escenarios deportivos, parques públicos municipio de Soacha.

Magda Cristy Gualpa
Mauricio Bueno (Director)

Informe de pasantía desarrollada en la alcaldía municipal del colegio Cundinamarca actualización y digitación de la malla vial rural del municipio del

Colegio con verificación de estado, longitud, observaciones y recomendaciones técnicas.

Miguel David Soler
Rodrigo Elías Ezquivel (Director)

Complejo logístico industrial Siberia.

Juver Ivan Castañeda
Carlos Gregorio Pastrán (Director)

Rendimiento de mano de obra. Variable indispensable para mejorar la productividad y la competitividad de la industria de la construcción en nuestro país.

Ginneth Millan Ramírez
Hernando Villota (Director)

Diseño integral de la fundación Angelitos de Jesús y María.

Jenny Alexandra Suárez
Hugo Armando Rueda
Jorge Enrique Saby (Director)

Optimización en el proceso de búsqueda y elaboración de licitaciones cuyo objeto sea la ampliación, remodelación, adecuación o construcción de edificaciones.

Camilo Andres Rodríguez
Hernando Villota (Director)

Seguimiento y estudio de las licencias de excavación determinadas, vedadas y vigentes en el Instituto de Desarrollo Urbano - IDU.

Lady Madelene Cortes
Wilman Wilman (Director)

Convenio interadministrativo 187- 08 en el área de inspección de construcción de vías.

Oscar Fabricio Cruz

Empate de tubería existente con instalación de redes nuevas de acueducto y alcantarillado ciudadela Nuevo Usme.

Fredy Arturo Ocaña

Pasantía: Creación de manual para dimensionamiento estructural de viviendas de 1 y 2 pisos según título NSR de la empresa JS estructuras.

José David Puerta
Pedro Torrenegra (Director)

Pasantía en la elaboración de licitaciones cuyos objetos son la construcción y/o mejoramiento y/o adecuación de obras civiles.

Alberto Arias
Edgar Sánchez (Director)

Pasantía en la elaboración de los presupuestos para la construcción de la urbanización puerta del rey, desarrollado para la empresa Consultores Asociados Cuatro S.A.

Lizeth Otilia Latorre
Edgar Sánchez (Director)

Calibración del flujo sobre presas de aliviadero y caracterización del resalto hidráulico.

David Camilo Hernández
Fernando González (Director)

Calibración del sistema de medida de flujo.

German Bernardo Rincón
Fernando González (Director)

Calibración de resaltados hidráulicos en el canal abierto del laboratorio de construcciones civiles.

Paola Viviana Llanos
Fernando González (Director)

Diseño de operación de un sistema para la medición de presión y pérdida de energía en tubos lisos y rugosos.

Diego Mauricio Vargas
José Maicol Sierra
Eduardo Zamudio (Director)

Pasantía con la empresa BPM Construcciones para la construcción y adecuación de obras civiles.

Johana Acevedo
Carlos Gregorio Pastrán (Director)

Alternativa de casa de guada como solución eficiente de vivienda para damnificados del invierno en la zona rural de la Mesa Cundinamarca.

Cristian Camilo Rodríguez
Julian Steven Rodríguez
Diego Garay (Director)

Construcción de una curva de energía específica en una sección transversal rectangular de escalera ascendente con marcos Excel.

Ivan Dario Duarte
Hernando Villota (Director)

Programación en sistema aplicativo Excel para el cálculo de caudales en los ensayos de vertederos en canales abiertos.

Julieth Andrea Prieto
Fernando González (Director)

Barrancabermeja: Evaluación de la amenaza sísmica en la región.

Maryorie Correa
Victor Hugo Díaz (Director)

Pasantía: Consultoría y supervisión de contratos de obra pública de parques de la localidad 18 Rafael Uribe Uribe.

Eduard Alexander Lizarazo
Carlos Gregorio Pastrán (Director)

Evaluación económica de la posible intervención, producto actual monto de los subsidios de mejoramiento en la ciudad de Bogotá.

Ebert Giovanni Castellanos
Jairo Andrés Guerrero

Apoyo general en la dirección técnica de administración de infraestructura en el grupo polizas del instituto de Desarrollo Urbano - IDU.

Carlos Yeferson Soto
Hernando Villota (Director)

Informe final pasantías en Hombresolo S.A. en el área de programación de costos y presupuestos.

Juan Sebastián Ardila
Carlos Gregorio Pastrán (Director)

Pasantía apoyo logístico y auxiliar de interventoría de vías locales urbanas en la localidad de Ciudad Bolívar.

Jhon Eduard Páez
Wilman Muñoz (Director)

Pasantía de apoyo en los procesos de supervisión de proyectos de mitigación, para gestionar la or-

ganización y orden en la alcaldía local Rafael Uribe Uribe.

Sergio Steven Forero
Edgar Sanches (Director)

Pasantía como auxiliar de ingeniería en el diseño de elementos estructurales.

Lorena Marcela Cañón
Carlos Gregorio Pastrán (Director)

Seguimiento y manejo del proceso de interventoría en obras ejecutadas sobre calzadas bogotanas de alto tráfico.

David Santiago Valvuela
Carlos Gregorio Pastrán (Director)

Metodología para cortes de obra.

Diego Alejandro Triana
Diego Garay (Director)

Implementación de plataforma web para control, seguimiento y eficacia en interventoría de obras civiles. En el marco del grupo de investigación e implementación tecnológica con la Caja de Vivienda Popular, como pasante auxiliar administrativo.

Jhonatan Javier Riaño

Georeferenciación de los estudios de suelos realizados por la empresa Ingeciencias S.A, mediante la implementación de la información a un aplicativo SIG sistema de información geográfica.

César Mauricio Parra
Rodrigo Ezquivel (Director)

Pasante en el proceso constructivo y montaje de las membranas arquitectónicas en las plazas 1 y 2 del recinto ferial plaza de los artesanos.

Yessica Alexandra Perdomo

Pasantía: Seguimiento y documentación del proceso constructivo de una losa de contrapiso en concreto postensado con monotorón no adherido, a cargo de la empresa Mario Barbosa Ingenieros S.A.S.

Carlos Orley Alfonso
Milton Mena (Director)

Pasantía: Apoyo a la ejecución de procesos constructivos que aseguren resultados de óptima calidad en la edificación de viviendas.

Fabian Leonardo Ramírez
Hernando Villota (Director)

Pronóstico de niveles de agua con un horizonte del banco mensual usando un tipo de red neuronal Backpropagation en la estación hidrológica Magdalena.

Jairo Alfonso Pinzón
Jennifer Salamanca
Eduardo Zamudio (Director)

Apoyo en administración de obra en la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - EAAB división servicio alcantarillado - Zona 1.

Lina Marcela Barreto
Eduardo Zamudio (Director)

Ejecución de pasantía como auxiliar de ingeniería para la empresa JM S.A.S.

Angélica María Mora
Edgar Sánchez (Director)

Condiciones técnicas evaluadas en laboratorio para el resultado final del proceso de producción; morteros premezclados secos.

Yury Milena García
Raúl Sánchez (Director)

Pasantía como auxiliar de ingeniería en el macro proyecto ciudad verde urbanismo de la empresa Amarillo S.A.

Ismael Yesid Romero
Raúl Sánchez (Director)

Implementación de una plataforma virtual de aprendizaje como apoyo para la asignatura de diseño vial computarizado.

Julián David González
Felizzola Contreras (Director)

Pasantía en presupuesto y programación en el proyecto Orquidea ciudad verde.

Jhon Andersson Cardona
Sergio Giovanni Valvuenza (Director)

Prediseño de redes de acueducto y alcantarillado para la avenida Norte Quito Sur (NQS), desde la calle 170 hasta la calle 189.

Jhon Alberto González
Fernando González (Director)

Rehabilitación de la malla vial intermedia calle 2D entre carrera 44 y Av batallón Caldas.

María Fernanda Díaz
Victor Hugo Díaz (Director)

Pasantía: Apoyo logístico en al interventoría de vías locales urbanas en la localidad de Barrios Unidos.

Katherine Sussell Barreto
Wilman Muñoz (Director)

Pasantía en el desarrollo del convenio interadministrativo 009, estabilidad de laderas por procesos de remoción en masas.

Aslehydi Joana Amaya

Elaboración e implementación de formatos para manual de calidad de la interventoría en la construcción del alcantarillado pluvial la Chaparrera.

Fredy Alexander Carrión
Belma Yesaida Quiros (Director)

Pasantía en el grupo de investigación implementación tecnológica en la vivienda popular calculando asentamientos inmediatos de suelos.

Sebastián Caita
Diego Garay (Director)

Guía para el ensayo de laboratorio para flujo entre pilares de un puente realizado en el canal hidrodinámico Edibon.

Oscar Leonardo Cañón
Eduardo Zamudio (Director)

Guía del laboratorio para la clasificación de tipos de flujo mediante coloración en el canal hidrodinámico Edibon.

Jennifer Acosta
Eduardo Zamudio (Director)

Documentación del proceso de operaciones de la empresa Arqtel Ltda bajo la norma Iso 9001 - 2008.

Lady Alexandra Gordillo
Hernando Villota (Director)

Asistencia técnico administrativa bajo el convenio 006 de 2008 suscrito entre la Secretaría Distrital del Habitat y la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Jenny Katherine Ospina
Sergio Valbuena (Director)

Estudio probalístico de la amenaza sísmica en Pasto Nariño.

Yamid Leonardo Molina
Victor Hugo Díaz (Director)

Pasantía como auxiliar administrativo para la revisión y aprobación de pagos a contratistas por inicio, avance y finalización de obra en el marco del convenio interadministrativo No 033.

Sediel Manuela Plazas
Carlos Gregorio Pastrán (Director)

Cálculo de caudales máximos en las cuencas no instrumentadas usando el software HEC-HMS.

Jhonnathan Ricardo Beltrán
Eduardo Zamudio (Director)

Determinación de estado y condiciones de operación de la ciclo ruta de la avenida Boyacá entre el portal Tunal y la calle 13.

Sandra Milena Rodríguez
Wilman Muñoz (Director)

Calibración de las prácticas de laboratorio de la turbina pelton de la Universidad Distrital.

Diego Fernando Forero
Giovanna Stefanía Pérez
Abner Mariano Granados (Director)

Control de caudal mediante compuertas.

Julio Andrés Quiroga
Eduardo Zamudio (Director)

Simulación de los efectos de pilares en un canal con sedimentación.

Yuly Ibón Ortíz
Fernando González (Director)

Guía en control de nivel mediante sifones.

Isabel Cristina Patiño
Eduardo Zamudio (Director)

Pasantía en el grupo del área estructural del proyecto de vivienda de interés social sueños del castillo en Tena Cundinamarca.

Cristian Hernando Bonilla
Pedro Torrenegra (Director)

Formato de lista de chequeo para visita de obra presentado al Instituto de Desarrollo Urbano.

Paula Andrea Martínez
Hernando Villota (Director)

Pasantía como auxiliar técnico y administrativo adscrito en el convenio interadministrativo No 033 - 2007 entre la caja de vivienda popular y la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

César Alirio Bernal
Sergio Valbuena (Director)

Pasantía: Determinación de la curva de correlación entre el esclerómetro referencia 58 - CO181 - N06021055 y la resistencia a la compresión de cilindros de concreto.

Joan Camilo Galindo
Felizzola Contreras (Director)

Inspección y control en el proceso de producción y montaje de elementos prefabricados en la obra Capellania reservado.

Claudia Yineth Romero
Diego Garay (Director)c

Guía para el uso de encofrados metálicos en procesos constructivos en obra.

Dulcinea Trespalacios
Joan Ibardo Díaz
Felizzola Contreras (Director)

Análisis de frecuencia de crecientes anuales en la estación hidrológica el Banco en el departamento de Magdalena, usando estadística no paramétrica.

María Fernanda Torres
Eduardo Zamudio (Director)

Pasantía: Inspector de obra en los proyectos de alcantarillado sanitario y pluvial barrio la Florida 1 y León XIII en el municipio de Soacha.

Hernán Dario Soto
Hernando Villota (Director)

Pasantía en la construcción de vías en la ciudad - la nuevo Usme predio la Esperanza primera etapa vivienda de interés social (VIS).

Nixon Hernando López

Tecnologías en pisos industriales, rapidez, eficiencia y calidad.

Alberto Romero
Jhon Romero
Raul Sánchez (Director)

Guía para la elaboración de planos de taller en la empresa compañía Latinoamericana de Ingeniería CIL LTDA.

Joan Sebastian Orjuela
Pedro Torrenegra (Director)

Recopilación de normas que permitan el diseño y la construcción de un escenario deportivo cubierto para la práctica de hockey en línea en la ciudad de Bogotá.

Néstor Gabriel Castro

Parámetros en el dibujo de planos de ingeniería en Autocad.

Diosmercy García
Wilman Muñoz (Director)

Ejecución de pasantía como inspector de obra para la empresa RYM Construcciones Interventorias LTDA.

