

# Impacto del ENUM en las redes y los servicios

Por MSc. Marcos Antonio Pérez García, Experto en Numeración y Encaminamiento, Vicepresidente Comisión Estudio 2 UIT-T, Vicepresidencia de Desarrollo y Tecnología, e Ing. Nelson Prieto Rivero, Especialista Principal, Dpto. Desarrollo, Dirección Territorial Las Tunas, ETECSA  
[marcos.perez@etecsa.cu](mailto:marcos.perez@etecsa.cu), [nelson.prieto@ltu.etecsa.cu](mailto:nelson.prieto@ltu.etecsa.cu)

## I Introducción

El protocolo ENUM —*Electronic Numbering Mapping o Telephone Number Mapping*— correlaciona los números de los planes de numeración nacionales conforme con la Recomendación E.164, Plan Internacional de Numeración de las Telecomunicaciones Públicas, de la UIT-T [1] con los Identificadores Uniformes de Recursos —*Uniform Resource Identifier* (URI)— almacenados en las bases de datos jerárquicas y físicamente distribuidas del Sistema de Nombre de Dominio o *Domain Name System* (DNS) definido en la RFC 3761 [2] del IETF.

Es evidente que la necesidad de soluciones como el ENUM se debe a que los números telefónicos no tienen significado en una red IP. Además, existen indicadores sólidos [3] que sugieren que los números E.164 permanecerán como el identificador para los servicios de voz a largo plazo; estos se basan, entre otros, en las siguientes características:

- ♦ Son comprensibles universalmente.
- ♦ Son únicos.

• Son neutrales con respecto a la tecnología.  
• Se asientan en un fuerte sistema de normas internacionales.  
El ENUM se enmarca dentro de los esfuerzos de los organismos mundiales de normalización —IETF, UIT, ETSI— para la consecución de un identificador personal en las telecomunicaciones. Este constituye la base de nuevos servicios en los cuales no se tiene experiencia práctica, por lo que se ha considerado desarrollar lo que, en un principio, se denominará ENUM de Usuario en la Intranet de ETECSA.

Después de abordar algunos de los principales aspectos del protocolo ENUM, en el trabajo se describirá el escenario inicial del ENUM de Usuario en la Intranet de ETECSA, y se relacionan algunas de las lógicas de servicios en desarrollo y otras en perspectivas.

## 2 ENUM

Los 4 aspectos siguientes que se derivan de la definición del ENUM requieren una breve explicación:

- ♦ Números E.164
- ♦ Identificador de Recursos Uniforme
- ♦ Sistema de Nombre de Dominio
- ♦ Dominio “e164.arpa”

### Números E.164

El Plan Internacional de Numeración para las Telecomunicaciones lo establece la Recomendación E.164 de la UIT-T. En esta recomendación se definen la estructura y la funcionalidad para las tres principales categorías de números que se utilizan en las telecomunicaciones públicas internacionales: las zonas geográficas, los servicios mundiales y las redes.

El número de telecomunicaciones públicas internacionales para áreas geográficas se compone de un número variable de cifras dispuestas en campos de código específicos. Los campos de código del número de telecomunicaciones públicas internacionales son el indicativo de país —*Country Code* (CC)— y el

Número (Significativo) Nacional  
—*National (Significant) Number (N(S)N)*—.

La figura 1 muestra la estructura de número de telecomunicaciones públicas internacionales para áreas geográficas, correspondiente a una oficina de ETECSA en Las Tunas, Cuba (+53 31 346988). Nótese que el número internacional no excede los límites establecidos por la Recomendación E.164 de la UIT-T.

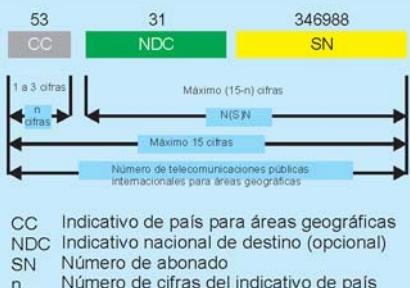


Figura 1 Estructura de número de telecomunicaciones públicas internacionales para áreas geográficas [1].

Además, también se define la estructura de los números para los servicios globales, para redes y grupos de países. Para cada una de estas categorías, la Recomendación E.164 ofrece información de los componentes de la estructura de numeración y el análisis de los dígitos necesarios para encaminar las llamadas de manera satisfactoria.

