

# Architecture in network administration for heterogeneous environments and its application in EHAS networks

Eva Juliana Maya Ortiz  
 Arnau Sánchez Sala  
 Emigdio Lara

Master in Engineering - University of Cauca, Colombia  
 Engineer of Project EHAS - Fundación EHAS  
 Master in Electrical Engineering - University of Cauca, Colombia

## Abstract

Hispanic-American Health Link (EHAS) Foundation provides communication networks and offers information services through those networks to contribute to improve health services in rural zones of Latin American countries, therefore, when it was started implementing EHAS networks it was evident the necessity to have a management system to monitor and control those networks in an adequate way, it means, a system that takes into account that EHAS networks use Wi-Fi, VHF and HF technologies, have low bandwidth, even Wi-Fi links that cover long distances, and additionally that HF and VHF stations do not have connectivity all the time because of the high energy consumption that it implies. This article describes the path that was walked to establish a management architecture for EHAS networks which are a heterogeneous environment, and finally describes the characteristics and uses of the EHAS network management system.

**Key words:** Computer Communication Networks; Biomedical Technology; Information Services; Health Services; Health Sciences, Technology and Innovation Management; Internet; Electronic Mail; Wi-Fi; VHF; HF.

## Resumen

### Arquitectura de gestión de redes para entornos heterogéneos y su aplicación a las redes EHAS: Sistema de gestión de redes EHAS

Enlace Hispanoamericano de Salud (EHAS) proporciona redes de comunicaciones y ofrece servicios de información a través de esas redes para contribuir a mejorar los servicios de salud en zonas rurales de países de América Latina, por tanto, una vez se empezaron a instalar las redes EHAS se hizo evidente la necesidad de un sistema de gestión que permitiera monitorear y controlar esas redes de forma adecuada, es decir, que tuviera en cuenta que las redes EHAS utilizan las tecnologías Wi-Fi, VHF y HF, poseen bajo ancho de banda, incluso los enlaces Wi-Fi debido a que son de larga distancia, y además que los equipos no están conectados todo el tiempo a la red, sobre todo las estaciones VHF y HF debido al gran consumo de energía que habría. En este artículo se describe el camino que se recorrió para establecer una arquitectura de gestión para las redes EHAS teniendo en cuenta que es un entorno heterogéneo y finalmente se describen las características y usos del sistema de gestión de redes obtenido.

**Palabras clave:** Redes de Comunicación de Computadores. Tecnología Biomédica; Servicios de Salud; Servicios de Información; Gestión de Ciencia, Tecnología e Innovación en Salud; Internet; Correo Electrónico; Wi-Fi; VHF; HF.

## Resumo

### Arquitetura de administração em rede para ambientes heterogêneos e a sua aplicação nas redes EHAS

A Fundação Enlace Hispano Americano de Saúde (EHAS) fornece redes de comunicação e oferece serviços de informação, que contribuem para melhorar os serviços de saúde em zonas rurais dos países latino-americanos, contudo, quando foi iniciada a implantação das redes EHAS ficou evidente a necessidade de se ter um sistema de gestão para monitorar e controlar essas redes de uma forma adequada. Isso significa que um sistema que leva em conta que EHAS usa redes Wi-Fi, VHF e HF, têm banda de baixa velocidade mesmo com links Wi-Fi que cobrem grandes distâncias, e adicionalmente as estações VHF e HF não têm ligação o tempo todo por causa do elevado consumo de energia que isso implica. Este artigo descreve o percurso que se caminhou para estabelecer uma gestão de arquitetura da rede EHAS que é um ambiente heterogêneo e, finalmente, descreve as características e utilizações do sistema de gestão da rede EHAS.

**Palavras-chave:** Redes de Comunicação de Computadores; Tecnologias Biomédica; Serviços de Informação; Serviços de Saúde; Gestão de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde; Internet; Correio Eletrônico; Wi-Fi; VHF; HF.

## INTRODUCTION

The EHAS Foundation (Hispanic American Health Line) is a not-for-profit organization that seeks to improve health services in isolated rural zones in Latin America by means of the use of adequate information and communications technologies, i.e., low cost, low consumption and preferably wireless connections.