Johan Fahir Bermudez
Edgar Sánchez (Director)

Método para el envasado, marcado y organización de formatos de los agregados para realizar el ensayo de sanidad de los agregados a la acción de sulfatos de sodio o magnesio durante el desarrollo del proceso de inmersión y secado.

César Augusto Manrique
Diego Garay (Director)

Pasantía: Apoyo en la formulación y gestión en la viabilidad del proyecto 287 con vigencia 2010 del fondo de desarrollo local de Bosa.

Luis Alberto Guerrero
Edgar Sánchez (Director)

Pasantía: Inspector de obra en los parques Fucha Sosiego y San Vicente.

Luis Felipe Quinbayo
Sergio Valbuena (Director)

Actualización del inventario y diagnóstico de corredores peatonales andenes en la ciudad de Bogotá.

Diana Marcela Chirivi
Pedro Torrenegra (Director)

Pasantía: Interventoría ambiental de las obras requeridas en el contrato adicional No 1, al contrato IDU 135/2007.

Sandra Marcela Vargas
Abner Granados (Director)

Reacción alcali - agregado en un mortero de mampostería con minerales (Fluorita y Cuarzo).

Eduan Stiven Bonilla
Diego Garay (Director)

2. Tecnología en Electricidad

Arranque de un motor de inducción usando control difuso.

Camilo Barriaga Turriago
Juan Zambrano (Director)

Diseño y construcción de una bobina Helmholtz.

Edna Rocío Varela Castiblanco
Jorge Martínez Castro

Caracterización de la demanda de potencia y energía de estrato socioeconómico 4 y URE en propiedad horizontal.

Alfonso Olarte Contreras
Diego Enrique Guzmán Guzmán
Alexandra Pérez Santos (Director)

Metodología general para correlacionar Sags con eventos ambientales u operativos del sistema de distribución.

A. Castillo
E. Cuenca
Yaqueline Garzón (Director)

Caracterización de la demanda de potencia y energía de estrato socioeconómico 2 y URE en propiedad horizontal.

Johanna Murillo Díaz
Jhon Freddy Portuguez
Alexandra Pérez Santos (Director)

Control de posición de un sistema bola y viga con actuadores magnéticos.

Francy López
Paola Monroy
Danilo Rairán (Director)

Diseño de un instructivo sobre indicadores de confiabilidad en los circuitos de distribución.

Fernando Alberto Burgos
Marco Fabian Caro
Fred Murillo (Director)

Levantamiento y estudio de cargabilidad de los circuitos distribuidos de la planta “Comestibles Ricos LTDA”.

Oscar Felipe Chisaba
Alexandra Pérez Santos (Director)

Estudio experimental acerca de la influencia de un campo magnético estático externo en el funcionamiento de un medidor de energía activa electro-mecánico.

Erika Johanna Herrera
Jairo Elias Alfonso
Alejandro Sánchez (Director)

Diseño y construcción de control híbrido difuso-deslizante para convertidor DC/DC tipo Boost.

Monica L. Vásquez
Fredy H. Martínez S. (Director)

Implementación de neurocontroladores en línea. Tres configuraciones, tres plantas.

Diego Chiquiza

Miguel Parra
Danilo Rairán (Director)

Plan de normalización de la red de uso final del conjunto residencial Alfonso López Pumarejo en Bogotá D.C.

Fabian Humberto Rodríguez
Clara Inés Buriticá (Director)

Diseño y construcción de un filtro pasa bajos para el sistema de medida de descargas parciales de alta tensión.

Jhon Ferley Amaya
Jhon Alejandro Botero
Helmuth Edgardo Ortiz (Director)

Detección de posición a partir de la medición de un campo magnético.

Diana Pilar Gómez
Jefry Leal Villanueva
Alejandro Sánchez Salcedo (Director)

Diseño de instalación eléctrica y transferencia de baja tensión para el aeropuerto Antonio Roldán Betancourt del municipio de Carepa.

Jhon Ericson Ramos
Germán Antonio Guevara (Director)

Metodología de análisis causa raíz para las fallas ocurridas en las redes aéreas de distribución urbanas de CODENSA S.A. ESP.

D. Cardona
N. Lozano

Levantamiento de información y actualización de planos del centro comercial Unicentro desde sub-estaciones internas hasta armarios de medidores.

Jhon Alexander Callejas
Luis Noguera (Director)

Viabilidad del uso de dieléctricos vegetales para transformadores eléctricos.

José Miguel Garzón
Robinson Zapata
Armando Lugo (Director)

3. Tecnología en Electrónica

Comunicación celular equipos Skytrack.

Marcela Arciniegas Vela
Miguel Ricardo Pérez Pereira (Director)

Procesador de efectos análogos para guitarra eléctrica.

René Ardila Navarro
Esperanza Camargo Casallas (Director)

Diseño e implementación de software interactivo como herramienta de diagnóstico de anomalías en la percepción de color.

Alex Mauricio Calvo Vinasco
Daniel Felipe García Torrejano
Lely Adriana Luengas Contreras (Director)

Diseño e implementación de un prototipo de pinya llantas a control remoto por medio de tecnología RF Y batería recargable.

Wbeymar Carvajal Pinzón
Hugo Fernando Suárez Vaca
Holman Montiel Ariza (Director)

Sistema de registro y control de abastecimiento para vehículos automotores de la Policía Nacional.

Miguel Alfredo Castiblanco Murcia
Mónica Lizeth Montoya Cifuentes
Holman Montiel Ariza (Director)

Generación de documentación y prácticas con puertos modernos del PC.

Laine Catherine Escobar Muñoz
Eduardo Alberto Delgado Gómez (Director)

Diseño e implementación de módulo unificado de pruebas para equipos Skytrack en la empresa Tracker de Colombia S.A.

Cristian Alberto Franco Cubillos
Eduardo Alberto Delgado Gómez (Director)

Sistema prototipo de scanner para apoyo en la venopunción.

Omar Augusto Galindo Brausin
Alba Esperanza Parra Domínguez
Henry Montaña Quintero (Director)

Prototipo para adquisición y visualización de señales biométricas, para el diagnóstico de enfermedades musculares de extremidades superiores en pacientes de 10 A 50 años.

Leonardo García Vargas
Frank Nixon Giraldo Ramos (Director)

Diseño e implementación de un dispositivo de control y registro vehicular sobre tecnología Zeg-bee.

Juan Carlos Giraldo Quintana
Wilson Humberto Guevara Camargo
Holman Montiel Ariza (Director)

Detección de posición a partir de la medición de un campo magnético.

Diana Pilar Gómez Cuervo
Alejandro Sánchez Salcedo Y Henry Montaña Quintero (Director)

Algoritmos de procesamiento de imágenes satelitales de la malla vial con transformada de Hough.

Manuel Fernando González Cárdenas
Frank Nixon Giraldo Ramos (Director)

Maqueta interactiva multimedial para la simulación de un sistema integral de seguridad y emergencias .

John Jairo González Tavera
Oscar Aníbal Valero Antolínez
Holman Montiel Ariza (Director)

Reacondicionamiento de almacén modelo carrusel del laboratorio de CNC Y robótica de la Facultad Tecnológica.

Erwin Eliécer Guerrero Osorio
Richard Yesid Mejía Rojas
Henry Montaña Quintero (Director)

Módulo de prueba TNT Para Tarjetas Electrónicas de lavadoras Mabe, General Electric Y Centrales para la empresa Mabe Colombia S.A.

Jhonathan Steve Lemus Aguirre
Wilson Armando Serna Padilla
Luís Alejandro Rojas Castellar (Director)

Control electrónico de vacío laboratorio ciencias térmicas Facultad Tecnológica.

Daniel Fernando Londoño Sánchez
Jorge Eduardo Porras Bohada (Director)

Reacondicionamiento de la banda transportadora (Transfer) del laboratorio de robótica y C.N.C.

Luís Fernando Mac Gregor Solano
Giovanny Andrés Páez Rubiano
Henry Montaña Quintero (Director)

Generador de señales arbitrarias a partir de funciones determinísticas.

John Fredy Meneses Pulido
Bryan Gregorio Báez Jimeno
Edgar Javier Mantilla Bautista (Director)

Mesa CNC para el grupo de investigación Integra.

David Mora Niño
Henry Montaña Quintero (Director)

Diseño de guías de laboratorio de electrónica básica para la creación del laboratorio de robótica de la Institución Don Bosco I.

Angélica Moreno Cárdenas
Johann Smit Orozco Larrota
Luis Fernando Pedraza (Director)

Diseño de una guía explicativa de la tarjeta Arduino Mega basada en la implementación de un sistema de control domótico.

Uriel Francisco Moreno Rodríguez
Oscar David Sánchez Bocanegra
Lely Adriana Luengas Contreras (Director)

Diseño e implementación de una balanza de precisión con control USB y conexión a PLC para la empresa Ceox Ltda.

Hamilton Fernando Murillo Rodríguez
Frank Nixon Giraldo Ramos (Director)

Diseño e implementación de un medidor de flujo con protocolos de comunicación Ethernet y 802.11 en la máquina #Me00.

Angélica Mercedes Nivia Vargas
Carlos Felipe Vergara Ramírez
Aldemar Fonseca Velásquez (Director)

Desarrollo de un sistema de detección y seguimiento de objetos mediante cámara Lego con movimiento autónomo.

Jhon Edison Núñez Rodríguez
Jheison Leonardo Rodríguez Márquez
Willson Infante Moreno (Director)

Estado del arte en instrumentación y diseño de circuitos para electroencefalografía.

John Freddy Piñeros Torres
Frank Nixon Giraldo Ramos (Director)

Sistema semiautomático de posicionamiento para el montarrollos y control de temperatura del papel para la fabricación de cartón en Empacor S.A.

Alberto Ramos López
Alexander Ruiz Millán
Alfredo Chacón García (Director)

Optimización y control de máquina de ensayos de tensión en materiales plásticos.

Briyini Julieth Reina Saldaña
Jorge Eduardo Porras Bohada (Director)

Control de temperatura y humedad en una sala de producción de hongos comestibles (Shiitake).

Juan David Rodríguez Fonseca
Néstor Ferney Sanabria Velandia
Alfredo Chacón García (Director)

Optimización y control de máquina de ensayos de tensión en materiales plásticos.

Briyini Julieth Reina Saldaña
Jorge Eduardo Porras Bohada (Director)

Diseño e implementación de un dispositivo de identificación por radio frecuencia para el manejo de personal para la empresa Braun Medical S. A. departamento de mantenimiento hospitalario.

Liecken Rodríguez Grosso
Luís Alejandro Rojas Castellar (Director)

Implementación de un sistema de transmisión y recepción de datos por radio frecuencia a un software de servicio para un sonómetro implementado en la empresa Gold Electronic.

Eileen Alieth Rodríguez Moyano
Frank Nixon Giraldo Ramos (Director)

Diseño e implementación de un aplicativo con interfaz de usuario para el uso de

un dispositivo biométrico dactilar USB en el acceso a bases de datos.

Juan Mateo Romero Rubiano
Sergio Alexander Salazar Montoya
Holman Montiel Ariza (Director)

Electroencefalógrafo digital para sensar señales Theta, Alfa Y Beta en Labview de dos canales con DSP.

David Andrés Yarce Benavides
Frank Nixon Giraldo Ramos (Director)

Sistema de medición de condiciones cardiovasculares con ECG Y test de esfuerzo.

Anderson Fabián Sánchez Marín
Christian Camilo Valderrama Padilla
Aldemar Fonseca Velásquez (Director)

Desarrollo de una plataforma móvil tipo lego para implementar en fútbol robótico.

Luisa Fernanda Álvarez León
María Paula Pinzón
Willson Infante Moreno (Director)

Control de temperatura para la mufla ubicada en el taller de mecánica de la Facultad Tecnológica.

Aneider Sahedy Angulo Angulo
Jorge Eduardo Porras Boada (Director)

Comunicación sobre protocolo Ethernet implementando un sistema embebido.

Edgar Iván Ariza Daza
José Luís Dueñas Juez
Holman Montiel Ariza (Director)

Control de acceso por Rfid sobre tecnología Zig-bee para guarniciones policiales.

Carlos Alexis Bastidas Araujo
Juan Camilo Fajardo Castillo
Holman Montiel Ariza (Director)

Búsqueda y transporte de objetos con plataformas robóticas bioinspiradas tipo Lego en un ambiente conocido.

Duván Guillermo Benavides Benavides
Kristel Solange Novoa Roldán (Director)

Soporte giratorio con llamado de cuatro posiciones para pistola de ionización de aire.

Carol Dayana Bermúdez Guasca
Amed Esteban Vanegas Guzmán
Esperanza Camargo Casallas (Director)

Diseño e implementación de un sistema posicionamiento para una banda transportadora marca: Alecop, Mod: guía robot, No serie: 11962660436, No máquina: 20, de la Facultad Tecnológica de la Universidad Francisco José De Caldas.