#### Identificadores de Recursos Uniformes

Los Identificadores de Recursos Uniformes [4] pueden definirse como un puntero único a las direcciones de Internet. Los URI son cadenas de caracteres que identifican recursos como documentos, imágenes, archivos, bases de datos, direcciones de correo electrónico u otros recursos o servicios en un formato estructurado común. Los tipos de URI más conocidos son los Localizadores de Recursos Uniformes —*Uniform Resource Locator (URL)*—, que se utilizan para localizar recursos de la Red Extensa Mundial —*World Wide Web (WWW)*—.

#### Sistemas de Nombre de Dominio

El DNS [5] es un servicio de búsqueda jerárquico distribuido de Internet que traduce nombres de dominio en direcciones IP. Dado que los nombres de dominio son alfabéticos, se emplean como recursos nemotécnicos fáciles de recordar. Sin embargo, Internet se basa en direcciones IP, por lo tanto, cada vez que se utilice un nombre de dominio, el servicio DNS debe traducir el nombre en la correspondiente dirección IP.

Un nombre de dominio consiste en una secuencia de caracteres o etiquetas separados por un carácter delimitador, el punto “.”, por ejemplo: “ltu.eteccsa.cu” es un nombre de dominio formado por las etiquetas “ltu”, “eteccsa” y “cu”. Los nombres de dominio están escritos con la etiqueta de jerarquía inferior primero y el Dominio de Nivel Superior —*Top Level Domain (TLD)*— de último. En cada nivel, los servidores de nombres mantienen ficheros de nombres y datos, excepto para los nombres de dominio y datos que han sido delegados en otro servidor. A cada nivel se hace la delegación de autoridad para el dominio por el nivel superior.

El nodo raíz del espacio de denominación Internet consta de un único fichero, el fichero raíz de zona. El fichero raíz de zona contiene punteros a los servidores maestro —pri-  
mario— y esclavo —secundario— para todos los dominios de nivel superior Internet, por ejemplo, gTLD y ccTLD.

El servidor maestro es la fuente de datos primaria para una zona DNS. Es donde se hacen todos los cambios al contenido de la zona. El protocolo DNS proporciona un mecanismo automático para propagar el contenido de una zona a servidores esclavos. Los servidores secundarios proporcionan robustez y evitan puntos de fallo.

Si un servidor de nombres para una zona falla o no es accesible, debe haber otros servidores de nombres para la zona que puedan ser consultados.

#### Dominio e164.arpa

El ENUM sigue una estructura similar a la del DNS, a la que la IAB —*Internet Architecture Board*— ha propuesto el subdominio e164.arpa como acceso a los servicios ENUM. Aunque no existe un consenso [6] sobre esta propuesta, la UIT-T ha adoptado de forma interina el dominio de nivel superior “arpa” y designado al Centro de Coordinación de Red de Redes IP Europeas —*Réseaux IP Européens Network Coordination Center (RIPE NCC)*— como registro internacional para el dominio de segundo nivel “e164.arpa”. Los códigos nacionales individuales se colocan bajo el subdominio “e164.arpa”. Así, los números del Plan Nacional de Numeración de Cuba se harían corresponder al “3.5.e164.arpa”.

El TLD “arpa” se usa exclusivamente para propósitos de infraestructura de Internet, no es visible para usuarios comunes de Internet y tiene un número muy limitado de dominios de segundo nivel.

#### 2.1 Algoritmo ENUM

De manera general, la filosofía del sistema ENUM se podría definir como:

- Utilización, por su disponibilidad y unicidad, de los números E.164 como identificador único pues existen desde el siglo XIX; son los mismos en cualquier idioma y neutrales con respecto a la tecnología.

- Utilización como base de datos el Sistema de Nombre de Dominio de Internet porque está disponible, funciona, es global y confiable.

- Establecimiento de las correspondientes relaciones.

Por su parte, el protocolo ENUM definido en la RFC 3761 es conceptualmente muy sencillo y especifica las reglas que permiten relacionar, sin ambigüedad, los nombres de

dominio con los números telefónicos. El dominio puede, entonces, ser usado para identificar varios servicios de comunicaciones tales como fax, terminal móvil, direcciones de correo, direcciones de teléfonos IP, páginas Web, etc. Los recursos o servicios son identificados mediante el comúnmente utilizado esquema de direccionamiento Internet, URI.

El dominio ENUM se forma de acuerdo con las siguientes reglas:

- ♦ Se toma el número internacional.
- ♦ Se invierte el orden de las cifras y se separan por puntos.
- ♦ Se asocia el resultado a un nombre de dominio ENUM.

Así, el número 346988 de una oficina de ETECSA en Las Tunas se lleva al formato internacional

+53 31 346988,

se suprimen todos los caracteres que no sean dígitos

+53 31 346988

5331346988

se invierte el orden de los dígitos y se separan por puntos

8.8.9.6.4.3.1.3.3.5

se concatena la cadena de caracteres con el dominio “.e164.arpa”

8.8.9.6.4.3.1.3.3.5.e164.arpa

La inversión del orden de las cifras obedece a que la estructura de búsqueda de los DNS es de derecha a izquierda donde el valor de mayor jerarquía es la cifra que está más a la derecha.

En la figura 2 se muestra la posición que ocuparía cada porción de la numeración dentro del dominio ENUM formado para el número +53 31 34-6988.

El protocolo ENUM utiliza, según define la RFC 3403 [7], los llamados



Figura 2 Porciones individuales de nombres de dominios ENUM. (Fuente: elaboración propia).

Registros de Recursos —*Resource Record* (RR)— DNS del Puntero de Entidad de Denominación —*Naming Authority Pointer* (NAPTR)—. Este último es un nuevo tipo de registro DNS, el cual admite expresiones regulares o forma normalizada de escribir las cadenas usadas especialmente para buscar patrones de textos determinados. De este modo, se pueden especificar los métodos o servicios disponibles para contactar un nodo específico identificado mediante un número de la Recomendación E.164. El protocolo ENUM define y utiliza un tipo específico de servicio NAPTR con el mnemónico E2U —resolución de E.164 a URI—.

El resultado de una consulta ENUM puede constar de uno o más URI con su orden de procesamiento y preferencia indicada por valores contenidos en los registros NAPTR. Estos URI se utilizan, con posterioridad, para referirse a recursos o servicios asociados con el número de la Recomendación E.164.

Para cambiar la base de datos ENUM se requiere de un protocolo de aprovisionamiento. La RFC 4114, *Extensible Provisioning Protocol* (EPP), es una norma recién creada que provee el protocolo para la comunicación entre el registro ENUM —que posee los RR NAPTR en el nivel 2 ENUM— y los registradores —que interactúan con los abonados para establecer el registro ENUM de los números E.164 asignados al abonado—.

## 2.2 Niveles ENUM

La raíz ENUM [8] es el dominio de segundo nivel del DNS “e164.arpa”.

La jerarquía ENUM está compuesta por tres niveles: **Nivel 0**, **Nivel 1** y **Nivel 2**.

**Nivel 0:** corresponde al nivel raíz ENUM “e164.arpa”. Los registros de este nivel contienen punteros al código de país E.164 del nivel 1 ENUM.

**Nivel 1:** corresponde al indicativo de país CC E164; es decir, “<CC>.e164.arpa”. Los registros de

este nivel contienen punteros hacia los servidores de nombres autorizados del nivel 2 ENUM para números individuales o bloques de números de las numeraciones E.164 correspondientes a los diferentes códigos de países.

**Nivel 2:** corresponde al número E.164; es decir, “<N(S)N>.<CC>.e164.arpa”. Los registros de este nivel contienen punteros al NAPTR para un número E.164.

La **Entidad de Nivel 0 ENUM**, bajo la dirección administrativa del Buró de Normalización de las Telecomunicaciones—*Telecommunication Standardization Bureau* (TSB)—de la UIT-T, actúa como registro para el nivel raíz ENUM. El registro actual de este nivel ENUM es el Centro Coordinador de Red de Redes IP Europeas (RIPE NCC).

La **Entidad de Nivel 1**, para un indicativo de país, mantiene los registros que indican el servidor de nombres autorizados para los números E.164 individuales o los bloques de números que constituyen el indicativo de país o la porción de este.

La **Entidad de Nivel 2**, para el número E.164, mantiene los registros NAPTR efectivos que contienen información para servicios de comunicación concretos. Estos registros NAPTR, a su vez, apuntan a Proveedores de Servicios de Aplicación—*Application Service Providers* (ASP)— que prestan estos servicios.