Heber Jhoan Canizales Santana
Camilo Andrés Vargas Tautiva
Henry Montaña Quintero (Director)

Mando manual para el posicionamiento de una banda transportadora.

Juan Jair Castro Reinoso
Henry Montaña Quintero (Director)

Herramienta de control de flujo vehicular basada en tecnología Bluetooth.

John Jaime Cifuentes Ortiz
Dany Alejandro Sandoval Moreno
Holman Montiel Ariza (Director)

Estudio, diseño e implementación de dos plataformas móviles tipo Lego para una aplicación en fútbol robótico.

Oscar Alexander Colorado López
Darwin Rojas Quintana
Willson Infante Moreno (Director)

Diseño e implementación de tolva dosificadora controlada por computador para la banda transportadora en el laboratorio de robótica y CNC de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Harold Iván Corredor Niño
Henry Montaña Quintero (Director)

Estimación de la localización de vehículos robóticos basada en las medidas suministradas por odometría.

Miguel Andrés Florián Arguello
Willson Infante Moreno (Director)

Máquina para envasar jabón dado.

Santiago Galán Camelo
Giovanni Rodrigo Bermúdez Bohórquez (Director)

Diseño e implementación de módulo de prácticas en automatismos de electrónica industrial para el instituto Oscus.

Fredy Jiménez Moreno
Diego Mauricio Rico Mora
Alfredo Chacón García (Director)

Control electrónico de vacío laboratorio ciencias térmicas Facultad Tecnológica.

Yeison Smith Mendieta Rojas
Jorge Eduardo Porras Boada (Director)

Sistema de control para la caracterización del prototipo de aerogenerador de eje vertical.

Julieth Alexandra Montaña Pineda
Ana Carolina Suárez Ayala
Jorge Eduardo Porras Boada (Director)

Control y visualización de temperatura de horno tipo industrial en una interfaz gráfica por medio de comunicación Zig Bee.

Johnatan Edgar Ortiz Jiménez
Luís Alfredo Romero Cabra
Alfredo Chacón García (Director)

Planta didáctica para control de presión.

Jesús Antonio Rivera Pinzón
Henry Montaña Quintero (Director)

Solución de laberintos aplicando procesamiento de imágenes digitales.

Diego Fernando Rodríguez Galán
Frank Nixon Giraldo Ramos (Director)

Sistema de pizarra con puntero digital interactiva a través de control de Nintendo Wii.

Iván Darío Rodríguez Rubiano
Esperanza Camargo Casallas (Director)

Interfaz mente - PC para interactividad con ambientes virtuales.

Juan Sebastián Rojas Mayorga
Frank Nixon Giraldo Ramos (Director)

Sistema de control para un banco de laboratorio para la enseñanza de la psicometría.

Camilo Andrés Salamanca Urrego
Cristian Leonardo Serna Ramírez
Jorge Eduardo Porras Boada (Director)

Interfaz de usuario para modernizar la oferta de transporte Vip en Bogotá.

Jhony Mauricio Toro Echeverría
Libia Susana Urrego Rivillas (Director)

Análisis, clasificación y caracterización de ondas cerebrales y estimación de valores eléctricos de amplitud, frecuencia y fase para su diferenciación.

Yarledy Andrea Villegas Giraldo
Frank Nixon Giraldo Ramos (Director)

Desarrollo de un proyecto web que permita visibilizar, socializar y difundir las actividades de investigación desarrolladas por el grupo de investigación robótica móvil autónoma Roma de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica.

Andrea Johana Yate
Willson Infante Moreno (Director)

4. Tecnología en Sistematización de Datos

Módulo web multipaca para la recopilación de información a través de encuestas de foros, como apoyo en el estudio del área de humanidades (ciencia, tecnología y Sociedad), en el colegio distrital Rodrigo Lara Bonilla.

Oscar Alexander Méndez
Daniel Esteban Sánchez
Héctor Arturo Flórez (Director)

Sistema para el registro de dispositivos bajo identificación por radio frecuencia.

Freddy Hernán Contreras
Andres David Osorio
Marlon Patiño (Director)

Desarrollo de un prototipo de software para el control y seguimiento del área de desarrollo humano de bienestar institucional de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Camilo Andrés Cruz
Julieth Rocio Leal

Desarrollo de un prototipo en ambiente web para la administración de pacientes en el área de medicina y enfermería de bienestar institucional en la Universidad Distrital según Ley 100 de 1993 y el Decreto regulatorio 1073.

Lourdes Janeth Toro
Nancy Yamile Velandia
Jorge Rodríguez (Director)

Software de entretenimiento para cuatro dispositivos móviles con tecnología Bluetooth y tecnología J2ME.

Yuly Marcela Roldán
Anggie Carolina Tovar
Héctor Arturo Flórez (Director)

Proyecto Simgern sistema multinivel para la gestión de una rueda de negocios en el sector educativo.

Daniel Eduardo Roza
Juan Pablo Sora
Sonia Alexandra Pinzón (Director)

Sistema de información web para el manejo y seguimiento de procesos civiles en Rodríguez Arango asesores jurídicos.

Javier Ricardo Alfonso
Héctor Arturo Flórez (Director)

Sistema de información web para el trámite de autorización de las agencias de colocación o empleo privadas y públicas en el ministerio de protección social.

Angela Paola Herrera
Martha Liliana Rojas
Rocio Rodríguez (Director)

Desarrollo de un sistema de información en ambiente web para la administración de cartera de servicios de salud - CSS - ADSECA.

Jully Andrea Meléndez
Nelson Armando Vargas (Director)

Sistema de información para ofertar y demandar bienes y servicios dirigidos a medianas y/o grandes empresas de la industria textil para el fortalecimiento del mercado virtual (Marketplace).

Ricardo Barrera
Flor Angela González
Héctor Arturo Flórez (Director)

Sistema de información para el registro de control de actividades realizadas en plantas de mantenimiento de equipos.

Camilo Ernesto Gaviria
Héctor Arturo Flórez (Director)

Sistema de información laboratorio central de citopatología - Citounión.

Jaime Baez
Darin Mosquera (Director)

Desarrollo e implementación de un sistema de información multinivel para la gestión del registro académico del colegio O.E.A. Institución Educativa Distrital.

Leidy Johanna Sánchez
Nelson Armando Vargas (Director)

Taller de ensamble de computadores, teniendo como base la estructura de la mainboard ambiente de realidad aumentada, mediante la utilización de patrones.

Ricardo Andrés Gordillo
Héctor Arturo Flórez (Director)

Sistema multinivel para el manejo de clientes, productos y servicios de la empresa Cardogas Ingenieros Ltda.

Cristian Camilo Jaramillo
Duvan Rodríguez
Rocio Rodríguez (Director)

Portal web para la sistematización del control de ventas en la empresa Alarmas Company American Security.

Alejandro Jiménez
Alexander Cabezas
Luis Felipe Wanumen (Director)

Prototipo web para la gestión del área de cultura de bienestar institucional de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Leidy Patricia Carranza
Marisol Gavidia
Héctor Arturo Flórez (Director)

Diseño e implementación de un portal web para apoyar el ejercicio de la crítica de arte en Bogotá.

Aura Isabel Camargo
Blanca Nidia Prieto
Juan Carlos Guevara (Director)

Sistema de información web para tiendas virtuales enfocado al manejo de domicilios en línea.

Oscar Fabián Calderón
Sebastian Felipe Rincón
Héctor Arturo Flórez (Director)

Diseño e implementación de un Help Desk en ambiente web para la empresa OYG Softwarw House.

Dedier Alejandro Bernal
Sonia Alexandra Pinzón (Director)

Ambiente virtual de aprendizaje adaptivo, basado en el estilo de aprendizaje del estudiante, para el apoyo de la enseñanza de los métodos numéricos en la Facultad Tecnológica.

Jhon Edison Londoño
Jorge Luis Ramos
Juan Carlos Guevara (Director)

Sistema de información web de planeación educativa para el manejo y registro del contenido programático de los docentes de instituciones de educación superior.

Einstein Darwin García
Jorge Luis Ramos
Héctor Arturo Flórez (Director)

Sistema de información para el control de los apoyos deportivos del sistema distrital de estadísticas deportivas (SIDED) del IDRD.

Javier Enrique Posada
Héctor Fuquene (Director)

Ambiente virtual de aprendizaje adaptativo utilizando el Framework Jade para apoyar los procesos de enseñanza de pre cálculo.

Andrea Lizeth Manrique
Sol Jullieith Lozano
Juan Carlos Guevarra (Director)

Sistema automático de transición IPV 4 A IPV 6 desde un dispositivo móvil en una red conformada por dos routers cisco.

Fabian Antonio Guzmán

Portal web para soportar el funcionamiento de una comunidad virtual en el grupo de investigación lingüística y tecnología de la Universidad Distrital.

Katterine Rodríguez
Juan Carlos Guevara (Director)

Sistema de información multinivel para el manejo de costos de licitaciones, proyectos y obras de la empresa de ingenieros civiles C/Galu Construcciones y Consultorias S.A.

Lady Viviana Garay
Jeison Stith Arevalo
Rocío Rodríguez (Director)

Simulador educativo para visualizar el comportamiento de algunas ecuaciones diferenciales lineales de primer orden.

Yenny Paola Acosta
María Eugenia Raquira
Juan Carlos Guevara (Director)

Sistema de información web para la gestión administrativa del centro de belleza y estética Bethel SPA.

Sara Lucía Hernández
Francly Hernández
Rocio Rodríguez (Director)

Sistema multinivel para la administración de documentos, contabilidad y servicios relacionados con la gestión y operación de los procesos de la junta de acción comunal barrio la Fragueta.

Karen Alejandra Prieto
Juan Carlos Joya
Rocío Rodríguez (Director)

Sistema de información multinivel para administración y control del área administrativa y académica del colegio Kennedy I.E.D.

Julian Camilo Orjuela
Mauricio Alberto Mora
José Vicente Reyes (Director)

5. Tecnología Industrial

Actualización del subprograma de seguridad industrial para obras civiles de Cusezar S.A.

Liliana Yubelly Munevar
Martha Edith Pinzón (Director)

Estudio de eficiencias e implementación de mejoras en la línea de producción de jugos HIT.

Fredy Alejandro Montaña
Jorge Andrés Chávez
Pablo Emilio Garzón (Director)

Articulación y actualización de documentación a los estándares de habilitación para el sistema de garantía de calidad en Baxter RTS.

Diana Carolina Paez
Milton Jesús Zambrano
Alejandro Padilla (Director)

Actualización del subprograma de seguridad industrial en Manteind Ltda.

Zerith Carolina Valderrama
Martha Edith Pinzón (Director)

Estudio, análisis y mejoramiento del plan de manejo ambiental de residuos orgánicos en la central de Corabastos.

Meleydi Astrid Casallas
Jenny Adriana Quiroga
Fabián Leonardo Santamaría
Gustavo Pedraza (Director)

Propuesta de mejora para la administración de inventarios en el departamento de empaque y producto terminado de la empresa Gaseosas Colombianas del Sur S.A.

Juan Carlos Henández
Humberto Guerrero (Director)

Estudio y diseño de las posibles aplicaciones y procesos industriales del Huito.

Paola Astrid Cañón
Yenny Andrea Montes
Rosendo López (Director)

Análisis, mejoramiento y realización de procedimientos e instructivos bajo esquema de trabajo seguro en la planta de producción de Preflex S.A.

Maira Nayibe Acosta
Juan Carlos Huertas
Victor Hugo Riveros (Director)

Plan para la aplicación de los 10 enfoques primarios del análisis de la operación Genesis Arquitecturay Diseño Ltda.

Michael Jefferson Laiton
Pablo Emilio Garzón (Director)

Metodología para la implementación de un programa de manejo integral de residuos utilizando el siglo de mejora continua P-H-V-A en Protabaco Ltda- planta de Bosa.

Leidy Vianey Sánchez
Gustavo Pedraza (Director)

Guía para la seguridad en las operaciones con cloro gaseoso para la empresa de Acueducto de Bogotá.

Orlando Alfonso Garzón
Gustavo Pedraza (Director)

Estandarización de métodos y tiempos de los productos: ajedrez, alcancía mi casita y tablero con fichas para encajar en Didácticos Pinocho S.A.

Diana Milena Almanza
Manuel Alfonso Mayorga (Director)

Estandarización de tiempos en línea de doblado Soluciones MDS Proeléctricos.

Yerly Patricia Cardona
Pablo Emilio Garzón (Director)

Proyecto Lean Enterprise empresa liviana, para el área de recibo de mercancía de un almacén de cadena.

Hernán Darío Barrios
Victor Hugo Riveros (Director)

Medición de desempeño para la función de producción caso estudio granja Los Saporritos.

Yonni Alexander Castiblanco
Leidi Dadiana Parra
Wilson Alexander Pinzón (Director)

Optimización de la gestión de inventarios en la empresa Armalco S.A.

Adriana Esperanza Beltrán
Humberto Guerrero (Director)

Propuesta de implementación de plan de mejora continua en el programa de mantenimiento preventivo para equipos refrigerantes de Gaseosas Colombianas S.A. Sur.