**El Registrante ENUM** es el abonado a un número E.164 que ha decidido suscribirse a las funciones ENUM.

**El Registrador de Servicio ENUM** interactúa con abonados con números E.164 o sus representantes para crear registros que permitan dar a sus números la estructura del DNS de ENUM. Es un mediador entre el registrante ENUM y el registro ENUM.

## 2.3 Aspectos administrativos generales del ENUM

Antes de adoptar el protocolo ENUM, cada estado debe considerar

aspectos importantes, algunos de carácter internacional o nacional; otros, operacional o administrativo. Para asegurar el papel soberano de cada estado miembro de la UIT, con relación a la asignación de la gestión de los recursos de numeración, la UIT necesitaría garantizar que cada uno autorice, específicamente, la inclusión de su recurso indicativo de país de la Recomendación E.164 en el DNS.

Existen propuestas para establecer un nuevo TLD especial para la implementación de ENUM, por ejemplo, “e164” que sea administrado por una organización internacional, neutral e imparcial como la UIT-T. No obstante, para las pruebas del servicio ENUM, algunos países han solicitado la delegación provisional del CC a la RIPE NCC.

Una vez solucionado y establecido el marco internacional, la implementación de los procesos operacionales y administrativos de los niveles inferiores del sistema ENUM es un asunto nacional. Entre los aspectos nacionales a considerar se encuentran la integridad de los números E.164 y la protección de los abonados. La estructura de las entidades en el proceso administrativo que proporciona el servicio ENUM no necesariamente responde a la estructura de zona ENUM operacional.

Si un Plan Nacional de Numeración contempla Códigos Nacionales de Destino —*National Destination Code* (NDC)—, se debe considerar si para el **Nivel 1** se incluyen las numeraciones correspondientes a los diferentes NDC asociadas a una sola entidad operadora de servidor DNS o si los arcos de numeración de cada NDC, se relacionan en diferentes entidades.

Entonces, debe considerarse la forma de depositar las numeraciones en los registros, que puede ser sobre la base de números individuales o bloques de números. El primer caso facilita la portabilidad de números.

Con respecto al **Nivel 2**, la entidad que brinde el servicio está sujeta a las reglamentaciones de los estados; pero, en cualquier caso, el ente designado debe validar el derecho del subscriptor a tener un fichero ENUM para su número en cuestión. Igualmente se necesita una logística para las notificaciones entre los niveles ENUM así como la cesación de estos o los cambios de servicios (portabilidad).

Nacionalmente, también deben tomarse en cuenta aspectos técnicos como: una infraestructura DNS fiable, robusta y disponible sin puntos únicos de fallo, la integridad de los datos y autenticación, consideraciones sobre la aplicaciones para la seguridad de las redes, aspectos de privacidad, etc.

#### 2.4 Aplicaciones y servicios ENUM

Otro aspecto que ha de ser incluido, está relacionado con los servicios que se brindarían tanto durante las pruebas como para el primer despliegue del ENUM. Las aplicaciones derivadas del proyecto de pruebas ENUM serían la concreción de los primeros servicios en un ambiente de convergencia entre el mundo de las telecomunicaciones e Internet. Podrían ser de utilidad aquellos usuarios interesados en ser contactados mediante diferentes métodos de comunicación asociados a un solo número.

Varias operadoras se encuentran desarrollando nuevos servicios, entre ellos pueden mencionarse la oferta de una variante de localización a números alternativos, el de una secretaria o recepcionista o cualquier otro, dentro de la jerarquía empresarial.

El éxito de los nuevos servicios de convergencia derivados de la aplicación del ENUM depende de la simplicidad de los mecanismos para su uso por parte de la población. En este sentido, la utilización de números E.164 como nombre de Internet ofrece la ventaja de un servicio accesible y entendible por parte de los abonados.

Las pruebas pueden facilitar una mejor comprensión de los servicios ENUM, desarrollar nuevos servicios, observar el grado de aceptación por parte de los abonados que participen en las pruebas.

De lo anterior se evidencia la necesidad de la participación de las áreas comerciales de las empresas involucradas en el establecimiento de un pilotaje ENUM y las pruebas que de él se deriven.