Edwin Alexander Riaño
Javier Parra (Director)

Racionalización del proceso logístico de Altipal S.A sucursal Bogotá.

Luisa Fernanda Camacho
Victor Hugo Riveros (Director)

Estandarización de los procedimientos en el área de administración de personal de la empresa Teledatos zona franca S.A.

Andrés Camilo Mosquera
Mónica Yinnete Suárez (Director)

Propuesta para el plan de trabajo y mantenimiento de herramienta moldes de inyección en grifería y complementos Corona.

Jhon Alexander Tunarosa
Diego Alejandro Díaz
Carlos Alberto Pachón (Director)

Propuesta para la planeación y programación de inventarios de los elementos de protección personal en la distribuidora Loa Coches de la Sabana S.A.

Geovanny Abril
Darío Camilo Pintor
Mónica Yinnete Suárez (Director)

Subprograma de seguridad industrial con énfasis en el plan de emergencias en la mina de carbón subterránea el Cerrejón.

Jhon Fredy Bustos
Yuri Milena Pinilla

Actualización del programa de salud ocupacional en Multidimensionales S.A.

Susen Dayana Mateus
Martha Edith Pinzón (Director)

Diseño del programa de salud ocupacional en la empresa Repamuebles.

Juan Pablo Aguilar
Pilar Estefany Ríos
Martha Edith Pinzón (Director)

Documentación de los procesos productivos de la línea NCR en la organización Compuspar Colombia Ltda como base para un sistema de gestión de calidad.

Juan Gabriel Caicedo
Pablo Emilio Garzón (Director)

Elaboración del plan escolar para la gestión de riesgo en la institución educativa departamental Ricardo González (sede) municipio de Suachoque- Cundinamarca.

Diego Alejandro Rivera
Jennifer Eliana Serna
Martha Edith Pinzón (Director)

Estudio de viabilidad técnica para la producción de papel a partir del pseudotallo del plátano en Colombia.

Jeison Javier Martínez
Nancy Esperanza Madrid (Director)

Sistema de planeación de la producción en Didáticos Pinocho S.A.

Nilton Jhair Velasco
Manuel Alfonso Mayorga (Director)

Estudio de métodos y tiempos de producción para determinar los costos de mano de obra directa en la empresa Solinoff Corp S.A.

Adrian Carolina Rojas
Aleyci Moscoso (Director)

Reorganización del sistema administrativo de la empresa Aceptar Poligrafo Vsa Ltda.

Alejandra Sánchez
Victor Hugo Riveros (Director)

Elaboración del plan de manejo ambiental para la mina de carbón subterránea " El Cerrejón" en la vereda la Ramada, municipio de Cucunubá - Cundinamarca.

César Alexander Hernández
Rubén Dario Rodríguez
Nancy Esperanza Madrid (Director)

Diseño y elaboración de un modelo de costos para la empresa Agromundiales Bogotá.

Iván Darío Sarmiento
Diana Marcela Velásquez
Rox Mery Lozasa (Director)

Diseño del subprograma de seguridad industrial en la empresa Soloaseo Cafeteria Distribuciones.

Yersson Andrés Muñoz
Martha Edith Pinzón (Director)

Implementación tercera fase medición del impacto de la herramienta competitiva 5S,s aplicado a Multidimensionales S.A.

Jency Viviana Mendivelso
Efrén Alejandro Padilla (Director)

Propuesta de condiciones generales para el trabajo seguro en alturas en Cine Colombia S.A.

Jennifer de los Angeles Ramírez
Victor Hugo Riveros (Director)

Diseño del plan de mejoramiento del proceso de manejo de materiales en el proyecto de nuevos suministros en la compañía americana de multiservicios- Cam Ltda Colombia.

Ana Milena Huérfano
Manuel Alfonso Mayorga (Director)

Actualización manual de funciones Preflex.S.A.

Angie Julieth Maldonado
Mayerly Katherine Quiroga
Angela Pardo (Director)

Diseño de herramientas para análisis y evaluación de riesgos Codensa S.A. Esp.

Ana Maria Baquero
Martha Edith Pinzón (Director)

Actualización del subprograma seguridad en la empresa Pepsico Alimentos Colombia Ltda.

Angie Toro
Michael Steven Córtes
Martha Edith Pinzón (Director)

Modificación e implementación de estándares de seguridad para los almacenes KTRONIX.

Christian Fabian Alape
Jennifer Amparo Morato
Martha Edith Pinzón (Director)

Estudio e identificación de los factores exitosos en la gestión organizacional en el colegio Luis Carlos Galan Sarmiento IED.

Edilia Alejandra Pinzón
Oscar Javier Vargas
Martha Edith Pinzón (Director)

Diseño del programa de administración operativa basado en la gestión por procesos aplicable a la empresa de calzado Cónsul en Bogotá D.C.

Juan Ramón Carrero
Manuel Mayorga (Director)

Manual de procedimientos para el ingreso seguro de personal a un redactor, con el propósito de realizar labores de limpieza y/o mantenimiento en la Empresa Preflex.S.A.

Jonathan Mauricio Romero
José Andres Ruiz
Nancy Esperanza Madrid (Director)

Propuesta de seguridad industrial para empresas panaderas de la localidad de Ciudad Bolivar.

Nelson Gabriel Pérez
Mayra Alexandra Ruiz
Martha Edith Pinzón (Director)

Diseño de una herramienta informática para la optimización de la información del área de calidad, en el departamento de reclamos de Frilay Colombia Ltda.

Angela María Fontecha
Néstor David López
Efrén Alejandro Padilla (Director)

Programa de contramedidas para disminuir el índice de rotación de personal en la empresa Plásticos Flexibles S.AS.

Ana María López
Kelly Tatiana Leal
Pablo Emilio Garzón (Director)

Análisis de factores de riesgo mecánico en la empresa Corpoacero S.A. sede Bogotá línea tubería.

Johan David Bernal
Matha Edith Pinzón (Director)

Diseño de una herramienta administrativa de indicadores de logística para Frito Lay Colombia Limitada, a partir de un aplicativo informático.

Johan Steven Galvis
Fabio Andrés Sánchez
Manuel Alfonso Mayorga (Director)

Diseño de una herramienta administrativa de indicadores de logística para Frito Lay Colombia Limitada, a partir de un aplicativo informático.

Johan Steven Galvis
Fabio Andrés Sánchez
Manuel Alfonso Mayorga (Director)

Reestructuración documental para el sistema de gestión de calidad del área sector industrial Servicios en la Empresa SGS Colombia S.A. bajo los lineamientos de la norma ISO 9001.2008.

Juan Camilo Cardoso
Víctor Hugo Riveros (Director)

Apoyo, mejoramiento y levantamiento de los procesos necesarios para la implementación de un modelo de pronósticos en la multinacional Coltavira S.A.

Diana Milena Vargas
Nelson Eduardo Rodríguez (Director)

Diagnóstico de las condiciones de trabajo y formulación de controles operacionales para la gestión de riesgos en génesis arquitectura y diseño Ltda.

Yuliet Lorena López
Martha Edith Pinzón (Director)

Propuesta organizacional para las partes interesadas o (Stakeholders) del gremio transportador, estudio de caso: Flota la Macarena división de carga.

Carlos Andrés Pardo
Diego Andrés Alturo
Víctor Hugo Riveros (Director)

6. Tecnología Mecánica

Documentación de procesos para la operación del torno CNC Leadwell LTC.20-a con programación Fanuc.

Erick Ricardo Pinto

Análisis de la influencia del tiempo y la temperatura en el esfuerzo de impacto del aluminio 6061 T6 en estado de entrega.

Joyce Eliana Guerrero
Ferney Duban Fonseca

Medición y análisis de las cargas energéticas en distintas aulas en la Facultad Tecnológica.

Oscar Giovanni Sierra
Zamir Alejandro Torres

Diseño e implementación de una torre de enfriamiento para un destilador de agua.

Miguel Angel Triana
Hilder Javier Rey

Diseño del programa de mantenimiento para la empresa Guayalres Ltda.

Oscar Góngora
Juan David Castro

Creación e implementación de un software para el diseño y trazado de rodetes cerrados de las bombas centrífugas de flujo radial.

Hector Manuel Ardila
Jhon Alexis Duque

Evaluación microestructural de los aluminios AA7075T-6, AA6063T-5.

Ivan Andres Mateus

Análisis de la resistencia a la tensión del aluminio 6063-T6 a una temperatura de 180 grados C durante tiempos de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 horas.

Carlos Andres Romero
Joan Sebastián Hernández

Diseño de un vehículo alternativo para el transporte de residuos sólidos recuperables.

Miller Camargo
Sergio Ochoa

Diseño de un prototipo para afilado de herramientas de corte.

Jefferson Deivid Ramírez
Luis Eduardo Vanegas

Estudio del compartimiento mecánico a tensión de un material compuesto por resina epóxica y fibras sintéticas Kevlar K49J.

Victor Fabian Gómez
Sergio Armando Buitrago

Implementación del mantenimiento productivo total en el sector industrial de la empresa PegomaxS.A.

Luis Felipe Beltrán

Análisis de la resistencia al impacto del aluminio 6061-T6 a una temperatura de 150 grados centígrados durante tiempos de 12, 18, 24, 48, y 96 horas.

Benjamin David Navarro
George Antoy Herrera

Diseño de cartilla guía para prácticas en la máquina afiladora Chi TSENG CT -205 para estudiantes e instructores del taller de máquinas y herramientas.

Camilo Martínez
Daniel Galeano

Análisis de la tenacidad a la fractura y flexión del aluminio 6063-T6 a una temperatura de 180 grados durante un tiempo de 12, 18, 24, 48, 72 y 96 horas.

Juan Felipe Rodríguez
Jeisson Fernando Salazar

Análisis de los resultados del ensayo del aluminio 6063 por el método de niebla salina.

Oscar Andrés Grajales
Danny Leonardo Pimentel

Desarrollo de una interfaz para la determinación de esfuerzos en materiales compuestos.

Alejandro Gutiérrez
Camilo León

Diseño de un sistema para la recolección de los gases generados en el tronzado de mangueras industriales con recubrimiento sintético, con la cortadora Dewalt 28700.

Yeirson Mosquera
Cristiam Jair Martínez

Control de posición para una mesa X - Y de una rectificadora.

Omar Ricardo Sánchez
Henry Rodríguez

Estudio metalográfico del aluminio 6061-T6 envejecido artificialmente a una temperatura de 180 grados y tiempos 1, 2, 3,4, 5, 6, 7, 8, 12, 18 y 24 horas.

Jhon Alexander Vergara

Diseño de una máquina de soplado con cabezal móvil para seis moldes intercambiables, de botellas de polietileno de alta densidad cuyo volumen máximo es de un litro.

Darwin Fabián Mamanche
Oriana Galeano

Optimización estructural del modelo TL47 RU por medio del análisis por elementos finitos de un programa Cad para la empresa Quest Internacional.

Stephany Parra

Análisis metalográfico de acero austenítico 304 en una aplicación industrial de transporte de agua.

Jasson Jiménez
Edgar Jerez

Evaluación del diseño del dispositivo mecánico medidor de la vida útil de las prótesis de pie C-Rec.

José Leonardo Rodríguez
Sergio Steven Rodríguez

Modelado por elementos finitos y verificación experimental de esfuerzos de tensión en placas de acero 1020 con concentradores de esfuerzos des- centrados.

Fabián Ricardo Duque
Milly Andrea Jaramillo
Carlos Arturo Bohórquez (Director)

Evaluación del desempeño mecánico energético y ambiental de un motor monocilíndrico alimentado por mezclas Diesel- Biodiesel.

Amaury Andres Ariza
Michael Corredor

Implementación del proceso de espuma pérdida en una fundición de Bronce.

Manuel Arturo González
Willian Alirio Hernández

Elaboración de un manual de funcionamiento para una termoformadora del Grupo Diforma.S.A.

Victor Giovanni Martínez
Fredy Alexander Herrera

Elaboración de un manual para la fresadora marca Heckert referencia Fu 250x1000 repotenciada.

Javier Giovanni Rodríguez

Estandarización de procesos para la fabricación de luminarias en la empresa Rejiluz Ltda.

Jheison Javier Garzón

Análisis de la resistencia a la tensión del aluminio 6063- T5 envejecido a la temperatura de 170 grados centígrados durante tiempos de 12, 18, 24, 48, y 96.

Jorge Esau Tierradentro
Diego Fernando Rodríguez

Desarrollo de un asesor virtual para el mantenimiento preventivo de vehículos.

Juan Camilo Sierra
Oscar Yesid Gutiérrez

Implementación de un sistema de refrigeración con aletas para gabinetes con equipos de telecomunicaciones.

Joan Sebastian Prada
Jóse Monroy

Caracterización mecánica de un poliuretano rígido reforzado con fibra de carbono.

Carlos Augusto Rodríguez
Alexander Piñeros
Henry Moreno (Director)

Estudio y diseño medio de transporte de residuos y escombros.

Angel Andrés Alejo
Cristian Camilo Gutiérrez

Evaluación del comportamiento de 3 hornos solares construidos con cajas de cartón y diferentes aislantes térmicos.

Leonardo Rojas
Luis Sánchez

Proceso y caracterización de material aglomerado con cascarrilla de arroz.

Jhonttan Alexander Romero
Diego Alfonso Paez

Desarrollo de herramientas para selección y costo de bombas y accesorios en sistemas contra incendios sobre una plataforma Excel de acuerdo a catálogos de fabricante para la empresa Civalco.

Yeison Steven Vargas
Carlos Alberto Vergara
Hernando Vélez (Director)

Diseño de un motor stirling con fuente de energía solar para condiciones de radiación en la ciudad de Bogotá.

Cristian Camilo Serrato
Andrés Camilo Torres
Camilo Arias (Director)

Diseño de un sistema de estabilización y suspensión para videocamaras sujetas al cuerpo.

Laura Carolina Bermudez
Iván Darío Castaño

Diseño de un sistema de protección contra incendio para las instalaciones de la compañía Colvatel S.A - ESP.

Deivy Alexander Rodríguez
Jhon Alexander Silva
Yisselle Acuña (Director)

Diseñar una máquina para cortar productos de greda, (bloque de mampostería No 3-5).

Alexander Pinzón
Miguel Arquimedes Castillo

Análisis por elementos finitos de un chasis de Kart.

Fredy Alexander Vargas
Ricardo Parada
Victor Ruiz (Director)

Diseño del plan de mantenimiento preventivo y correctivo sistematizado en el taller de servicio post-venta del concesionario Alciautos Ltda.

Nelson Alberto Castañeda
Nelson Andrés Muñoz
Victor Ruiz (Director)

Diseño de un sistema de recuperación de desechos crudos sólidos para la obtención de almidón de papa para utilizar en las líneas de producción de papas fritas en la empresa Frito Lay Colombia Ltda.

William Yesid Cárdenas
Jorge Ortiz
Luis Ernesto Alférez (Director)

Diseño y construcción de una planta prototipo para la producción de 1 litro por ciclo de biodiésel a partir de aceite vegetal usado.

Daniel Humberto Bohórquez
José David Castro
Yisselle Acuña (Director)

Desarrollo de una unidad en Trnsys para la simulación de motores stirling.

Oswaldo Hidalgo Hidalgo
Johan Mauricio Vargas
Camilo Andrés Arias (Director)

Diseño y construcción de balanza de pesos muertos.

Charles Fernando Alzate
Jhon Fredy Buitrago
Mauricio González (Director)

Diseño de un generador de aire comprimido mediante la utilización de una turbina eólica.

German Alberto Junca
Remmy Juan Luis Gómez

7. Ingeniería Civil**Manual de diseño de rociadores automáticos para edificaciones.**

Laura González
Fernando González (Director)

Emisión de pronóstico hidrológico de inundaciones en el río Tunjuelito aplicando el modelo HEC-RAS.

Omar Yovanny Cárdenas
Jenny Alexandra Robayo
Fernando González (Director)

Evaluación de los métodos constructivos para la construcción y renovación de redes de acueductos a partir de las actividades desarrolladas en los barrios Voto Nacional y Modelia.

Yecika Andrea Cortes
Javier Andrés Ruiz
Carlos Gregorio Pastrán (Director)

Determinación de las propiedades físicas y químicas del material granular obtenido del barrido de las calles y avenidas de Bogotá en la localidad de Usaquen para ser usado como material de construcción.

Diana Paola Robles
Evert Roberth Rodríguez
Diego Garay (Director)

Alternativa para reutilización de material granular B - 200, B - 400, y material generado por demolición de losas en concreto.

Carlos Arturo Betancur
Ricardo Neuta
Wilman Muñoz (Director)

Efecto del proceso de curado en la resistencia a la comprensión del concreto, correlacionado con la teoría de la madurez.

Gabriel Valderrama
Carlos Gregorio Pastrán (Director)

Adaptación e implementación de un sistema sanitario ecológico seco.

Julio Alberto Torres
Héctor Peña
Abner Mariano Granados (Director)

Prevención de la corrosión en el acero por medio de protección catódica.

Luis Eduardo Piamba
 Jhojan Edgardo Zárate
 Carlos Gregorio Pastrán (Director)

Análisis de la resistencia a la compresión del concreto al agregarle aditivos acelerantes, expuesto a temperaturas ambientales inferiores a las óptimas de curado, aplicando ensayos de madurez.

Deisy Cruz
 Angela Astrid Garavito
 Carlos Gregorio Pastrán (Director)

Concreto con cemento blanco de alta resistencia incluyendo adiciones de metacaolín.

Leidy Alexandra Jaramillo
 Johanna Parada
 Raúl Sánchez (Director)

Calificación de procedimiento de soldadura (WPS) de acero Sae 1045 con acero ASTM A 36 unidos mediante soldadura S.M.A.W bajo código AWS1.1008 en anclajes para carcasas metálicas tipo columna obra aeropuerto Nuevo Dorado Calle 26.

Félix Eduardo Vásquez
 Alberto Sánchez
 Rodolfo Feliizola (Director)

Análisis de resistencia de comprensión del concreto a temperaturas inferiores a las óptimas de curado en la temperatura ambiente de la ciudad de Bogotá D.C. mediante ensayos de madurez, generando curvas que permitan realizar interpolaciones a diferentes resistencias de concreto.

Julie Poulina Guevara
 Alejandro Beltrán
 Carlos Gregorio Pastrán (Director)

Variación de la resistencia de elementos de concreto durante el proceso de curado en condiciones normales usando diferentes materiales de protección térmica, aplicando ensayos de madurez.

Leidy Rosalba Peña
 Franci Yaneth Quintero
 Carlos Gregorio Pastrán (Director)

Compación del coeficiente del almacenamiento obtenido en el campo con el hallado por el método de Theis para ocho pozos en la zona noroccidental de Bogotá y la determinación del caudal seguro de recuperación por medio del método estadístico.

Clara Elizabeth Varela
 Carolina Martínez
 Fernando González (Director)

Evaluación bajo parámetros establecidos en la NSR 10, del estado actual del sistema constructivo utilizado en vivienda de uno y dos pisos desarrollada progresivamente en el barrio Sierra Morena entre Calles 69B - 69f sur y entre la transversal 72C y la carrera 73 de la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá.

Claudia Patricia Reyes
 Gloria María Rodríguez
 Diego Garay (Director)

Diseño estructural de obras civiles en subestaciones de energía de alta tensión.

Stefan Leonardo Leiva
 Pedro Torrenegra (Director)

Estudio de tránsito para la implementación de plataformas de grandes superficies en la localidad de Ciudad Bolívar.

Jhon Fabio Florez
 Javier Antonio Montes
 Rodrigo Esquivel (Director)

Diseño y montaje de máquina para el sellado de juntas en losas concretos: Selladora de Juntas.

Elizabeth Bernal
 Wilson Leonardo Rivera
 Wilman Muñoz (Director)

Diagnóstico del proceso del tratamiento de los residuos sólidos orgánicos por medio del compostaje (Lombricultura) en Fosca -Cundinamarca y planteamiento de alternativas.

Edgar Salamanca
 Gigliani Alexander Valencia
 Abner Mariano Granados (Director)

Análisis de la resistencia a la compresión del concreto colocado en obra expuesto a temperaturas ambientales, aplicando ensayos de madurez.

Favio Cesar Bravo
Gustavo Adolfo Mayorga
Carlos Gregorio Pastrán (Director)

Propuesta metodológica para la investigación y desarrollo de la geotecnia Forense en Colombia.

José Dario Gavilanes
Victor Hugo Díaz (Director)

Aplicación de la norma técnica Oshas 18001 al sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional en las obras - accidentes - incidentes.

Angie Marcela Rojas
Carlos Gregorio Pastrán (Director)

Correlación entre los resultados del CBR obtenidos con el cono dinámico y el penetrómetro de bolsillo, en suelos cohesivos y granulares con cohesión, en las localidades de Kenedy y Suba en la ciudad de Bogotá D.C.

Giovanny González
Giovanny Macias
Victor Hugo Díaz (Director)

Diseño de una mezcla de concreto adicionada con escoria de carbón para la elaboración de un bloque liviano para muros no estructurales.

Hector David Luna
Tito Salas
Rául Sánchez (Director)

Análisis del módulo de elasticidad con concreto hidráulico con mezcla de conglomerantes de cementos y metacaolín a 28 días de edad.

Oscar Daniel Restrepo
Camilo Gutiérrez
Rodrigo Esquivel (Director)

Estudio de la capacidad portante para cimentaciones superficiales por medio de confiabilidad estudio de caso edificio básico.

Leidy Milena Hernández
Oscar Manuel Cano
Rodolfo Felizzola (Director)

Diseño de vivienda de la urbanización Villa Adriana Cúcuta comparando el sistema de mampostería estructural con la mampostería confinada para aplicación.

Jhonana Zabala
Diego Leonardo Sánchez
Héctor Pinzón (Director)

Evaluación de alternativas de estabilización de suelos arcillosos expansivos en los diseños de la fase II Y III de la avenida longitudinal de occidente.

Ana María Muñoz
Nicolas Camilo Garzón
Victor Hugo Díaz (Director)

8. Ingeniería en Distribución y Redes Eléctricas

Diseño e implementación de una metodología para el desarrollo de esquemas eléctricos estándar y matriz de solicitud de material eléctrico para celdas de media tensión (7.2kV), con aislamiento en aire (NEX).

Álvaro Fernando Guerrero
Luis Antonio Noguera (Director)

Diseño y construcción de un divisor de tensión para medición de tensiones residuales en dispositivos de protección contra sobretensiones tipo limitador tensión de BT.

Alvaro Orlando Gómez
Germán Andrés Perdomo
Carlos Avendaño Avendaño (Director)

Evolución del costo unitario de prestación de servicio de energía eléctrica para usuarios regulados en el sistema interconectado nacional de Colombia

William Yovanni Ramírez
Yaqueline Garzón (Director)

Guía metodológica para mantenimiento preventivo.

Edwin Rodrigo Lemus
Yaqueline Garzón (Director)

Rediseño de suplencia del circuito portachuelo de la subestacion el sol.

Nelson Ardila Mantilla
Jenny Jobanna Romero
Luis Antonio Noguera (Director)

9. Ingeniería Eléctrica por Ciclos

Herramienta de Soporte Lógico para la Selección de Accesorios en Transformadores (SDT-MDT-LDT) y Coordinación de Protecciones en Transformadores (SDT-MDT especiales).

Freddy Vicente Duarte
Wladimir Sánchez
Luis Antonio Noguera (Director)

Propuesta para la optimización de recursos en mantenimiento preventivo en un módulo de transformación de subestaciones de media o alta tensión usando algoritmos genéticos.

José Joaquín Castañeda
Óscar Julian Matoma
Fernando Martínez Santa (Director)

Metodología de diseño conceptual de una subestación eléctrica de potencia MT de 5 MVA con suplencia y anillo en 34.5 kV.

Fredy Hernando Bohórquez
Pedro Artunduaga Parra
Abraham Vega (Director)

Propiedad de activos eléctricos de nivel 1 de tensión de la ciudad de Bogotá D.C.

Carol Viviana Cepeda
Alexandra Pérez Santos (Director)

10. Ingeniería en Control

Diseño e implementación de un lazo de control de vacío para la optimización de la sección de deshidratación de jabón base en una unidad de proceso continuo de grasas lubricantes.

William Albeiro Amórtegui Pedraza
Pablo Emilio Correa Fuentes
Frank Nixon Giraldo Ramos (Director)

Diseño e implementación de un sistema de control para una máquina de torrefacción de café TC 150Ar para los laboratorios de industrias Quantik Ltda.

Henry Arias Berna I
William Armando Oyola
Henry Montaña Quintero (Director)

Diseño e implementación de un dispositivo para la obtención de la función de transferencia de las plantas Helicóptero y Multitanques del grupo de investigación Orca mediante el método de identificación de sistemas.

Jairo Andrés Corregidor Cuevas
Grosswirth Mauricio Sanabria Sánchez
Andrés Escobar Díaz (Director)

Diseño e implementación de una aplicación de software enfocado a los aspectos de implementación en controladores PID avanzados.

Eder Leandro Cuesta Calderón
Wilson Fernando Mendivelso Bohórquez
Andrés Escobar Díaz (Director)

Diseño e implementación de un módulo de control didáctico completo para el grupo de investigación Orca.

José Roberto García Rojas
Claudia Patricia Pérez Galindo
Andrés Escobar Díaz (Director)

Diseño e implementación de un instrumento para medir el albedo en el volcán nevado de Santa Isabel.

José Edilberto Garzón Núñez
Diego Armando Rodríguez Molina
Frank Nixon Giraldo Ramos (Director)

Automatización del proceso de separación y clasificación de la producción por órdenes de pedido, para la estación de paletizado de la celda de fabricación flexible HAS - 200.