#### 2.5 ENUM de Infraestructura

En síntesis, el ENUM es una base de datos en la jerarquía DNS. Como ocurre con cualquier base de datos, una cuestión crucial es quién tiene los derechos para acceder o cambiarla. La base de datos DNS de Internet es de disponibilidad pública; de esta forma, cualquier usuario puede tomar información del DNS. No obstante, sólo los dueños de los dominios pueden cambiar la información. Con ENUM este asunto no es tan claro como en los DNS actuales. De ahí surgen dos importantes preguntas: ¿quién puede usar la información de los registros ENUM?, ¿quién tiene autorización para cambiar o poblar los registros ENUM?

Estas preguntas han dado lugar a la clasificación del ENUM en dos tipos: ENUM de usuario y ENUM de Infraestructura, que se definen a continuación:

**ENUM de Usuario:** la correspondencia de números telefónicos E.164 con los URI utilizando el DNS en el dominio e164.arpa, con la restricción de que tanto el mantenimiento como el uso de los registros está bajo la autoridad del usuario.

**ENUM de Infraestructura:** la correspondencia de números E.164 con los URI utilizando el DNS público o privado, con la restricción de que el mantenimiento de los ficheros es realizada por el Operador. El término ENUM de Infraestructura es intercambiable con ENUM de Operador —*Carrier ENUM*—.

En general, el ENUM de Usuario se podría ver como una tarjeta de presentación electrónica, y el ENUM de Infraestructura como una forma de permitirles a los operadores encaminar sus llamadas. En teoría ambos tipos de ENUM pueden coexistir (Figura 3).



Figura 3 ENUM de Usuario, la tarjeta de presentación electrónica. (Fuente: elaboración propia).

Aunque el ENUM de Usuario fue enunciado por Faltstrom desde el año 2000, fue necesario revisar la Norma para distinguirla del ENUM de Infraestructura en el 2004. Debe señalarse que el ENUM de Infraestructura no cuenta actualmente con un estándar internacional. En los organismos internacionales de normalización el punto principal de discusión se centra en la pertinencia acerca de la existencia de un dominio y su administración donde los operadores puedan almacenar sus números.

### 3 Escenario para las pruebas

La figura 4 presenta, de forma aproximada, el escenario inicial para el desarrollo de ENUM de Usuario en ETECSA. Nótese que el DNS con dominio “e.164. etecsa.cu” es el Nivel 0 ENUM en este acercamiento.

Entre los objetivos iniciales del proyecto se incluyó la creación de un sitio Web con el objetivo de permitir a los participantes y personal de la

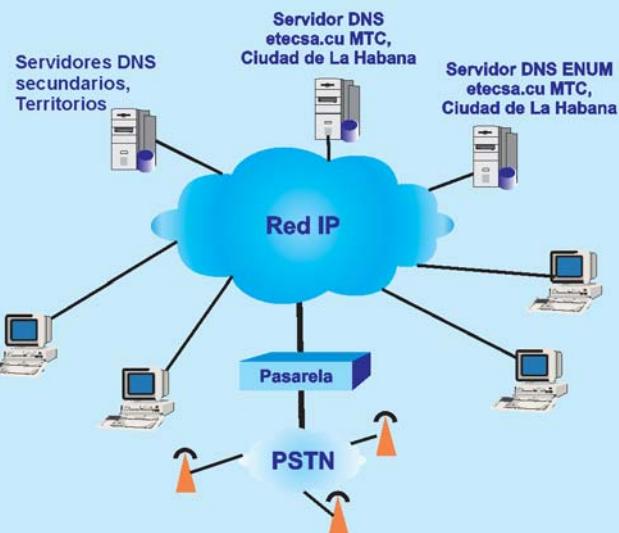


Figura 4 Aproximación al escenario para las pruebas ENUM de Usuario. (Fuente: elaboración propia).

Empresa conocer sobre el ENUM, los avances del proyecto, la aplicación ENUM en la Web, el Directorio de Cliente ENUM, etc.

Se han implementado, o están en fase de desarrollo, lógicas de servicio para aplicación ENUM en los celulares, a los abonados de la PSTN, aplicación ENUM de escritorio, etc.

Se trabaja en la definición del desarrollo de servicios de valor agregado para el ENUM que, en el marco de la informatización de la sociedad, permitan la aproximación al concepto de un teleindicador personal; por ejemplo, el ENUM como facilitador informático de los servicios de Salud Pública en Cuba.