Iván Mauricio Granada Sacristán
Jhony Oswaldo Turizo Tenjo
Jorge Eduardo Porras Bohada (Director)

Diseño e implementación de una interfaz midi para guitarra eléctrica compatible con el software Finale 2003 utilizando el procesador multinúcleo pro-peller.

Óscar Danilo Rocha Salamanca
Harvey Orlando Salazar Acosta
Alberto Delgadillo (Director)

Diseño e implementación de un prototipo analizador de gases para revisión de vehículos livianos a gasolina.

José Antonio Silva Rojas
Andrés Felipe Sánchez Jama
Henry Montaña Quintero (Director)

Automatización para el proceso de fabricación de mallas en la empresa Alambres y Mallas S.A.

Roland Gilberto Acosta Romero
Gustavo Albeiro Gómez Márquez
Alberto Delgadillo (Director)

Estudio, diseño y fabricación sistema de aviónica avión Synergy - Fg.

Jeisson Enrique Amaya Cortés
Frank Nixon Giraldo Ramos (Director)

Diseño e implementación de un simulador de controladores difusos para aplicaciones didácticas.

Manuel Alejandro Cruz García
Jhoana Milena Pulido Garzón
Alfredo Chacón García (Director)

Diseño e implementación de sistema de monitoreo vía web para la lectura y análisis en tiempo real del nivel de combustible para administración de recursos logísticos en flotas de vehículos del servicio público.

Fredy Leonardo Garzón Carreño
Nelson Mauricio Torres Huertas
Holman Montiel Ariza (Director)

Diseño e implementación de un laboratorio remoto de sistemas de control integrado con la plataforma de cursos virtuales Moodle.

Juan Gabriel Sáenz Espitia
Julián Gacharná Bohórquez
Luis Alejandro Rojas Castellar (Director)

Diseño e implementación de un prototipo para la medición de espectros de carga en pavimentos para el grupo Integra.

Jorge Armando Amado Barrera
Maicol Raul Leaño Quintero
Eduardo Alberto Delgadillo Gómez (Director)

Diseño e implementación de un sistema de instrumentación para medir el par motor en motocicletas con cilindraje menor a 175 cc en el centro de servicio Motomoderna.

Edwin Orlando Bolívar Gómez
Edwin Parmenio Cañón Mozo
Henry Montaña Quintero (Director)

Prototipo de emulación de movimiento humano, mediante una plataforma bípeda humanoide.

Milton Vicente Calderón Coy
César Augusto Coronel Segrera
Esperanza Camargo Casallas (Director)

Sistema de control de posición angular aplicado a dispositivos RF con tecnología OFDM, para Enlazar UBAS móviles con centrales principales de salud referenciadas en puntos fijos (Prototipo).

Jairo Aníbal Cuervo Hernández
Frank Nixon Giraldo Ramos (Director)

Diseño e implementación de la solución de automatización del proceso de distribución de producto por color para la máquina HAS - 200 ubicada en el laboratorio de industrial de la Facultad Tecnológica.

Nelly Paola Fonseca Jamaica
Jorge Eduardo Porras Boada (Director)

Diseño e implementación de un controlador en el proceso de estampado y automatización de la máquina ensambladora de bolígrafos marca Harvey en la empresa Newell Rubbermaid.

Luís Enrique Galindo Castro
Luís Alejandro Rojas Castellar (Director)

Prototype robotic positioning for measures of electromagnetic compatibility in human models.

Mauricio Andrés Poloche Arango
Giovanni Bermúdez Bohórquez (Director)

Diseño de sistema Scada con fines didácticos para prácticas de control térmico.

Andrea Carolina Ruiz Díaz
Henry Gabriel Vargas Cruz
Alfredo Chacón García (Director)

Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo basado en tecnología Zigbee.

Pablo Yesith Camacho Gutiérrez
Sandra Yanira Vivas Díaz
Holman Montiel Ariza (Director)

Diseño de un sistema de control para la producción de forraje verde hidropónico.

Edwin Cubides Niño
Geiner Pedraza García
Andrés Escobar Díaz (Director)

Sistema de gestión para el monitoreo y control de nodos ópticos en la red HFC de Telmex Colombia S.A. en la ciudad de Bogotá.

Luis Ediver Jaramillo Lozano
Luis Alejandro Rojas Castellar (Director)

Diseño e implementación de simulador del robot Mitsubishi RVM1 para el laboratorio de robótica en el grupo de investigación Roma.

César Augusto Flórez Gómez
Rafael Alexander Quintero López
Willson Infante Moreno (Director)

Desarrollo de los conceptos pertinentes de análisis de dos temas para la asignatura de sistemas de control y un aplicativo de software.

Viviana Garzón Cardozo
Hammes Reineth Garavito Suárez
Andrés Escobar Díaz (Director)

Diseño e implementación de un modelo rotacional para análisis de las etapas adquisición, monitoreo y telemetría de temperatura en cubiertas basado en sistemas de optimización de trayectorias del centro para investigaciones de la Universidad de Texas Austin.

Heicer Enrique Ledezma Leudo
Gerardo Alberto Castang Montiel (Director)

Diseño e implementación de semi automatización para la máquina Transfer termofijadora de la empresa Amato Ltda.

Diana Milena Patiño Martínez
Henry Alexander Torres Roa
Henry Montaña Quintero (Director)

Diseño e implementación de un sistema Scada para la supervisión y monitoreo de voz y datos por modulación y demodulación para un sistema de comunicación militar con actualización en una base de datos por radiofrecuencia.

Israel Fernando Mejía Rojas
Frank Nixon Giraldo Ramos (Director)

11. Ingeniería en Telecomunicaciones**Sistema de monitoreo centralizado del estado de los equipos de suministro de energía de las estaciones remotas, Rusia (Boyacá) y Montería, que componen la red sísmológica nacional de Colombia (RSNC) de Ingeominas.**

Juan Carlos Amézquita Tovar
Juan Carlos Lizcano Lizarazo
Hermes Javier Eslava Blanco (Director)

Diseño e implementación de una plataforma en red sobre J2EE para la centralización de información y servicios para la empresa Interseg.

Daniel Alexander Ayala Páez
Rafael Fino Sandoval (Director)

Diseño e implementación de un nodo inalámbrico bella flor etapa III para el desarrollo de la red inalámbrica comunitaria de Ciudad Bolívar.

Deisy Yineth Becerra Bocanegra
Yesid Fernel Rodríguez Peña
Luís Fernando Pedraza (Director)

Diseño e implementación de un software de pruebas para evaluar la comunicación de voz sobre Ip en una Pbx - Ip Alcatel usando el protocolo SIP.

Lady Tatiana Beltrán Tunjano
Sara Yaneth Romero Ciendúa
Hermes Javier Eslava Blanco (Director)

Diseño e implementación del sistema de información telefónico comunitario CBD - Conecta 2.

César Johan Carrillo Hoyos
Yudy Constanza Marroquín Forero
Luís Fernando Pedraza (Director)

Diseño e implementación de un sistema prototipo para la configuración de enrutadores desde dispositivos móviles.

Diego Alejandro Chaparro Montañez
Luís Carlos Roncancio Anzola
José David Cely Callejas (Director)

Estudio de la capacidad de la infraestructura de la plataforma de la red de voz corporativa del banco Davivienda S.A. para la ampliación del servicio en oficinas de captación y filiales.

Óscar Armando Contreras Balcárcel
Luis Alejandro Rojas Castellar (Director)

Desarrollo e implementación del sistema de gestión jurídico de la Dian SIGJUR.

Carlos Hernando León González
Camilo Andrés Vargas Pinzón
Duilio Buelvas Peñaranda (Director)

Implicaciones del ingreso de un tercer operador de televisión en los niveles de potencia de fuentes simultáneas de campos electromagnéticos radiados sobre la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

William Andrés Martínez Lancheros
Sergio Alexander Moreno Guzmán
José David Cely Callejas (Director)

Estudio de tráfico de una red corporativa para verificar el impacto generado por una nueva plataforma de virtualización.

Jorge Iván Morales Mendivelso
Juan Felipe Rocha Cuervo
Hermes Javier Eslava Blanco (Director)

Aplicación domótica implementada en un prototipo a escala controlada remotamente desde un web server para el grupo de investigación Teletecno.

Lady Johana Ordóñez Ariza
Stephany Helena Villagrán Solórzano
Hermes Javier Eslava Blanco (Director)

Prueba piloto de la cobertura de una red inalámbrica Wi - Fi para la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas desarrollada en el grupo de investigación Teletecno.

Juan Sebastián Quintero Albornoz
Yuli Andrea Rodríguez Parra
José David Cely Callejas (Director)

12. Ingeniería en Telemática

Sistema de control de ingreso ajustable en base a las reglas de conformidad de una organización.

Rodolfo Alexander Silva
Johan Javier Trujillo
Juan Carlos Guevara (Director)

Sistema distribuido para soportar un gestor de preferencias y necesidades personales de acceso a recursos digitales basado en estándar ISO/IEC 24751.

Giovanny Mora
Juan Carlos Torres
Juan Carlos Guevara (Director)

Plataforma colaborativa para apoyar los procesos de desarrollo de software en equipos de trabajo.

María Isabel Cuellar
Roger Alexander Ruiz
Juan Carlos Guevara (Director)

Sistema distribuido que soporta la entrega de recursos de aprendizaje adaptados de acuerdo al rendimiento cognitivo de cada estudiante en entornos virtuales de aprendizaje.

Diana Elizabeth Ramírez
Nathaly Segura
Juan Carlos Guevara (Director)

Simulación y optimización topológica del diseño de una red de computadores a través de la implementación de un algoritmo metaheurístico de resolución multiobjetivo.

Jhon Jairo Gutiérrez
Gabriel Cruz
Roberto Salas (Director)

Estudio de factibilidad, para la implementación de una organización dedicada a la gestión documental.

Jhon Jairo Zuñiga
Óscar Alfonso Castro
Jairo Hernández (Director)

Sistema bodega de datos para la administración de los indicadores del sistema de universidades estatales - SUE - soportado por un sistema distribuido, para la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Andrés Felipe Mora
Jeisson Alexander Hernández
Juan Carlos Guevara (Director)

Generación de notificación enviadas a un teléfono móvil utilizando un servidor VoIP implementado en Asterisk.

Leidy Marcela Tovar
Marily Tovar
Guillermo Hurtado (Director)

Sistema M-Learning para la enseñanza de matemáticas en básica primaria.

Fany Rocío Suárez
Yair Castro
Jairo Hernández (Director)

ATRIA: Sistema de recuperación de items en repositorios distribuidos para la generación de evaluaciones adaptativas apoyados en la teoría de respuestas al ítem.

Yehiry Pulido
Gloria Milena Fernández
Juan Carlos Guevara (Director)

Diseño y desarrollo de un prototipo de aplicación móvil para la administración de un servidor de correo.

Heidi Viviana Sánchez
Yudith Lorena Laguna
Luis Felipe Wanumen (Director)

Sistema prototipo para el monitoreo de redes bajo el protocolo SNMP y socialización de información en arquitectura Microblogging.

Andrés Felipe Erazo
Óscar Augusto Moreno
Guillermo Hurtado (Director)

Estudio técnico para determinar las herramientas tecnológicas (hardware, software y redes) necesarias para dar inicio a un centro de llamadas.

Sandra Milena Medina
Yeimmy Lee

Sistema para la gestión de los clientes corporativos basado en Business Intelligence.

Fabio Martínez
Cristihan Steven Cruz

Sistema de gestión y control de interventorías para la contratación de la administración pública bajo entorno web.

Óscar Xavier Borré
Miguel Ángel Leguizamón (Director)

Prototipo de sistema de información móvil de activos viales de Bogotá para el Instituto de Desarrollo Urbano - SIMAV.

Javier Alexander Joya
Wilson Castillo
Gerardo Alberto Castang (Director)

Sistema de trazabilidad para el proceso de revestimientos cerámicos.

Doris Janneth Ramírez
Jhon Alberto Martínez
Miller Gómez (Director)

Prototipo de aplicación móvil para la venta de tickets aéreos.

Francisco Javier Niño
Luis Felipe Wanumen (Director)

Aplicación prototipo para la gestión, medición, análisis y seguimiento de sitios Web.

Viviana Andrea Martínez
Adriana Amaya
Guillermo Hurtado (Director)

Sistema de optimización de inventarios a través de agentes inteligentes.

Ludy Andrea García
Alexander Olarte
Roberto Salas (Director)

Sistema multinivel para la gestión de historias clínicas que permita sincronización bidireccional con dispositivos móviles compatibles con J2ME.

Alba Carolina Delgado
Juan Gabriel Quintero
Sonia Alexandra Pinzón (Director)

Aplicación Web en agentes inteligentes para la búsqueda de información bibliográfica - (AIBIB).

Alexander Amórtegui
Angélica María Sánchez
Jorge Enrique Rodríguez (Director)

Amigo virtual para niños en dispositivos móviles bajo políticas de internet sano.