Entre las pruebas y resultados esperados se encuentran:

- ◆ Estudio nacional en cuanto a la incorporación potencial del ENUM en el espacio de numeración de Cuba.
- ◆ Definición de las entidades nacionales que fungirán como administradoras del Nivel 1 y 2 ENUM nacionales.
- ◆ Servicios a brindar.
- ◆ Definición de los usuarios internos para el desarrollo.
- ◆ Aspectos regulatorios del servicio ENUM.
- ◆ Aspectos legales.
- ◆ Directorio y aspectos relacionados.
- ◆ Organización y responsabilidades.
- ◆ Administración del Dominio ENUM.
- ◆ Plan de pruebas.
- ◆ Información pública.
- ◆ Aspectos regulatorios.

- ♦ Infraestructura DNS nacional fiable, robusta y sumamente disponible sin puntos de fallos.
- ♦ Integridad de los datos y autenticación. Aplicaciones de seguridad mediante firmas digitales criptográficas.
- ♦ Seguridad de la red nacional de telecomunicaciones.

#### 4 Conclusiones

El sistema ENUM, desarrollado por el IETF, es una solución conceptualmente sencilla y pragmática al problema de un identificador único para las telecomunicaciones, que permitirá al abonado que origine la llamada seleccionar entre diferentes servicios a través de un identificador amigable y conocido, como el número telefónico E.164.

Para asegurar la integridad de los números E.164 y proteger a los abonados, se necesita una administración apropiada de la base de datos. Este aspecto es considerado por los organismos internacionales de normalización de las telecomunicaciones y las autoridades nacionales relacionadas con esta solución.

La responsabilidad, la delegación y la autoridad de zona raíz ENUM es un punto de análisis por parte de los Estados Miembros de la UIT-T.

Las investigaciones realizadas han mostrado que, una vez solucionado y establecido el marco internacional, la implementación de los procesos operacionales y administrativos de los niveles inferiores del sistema ENUM corresponderá a cada estado.

Existen aspectos técnicos que también son objeto de estudios: la infraestructura DNS fiable, robusta y sumamente disponible sin puntos de fallos; la integridad de los datos y autenticación; las aplicaciones de seguridad mediante firmas digitales criptográficas; las consideraciones sobre la privacidad; y la seguridad en las redes de telecomunicaciones, etc., a lo que se le añade lo referido al ENUM de Infraestructura.

Las pruebas en escenario ENUM de Usuario desarrolladas en la red de ETECSA han sido satisfactorias; no obstante, mucho trabajo queda por hacer de considerarse la extensión de una prueba ENUM en el ámbito nacional. ■

#### 5 Referencias bibliográficas

- [1] UIT-T, Recomendación E.164 (02/05) - The International Public Telecommunication Numbering Plan.
- [2] Fältström, P. and Mealling, M. The E.164 to Uniform Resource Identifiers URI, RFC 3761, 2004.
- [3] Pérez García, M. "Identificador personal para las telecomunicaciones". *Tono*, Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A. vol 2, no. 2 (2005): 23-25. <http://www.cubf.etcса.су/TonoDigital/Tono20No.%202/pag23.pdf>. (acesso agosto 22, 2008).
- [4] Berners-Lee, T., Fielding, R., y Masinter, L. - Uniform Resource Identifier: Generic Syntax. RFC 3986, 2005. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3986.txt>. (acesso agosto 22, 2008).
- [5] Mockapetris, P. Domain Names - Concepts and Facilities, RFC 1034, 1987; <http://www.ietf.org/rfc/rfc1034.txt>. (acesso agosto 22, 2008).
- [6] Pérez García, M. "ENUM y sus perspectivas". *Tono*, Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A. vol 2, no. 3 (2005): 16-21, <http://www.cinf.etcса.су/TonoDigital/Tono%29No.%203/pag16-21.pdf>. (acesso agosto 22, 2008).
- [7] Mealling, M. Dynamic Delegation Discovery System (DDDS) Part Three: The Domain Name System (DNS) Database, RFC 3403, 2002. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3403.txt>. (acesso agosto 22, 2008).
- [8] Prieto Rivero, N. "Propuesta de una prueba piloto del ENUM en Cuba". Tesis de Maestría, Dpto. de Telecomunicaciones, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Cuba, 2007.