Yuri Rocío Ramírez
Diana Milena Salazar
Juan Carlos Guevara (Director)

Aplicación VoIP para dispositivos móviles sobre redes WI-FI privadas.

Alex Andrés Yepes
Gerardo Alberto Castang (Director)

Prototipo de software para gestión de ancho de banda para Vlans basado en agentes inteligentes.

Juan Pablo Rincón
Edwin Neyid Fernández
Guillermo Hurtado (Director)

Observatorio virtual Diversidad Y Educación como plataforma de información, comunicación e integración de personas y organizaciones en el contexto educativo.

Cecilia Ávila
Paola Andrea Rivera
Juan Carlos Guevara (Director)

Aplicación móvil basada en Business Intelligence para el apoyo a la toma de decisiones en restaurantes.

Ginna Eloiza Largo
Juan Carlos Guevara (Director)

Implementación del criptosistema de curva elíptica en un prototipo de aplicación móvil para E-Commerce.

Camilo Andrés Barbosa
Yesid Alberto Tibaquira
Gerardo Alberto Castang (Director)

Herramienta software para la implementación de algoritmos basados en técnicas metaheurísticas, orientados a optimizar el establecimiento de rutas para el flujo de información en comunicaciones de multidifusión.

Jhon Alejandro Benito
Juan Manuel Rodríguez
Roberto Salas (Director)

Generador de sistemas de respuestas de voz interactiva para la venta de tiquetes en el transporte terrestre intermunicipal.

Jhon Albeiro Alvado

Jorge Antonio Caro
José Vicente Reyes (Director)

Sistema de procedimiento distribuido como soporte al módulo de búsqueda sobre repositorios de objetos virtuales de aprendizaje para la plataforma de E-Learning Dotlrn.

Jorge Luis Bacca
Adriana Noguera
Juan Carlos Guevara (Director)

Sistema automático de notificaciones a través de servicios web móviles para la comunidad académica de la Universidad Distrital.

Ana María Mariño
César Alejandro Sastoque
Guillermo Hurtado (Director)

Aplicación en línea para la realización del proceso de ventas de tiquetes de transporte intermunicipal mediante un datáfono.

Diego Antonio Guerrero
Ana María Martínez
Luis Felipe Wanumen (Director)

Sistema de monitoreo inteligente como ayuda en niños con síndrome de Down para interpretación de caracteres numéricos y alfabéticos.

Óscar Andrés Vega
Nelson Becerra (Director)

Propuesta de políticas de seguridad para entidades prestadoras de servicios informáticos basados en el estándar ISO/IEC 27002:2005.

Lady Johana González
Yenny Isabel Serrato
Miguel Ángel Leguizamón (Director)

Sistema de información E-Government para la gestión de la continuidad al Sisbén.

Dalia Natali Suárez
Guillermo Hurtado (Director)

Sistema de información para la consulta y actualización en líneas de historias clínicas entre centros médicos.

Rosa María Cadena
Robison Quintero
Gerardo Alberto Castang (Director)

Difusión de contenidos educativos basados en T-Learnig a través de televisión digital interactiva.

Óscar Iván Guavita
 Jhon Edilson Arévalo
 Gerardo Alberto Castang (Director)

Aplicación web para el monitoreo del escritorio remoto y el estado de las estaciones de trabajo de una red LAN por medio de un dispositivo móvil.

Elizabeth Ochoa
 Luis Felipe Wanumen (Director)

13. Ingeniería de Producción**Plan de negocios para la creación de la empresa Dog-Gers dedicada a la producción de artículos para mascotas.**

Yeimmy Esmeralda Fajardo
 Pablo Emilio Garzón (Director)

Caracterización del proceso productivo fundamentando procesos de mejora a través de métodos modelados en línea de todo de la planta de Frito Lay Bogotá.

Sulma Carolina Acosta
 Edwin Idelman Estupiñán
 Wilson Alexander Pinzón (Director)

Propuesta para la formulación de un plan de manejo ambiental para la empresa Hilat S.A.

Yenifer Coronado
 Mónica Andrea Hurtado
 Gustavo Pedraza (Director)

Formulación del plan de optimización de procesos del área de ensamble de Plastihogar S.A.

Luis Rey Castro
 Sandra Paola Fonseca
 Manuel Alfonso Mayorga (Director)

Propuesta del plan de manejo ambiental para la empresa Sociluz S.A-Esp.

Iván Darío López
 Diana Syrly Olaya
 Mónica Yinnete Suárez (Director)

Optimización de la gestión de inventarios en Proactiva de Servicios Integrales S.A. ESP a través de modelos de gestión y operación.

Leidy Carolina Rueda
 Wilson Alexander Pinzón (Director)

Caracterización y modelaje de la planeación y programación de la producción mediante teoría de las restricciones TOC en línea de corte.

Johana Milena Reyes
 Wilson Alexander Pinzón (Director)

Elaboración del informe de sostenibilidad en aerovías del continente Americano -Avianca- mecanismo de transferencia social medioambiental.

Hivon Lorena Suárez
 Manuel Alfonso Mayorga (Director)

Plan de racionalización de los procesos en el restaurante Ktamarán Club.

Norma Esmeralda Pulido
 Jimmy Alexander Valero
 Manuel Alfonso Mayorga (Director)

Segunda ley de Newton en gestión de las transformaciones por física mecánica de la planta.

Carlos Arturo Triana
 Wilson Alexander Pinzón (Director)

Diseño de una propuesta de un sistema de capacitación de vapores y control de riesgos químicos en el proceso de galvanizado de la empresa Corpacero S.A.

Milton Ponce
 Gustavo Pedraza (Director)

Propuesta de tratamiento de aguas residuales industriales con altas cargas de materia orgánica a través de humedales artificiales utilizando plantas Macrofitas Eichornia Crassipes y Lemna Minor.

María Isabel Becerra
 Fernando Gabriel Ricardo
 Nancy Esperanza Madrid (Director)

Sistema de costos para las mipymes de confecciones en Bogotá.

Jenny Paola Cervera
 Gustavo Pedraza (Director)

Sistema de aprovechamiento para la reutilización de aguas residuales en proyectos de conjuntos residenciales en la ciudad de Bogotá.

Vivian Yuseli Macias
Carolina Rivera
Gustavo Pedraza (Director)

Estudio de factibilidad para obtención del almidón de yuca, fertilizantes y biogas a partir de la gestión integral de los residuos sólidos orgánicos generados por la finca Santa Helena y Verfrucol Ltda.

Yadira Enerye Buitrago
Lilian Johanna Murcia
Luz Ángela Ospina
Gustavo Pedraza (Director)

Formulación de un plan ambiental para el Hospital Cardiovascular del Niño de Cundinamarca.

Luz Andrea Bello
Gustavo Pedraza (Director)

Plan de reestructuración de los procesos productivos en la línea de repintado automotriz en SVM Colisiones.

Diana Karime Rodríguez
Manuel Alfonso Mayorga (Director)

Estudio de factibilidad para la creación de una empresa en la ciudad de Bogotá dedicada a la recuperación de plásticos.

Diana Carolina Ortiz
Roger José Peña
Manuel Alfonso Mayorga (Director)

Identificar y describir el flujo y control de los materiales del proceso en la gestión de producción más limpia en la manufactura del calzado en Bogotá D.C. mediante modelo matemático.

Victor Hugo Hernández
Jhon Jairo Quiroga
Wilson Alexander Pinzón (Director)

Desarrollo de un modelo matemático para la optimización de los factores productivos en la microempresa Galvis Motor.

David Andrés Galvis
Wilson Alexander Pinzón (Director)

Evaluación de la capacidad depurativa del biolodo y las plantas Macrófitas Eichornnia Crassipes y Lemna Minor en tratamientos de aguas residuales con altas cargas orgánicas, del proceso productivo de la industria cárnica en Bogotá D.C.

Olga Cecilia Bernal
Diana Rocío Ramírez
Nancy Esperanza Madrid (Director)

Estudio de caso para la programación de recursos en el hospital regional San Francisco de Gacheta.

Rafael Ernesto Hidalgo
Javier Parra (Director)

Propuesta de implementación de Balanced Scorecard para la cooperativa Multiactiva Suplan.

Leydi Bibiana Murcia
Paula Andrea Suárez
Jairo Darío Murcia (Director)

Propuesta para la implementación de herramientas de producción más limpia en la granja porcícola San Luís ubicada en la finca - La Regadera, vereda - Las Quintas - municipio de Apulo Cundinamarca.

Diego Arley Triana
Gustavo Pedraza (Director)

Alternativas de mejora para el uso adecuado al agua en los lavaderos de vehículos en Bogotá.

Jacqueline Gaviria
Fabian Gómez
Wilson Alexander Pinzón (Director)

Evaluación de alternativas y presentación de propuestas para la gestión de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos en la plaza de mercado de Paloquemao de Bogotá.

Jeniffer Lizeth Alfonso
José Alfredo Londoño
Gustavo Pedraza (Director)

Estudio técnico para la producción de celulosa a partir de material orgánico producido en las plazas de mercado de la ciudad de Bogotá D.C.

Ingrid Melissa Corredor
Paola Andrea Moreno
Nancy Esperanza Madrid (Director)

Propuesta de diseño de estrategias de competitividad para las microempresas del sector confecciones, basadas en conocimiento.

Francy Leonor Camargo
Andrea Carolina Flórez
Pablo Emilio Garzón (Director)

Propuesta para el rediseño en procesos para adaptación de un sistema ERP en la compañía Metalcomesa S.A. del sector metalmeccánico petrolero.

Nelsy Johanna González
Mauricio Ramírez
Javier Parra (Director)

Identificar una metodología para la organización y control del almacén en el sector de los plásticos.

Luz Stella Sastoque
Wilson Alexander Pinzón (Director)

Propuesta metodológica para el alineamiento de las normas, Florverde, Eti y Global G.A.P. Para la empresa agrícola Cunday S.A.

Milena Álvarez
Mariluz Matiz
Alejandro Padilla (Director)

Propuesta para la acreditación del laboratorio de bioensayos del grupo de investigación Gritox adscrito al instituto de agricultura Universidad de los Llanos, bajo la norma técnica Colombiana NTC - ISO/IEC17025:2005.

Edwin Alejandro Quitian
Luis Alfonso Velasco

Modelo matemático multicriterio para la asignación óptima de personal para empresas de vigilancia.

Marisol Castro
Ana Cristina Salazar

Plan de manejo integral de residuos sólidos para el municipio de la Palma Cundinamarca.

Angie Katherine Rico
Gustavo Pedraza (Director)

Estudio de factibilidad para el montaje de una planta de aprovechamiento de escombros en el municipio de la Calera.

Alcira Patricia Urbina
Manuel Alfonso Mayorga (Director)

Análisis de los sistemas comerciales en uso y su incidencia en el precio de productos Y/O servicios del sector restaurantes en Bogotá.

Luisa Fernanda Frasser
Diana Marcela Rodríguez
Wilson Alexander Pinzón (Director)

Estructura para un modelo de costos basado en técnicas matemáticas y estadísticas en la cadena de valor empresarial del sector de alimentos para animales.

Olga Esperanza Álvarez
Leydy Andrea Rincón
Wilson Alexander Pinzón (Director)

Formulación del plan de gestión integral de residuos orgánicos como alternativa para el mejoramiento ambiental de la finca Buenavista.

Jacqueline Cuán
Maryerly Silgado

Diseño de la política y la planificación del sistema de gestión ambiental según la norma iso 14001:2004 para la planta de ensamblaje de detonadores no eléctricos Exel.

Óscar Gildardo Hernández
Héctor Javier Peña
Nancy Esperanza Madrid (Director)

Propuesta para optimizar la planeación, programación y control de la producción de componentes dentales en titanio en Imeti Ltda.

Edwar Alirio Ordoñez
Robison Pacheco (Director)

Estudio de factibilidad para la creación de una empresa prestadora de servicios de estampado en prendas de vestir.

José Raúl Pinzón
Matha Edith Pinzón (Director)

Modelo de investigación de operaciones para optimizar la utilidad de los microseguros de vida Positiva Compañía de Seguros S.A.

Edna Rocío Martínez
Robison Pacheco (Director)

Diseño de estrategias de optimización en la logística interna para el fortalecimiento de la sección hogar en almacén Alkosto S.A.

Jenny Marcela Niño
Yeimi Juliana Mantilla
Humberto Guerrero (Director)

Caracterización de las alternativas para la transformación de aceites lubricantes usados, generados en la localidad de Ciudad Bolívar.

Viviana Aya
Jorge Armando Monroy
Wilson Alexander Pinzón (Director)

Diseño de un sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional articulado el Ruc 2010 con la norma NTC Ohsas 18001:2007; caso de estudio aplicado en una empresa del sector vigilancia.

Javier Ernesto Sánchez
Ángel Ricardo Torres

Diseño de un sistema de gestión basado en la norma Globalg A.P. para el cultivo de gulupa en Colombia con fines de exportación.

Iván Canro
Dina Rosa Cortés
Nancy Esperanza Madrid (Director)

Plan de manejo ambiental del proceso productivo en Guala Closures de Colombia Ltda.

Aiza Yohana Piñeros
Gustavo Pedraza (Director)

Propuesta de plan de manejo ambiental para industrias Keramit Ltda.

María Angélica Pardo
Gustavo Pedraza (Director)

Comparación de las tendencias de manufactura esbelta en el campo de la ingeniería de producción.

Natalia Diago
Eduard Fabián Barragán
Wilson Alexander Pinzón (Director)

Diseño de un modelo matemático de producción para la fabricación de muebles en madera en la empresa Prodema.

Yenny Leguizámon
Juan Camilo Nieto
Wilson Alexander Pinzón (Director)

Diagnóstico del manejo actual de residuos sólidos en el municipio de Sibaté Cundinamarca.

Claudia Patricia Ojeda
Yeny Paola Ramírez
Gustavo Pedraza (Director)

Análisis de la cadena de valor del caracol Helix Aspersa Muller en Cundinamarca.

Miguel Ángel Pardo
Wilson Alexander Pinzón (Director)

Aplicación del Balanced Scorecard y las cadenas Markov, para el direccionamiento de los procesos operativos de AM Corporative Logistix S.A.

Henry Mauricio Valderrama
Wilson Alexander Pinzón (Director)

Formulación de un modelo de transporte para distribuciones masivas en la zona sur de Bogotá.

Darwin Arley Rodríguez
Joaquín Guillermo Tamayo
Wilson Alexander Pinzón (Director)

14. Ingeniería Mecánica**Protocolo para el diseño de moldes de inyección de dos placas para materiales termoplásticos.**

Alejandro Moreno
Manuel Alfonso Mayorga

Captura y análisis mediante software de las variables de funcionamiento del banco didáctico de refrigeración por comprensión de vapor del laboratorio de térmicas de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Pedro Elias Fernández
Orlando Gómez

Determinación del potencial de los sistemas de enfriamiento evaporativo en Colombia.

Luis Bernardo González
Diego Andrés Sánchez
Camilo Arias (Director)

Diseño para automatizar los brazos de una máquina de pulpo serigráfico 6x6.

Óscar Mauricio Espitia
Mauricio Rene Tique
Luini Hurtado (Director)

Desarrollo e implementación de un software interactivo para el estudio de las turbinas Pelton.

Catalina Bernal
Luis Alberto Cagua
Yisselle Acuña (Director)

Estandarización de los procesos operacionales encontrados en la estación de compresión de gas natural Padua con unidades compresoras Ariel JGK-4 Y motor Waukesha de combustión interna a gas.

Manuel Eduardo Castillo
Alexander Ladino
Antonio López (Director)

Cálculo y diseño de una máquina torcionadora utilizada en forja artística.

César Giovanni Arévalo
Leonardo Ruiz
Fabio Raúl Pérez (Director)

Diseño y fabricación de un sistema triturador para recuperación de poliestireno expandido.

Fredy Leonardo Caicedo
Iván Martínez
Germán Sicacha (Director)

Implementación de un proyecto piloto de RCM en la planta de GM colmotores para el área de mantenimiento.

Nelly Omaira Aguirre
Antonio López (Director)

Diseño de ventilador de chorro para ventilación de túnel de carretera.

Angie Lizeth Espinosa
Lady Fajardo
Waldir De Oliveira (Director)

Diseño de cortadora y empacadora de vegetales.

Hernán Darío Rincón

Diseño de un sistema de refrigeración de aceite para el sistema hidráulico de la prensa horizontal -Charle/ Montanari.

Anthony Deiby Rivera
Dairo Giovanny Vivas
Ricardo Porras (Director)

Diseño y construcción de un banco de pruebas didáctico de una micro turbina Pelton.

Fredy Antonio Fernández
Yady Yossianny Ariza
Ricardo Porras (Director)

Desarrollo de una aplicación informática para facilitar el cálculo de estructuras metálicas tipo armadura en 2D Y 3D mediante el método de elementos finitos utilizando Ansys.

Juan Carlos Abril
Jorge Armando Camacho
Carlos Arturo Bohorquez (Director)

Diseño y cálculo estructural de una celda autoportante de telecomunicaciones para una velocidad de viento de 120 km/h.

Miguel Bustos
Miguel Betancourt

Estudio del compartimiento tensil uniaxial del Níquel como materia nanocristalina.

Andrés Yesid Morales
Luis Alexander Duarte

Desarrollo de un protocolo para el diseño de moldes de dos placas, para inyección de materiales termoplásticos.

Alejandro Moreno
Wilmer Andrés Castillo

Validación del modelo matemático de amortiguador magnetoreológico, para una configuración particular de pistón bobina.

Yina Fauzully Quintero
Andrés Guillermo Guasca (Director)

Estado de la investigación sobre la resistencia a la tensión de los nanotubos de Carbono.

John Alexander Silva
Amparo Jadith Vargas

Instrucciones para los autores

Tekhnê

Tecnología al servicio de la sociedad

Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Facultad Tecnológica

Revista Tekhnê

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad Tecnológica

Alcance y política editorial de la revista

La revista Tekhnê es una revista institucional de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia). Es arbitrada y acepta trabajos originales en el campo de la ingeniería, la tecnología y las ciencias aplicadas, con la condición de que sean producto de trabajos de investigación. Desde su primer número en el año 2003, la revista ha mantenido su regularidad.

Posee un carácter científico-académico, y atiende a la comunidad nacional e internacional especialista en áreas de ingenierías eléctrica, electrónica, mecánica, de sistemas, industrial y civil. Publica resultados de investigación en español o inglés (artículos originales e inéditos), y está completamente abierta a especialistas de todo el mundo en calidad de autores y/o lectores. Es arbitrada mediante un proceso doble ciego, con rotación continua de árbitros. Como elemento particular, en cada volumen de la revista se incluye, a modo de difusión, una relación de los trabajos finales de grado de la Facultad Tecnológica en sus ciclos de tecnología e ingeniería.

La revista Tekhnê posee una periodicidad semestral, coincidente con los semestres académicos de la Universidad Distrital. La publicación se realiza los meses de julio y diciembre de cada año. El proceso de evaluación de los trabajos sometidos para la publicación contempla un proceso de aceptación inicial por parte del Comité Editorial, quien verifica el cumplimiento de los parámetros editoriales, y una evaluación por pares académicos mediante un proceso doble ciego. El tiempo que toma para decidir sobre la aceptación de un trabajo nunca supera los seis (6) meses a partir de la fecha de recepción.

La revista Tekhnê está comprometida con altos estándares de ética y toma las medidas posibles para evitar las malas prácticas como el fraude y el plagio. Todos los autores deben declarar que sus manuscritos son originales, inéditos y de su autoría, condición necesaria para ser considerados por el Comité Editorial. La revista Tekhnê también se compromete a garantizar una justa, objetiva y rápida revisión de los manuscritos tanto por árbitros como por parte del Editor. Los autores reconocen que han dado a conocer cualquier conflicto real o potencial de intereses con su trabajo o de beneficios parciales asociados a través de la cesión de derechos.

Tipos de artículos aceptados

La revista publica exclusivamente artículos de Investigación Científica y Tecnológica (según clasificación del Índice Nacional de Publicaciones Científicas y Tecnológicas Publindex de Colombia), los cuales se caracterizan por presentar resultados originales de proyectos terminados de investigación, con secciones claramente diferenciadas de introducción, metodología, resultados y conclusiones. Otro tipo de artículos como los denominados de reflexión, revisión, artículos cortos o reportes de casos no son aceptados, y serán rechazados por el Comité Editorial sin surtir proceso alguno de evaluación.

Formato del manuscrito

En cuanto a estructura, deben ser evidentes las secciones de introducción, metodología, resultados, conclusiones y referencias. El resto del documento se debe conformar en concordancia con su contenido. La longitud no debe superar las 25 páginas en su totalidad. En la parte inicial de la primera página se debe incluir: (1) Un título del manuscrito, corto, descriptivo del contenido y atractivo para el lector. (2) Nombre completo de los autores y detalles de afiliación institucional, incluido correo electrónico. (3) Resumen (en español e inglés) del manuscrito con un tamaño máximo de 250 palabras, que establezca el objetivo, la metodología, los resultados y principales conclusiones. (4) Palabras claves, máximo cinco, en minúsculas y separadas por comas.

En cuanto al formato de documento solicitado a los autores, se pide no utilizar estilos de los procesadores de textos. El manuscrito debe estar a una columna, a espacio sencillo entre líneas de texto y sin dejar espacio entre párrafos y entre títulos y texto. Se debe seleccionar papel tamaño carta (21 cm de ancho por 29.7 cm de largo), en forma vertical. Los márgenes deben ser 2 cm en todos los lados (izquierda, derecha, arriba y abajo). Se debe usar letra Times New Roman (si no se posee, utilizar una de tipo serif similar) sin reducción de espacio entre caracteres, con tamaño de 12 puntos. Por ningún motivo se aceptarán trabajos que incluyan letras, palabras o símbolos manuscritos en el texto. Las tablas y figuras deben ser claras y nítidas, insertadas (no pegadas) en el documento como un único objeto (no agrupación de varios) con la mayor calidad posible. Se pide que estas figuras sean remitidas en un archivo comprimido por separado. Si se usan líneas o figuras en colores, no se debe usar colores claros (amarillos, celestes y similares). El Editor se reserva el derecho de eliminar toda figura o tabla que no cumpla las normas. Toda figura, tabla, ecuación o referencia incluida en el manuscrito debe estar referenciada/citada en el cuerpo del documento. No se debe usar sangría en ninguna sección del artículo. Las referencias se deben manejar correcto estilo APA sexta edición. No se deben utilizar notas al pie de página, y usar máximo tres niveles para los títulos. Se puede incluir una sección de Agradecimientos, redactada en forma sobria, de no más de cuatro líneas justo después de las Conclusiones.

En cuanto al formato del archivo, se puede utilizar cualquier procesador de textos, siempre y cuando el contenido sea completo y editable (no se permite archivos *.txt). Los formatos recomendados son: *.rtf, *.doc, *.docx, *.odt, *.wpd y *.tex. En caso de utilizar Latex, se deben remitir todos los archivos fuente.

En cuanto al lenguaje y estilo de redacción, se deben utilizar oraciones simples y evitar regionalismos. Se debe poner especial cuidado en el correcto uso de la ortografía y redacción, de acuerdo a Normas de la Real Academia Española (www.rae.es).

Formato de publicación

Los manuscritos son publicados siguiendo el estilo APA sexta edición. Esto es realizado en la diagramación, y es transparente para los autores.

Cambios en la edición

El Editor se reserva el derecho, y así lo acepta el(la)(los) autor(a)(es) con el sólo envío del manuscrito, de realizar modificaciones con el objeto de lograr una mejor presentación e impacto del trabajo. Estas modificaciones pueden incluir cambios en el título, resumen, palabras clave, figuras, tablas y texto, entre otros, cambios que no afectan, según el Editor, la esencia del trabajo enviado por los autores. En particular, figuras que no pueden ser bien reproducidas pueden ser eliminadas por el Editor. Las referencias incompletas serán también eliminadas por exigencias de las bases de datos.

Envío de manuscritos

Los autores deben enviar sus manuscritos en formato digital al correo electrónico de la revista tekhneud@gmail.com.

Proceso de publicación

El proceso que sigue la revista para la evaluación y publicación de trabajos es el siguiente:

- Recepción del manuscrito (primera versión, convocatoria permanente)
- Verificación de normas por parte de auxiliar de la revista
- Notificación a autores de recepción, solicitud de ajustes de forma y de diligenciamiento de formato de datos de autores
- Recepción de manuscrito (segunda versión) y formato de datos de autores
- Revisión por parte del Comité Editorial
- Notificación a autores de si el manuscrito entra o no a evaluación por parte de pares
- Envío de manuscrito a pares seleccionados
- Recepción de evaluación de pares
- Notificación de evaluación a autores, y solicitud de correcciones si son pertinentes
- Recepción de manuscrito (tercera versión)
- Estudio de manuscrito corregido por parte del Comité Editorial
- Notificación a autores de decisión final de publicación y solicitud de carta de cesión de derechos
- Recepción de carta de cesión de derechos
- Corrección de estilo y diagramación del manuscrito
- Envío de versión final a autores para verificación de errores y aprobación final
- Publicación del artículo
- Notificación a autores de publicación
- Entrega de ejemplares a autores

Contacto

Para cualquier solicitud de información adicional puede comunicarse con:

Prof. Fredy H. Martínez S.
Editor y director revista Tekhnê
Sala de Revistas, Bloque 5, Oficina 301
Facultad Tecnológica
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Transversal 70B No. 73A-35 sur
Teléfono: (571) 3238400 Ext. 5003
Celular: (57) 3005585481
Bogotá D.C., Colombia
E-Mail: tekhneud@gmail.com