EHAS works with Technologies, such as Wi-Fi, VHF and HF to provide communication of the health outposts with its reference health center and hospital and the Internet and chooses the technology depending on the characteristics of propagation of the areas it communicates with. Taking this into consideration, one can decide which of the EHAS networks contain the mix of Technologies or, put in another way, are heterogeneous environments.

The EHAS foundation has worked in data transmission through VHF, HF and, in communications, long-distance Wi-Fi. In both cases it seeks to provide good quality communications to its uses. It offers information services about these networks based on electronic mail, since this service is provided by both Wi-Fi, as well as VHF and HF networks.

Taking into consideration the objective of the EHAS foundation, it is necessary that the EHAS networks operate adequately most of the time, however, since where the system was installed, nothing was known about its configuration, performance or defects, its problems could not be detected or the causes on a timely basis and, therefore, problems could not be solved efficiently. The need for an administration system of EHAS networks became evident, one that would perform the tasks of monitoring and control over the Wi-Fi routers and VHF and HF stations, considering the characteristics of EHAS networks.

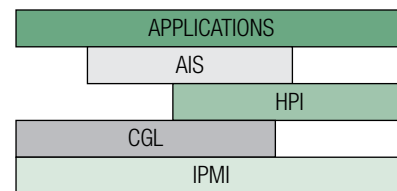
## METHODS

Firstly, the present administration technologies were studied, such as: IPMI (Intelligent Platform Administration Interface), an Intel standard<sup>1</sup>; HPI (Hardware Platform Interface) and AIS (Application Interface Specification), SAF (Service Availability Forum) specifications<sup>2</sup>; WBEM (Web Based Enterprise Administration), CIM (Common Model Information) and WS-Administration, DMTF (Desktop Administration Task Force) standards<sup>3</sup>; SMASH (Systems Administration Architecture for Server Hardware) and DASH (Desktop and mobile Architecture for System Hardware), DMTF initiatives; WSDM (Web Services Distributed Admin-

istration), an OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards) standard<sup>4</sup>.

Secondly, the possibilities of integration of these administration Technologies was studied, and found that it was possible to map out IPMI to CIM, and HPI and AIS to SNMP and that it is possible to map HPI and AIS to CIM.

Next, administration technologies and its integration possibilities were taken into consideration. Incidentally, the Linux Debian operational system is used in the EHAS networks, which meets the requirements of CGL (Carrier Grade Linux)<sup>5</sup> of OSDL (Open Source Development Lab); the administration architecture was established for network administration for heterogeneous environments, which is shown in Figure 1.



**Figure 1** - Architecture of administration of nets for heterogeneous environments.

After that, this architecture was adapted to network administration standards at the level of the current most important applications.

**SNMP.** SNMP is one of the most widely used administration standards due to its simplicity. In this case, SNMP agents can be had that support MIBs SNMP for HPI and AIS, and that communicate with the administrator via SNMP.

**SNMP-AgentX.** Subagents of SNMP can be obtained, which will support MIBs SNMP for HPI and AIS, which will communicate with the master agent via AgentX, in which it will communicate with the administrator through SNMP.

**WBEM.** WBEM is presently one of the most important administration standards due to the fact. It is Web based and uses CIM, which is an information model oriented towards objects. In this case, CIM providers which incorporate the AIS and HPI functionalities, which communicate with CIMIM (CIM Object Manager), which, in turn, communicates with the administrator via HTTP.

**WBEM-SNMP.** One can obtain an SNMP provider that will support the MIBs SNMP for HPI and AIS, which will communicate with CIMIM, which, in turn, communicates with the administrator via HTTP.

**WBEM-SMASH.** SMASH permits the administration of heterogeneous servers. SMASH uses CIM and CLP (Com-

mand Line Protocol), a command/response protocol that travels over a transport protocol based on text messages.

**WBEM-DASH.** DASH uses CIM and WS-Administration. DASH permits office and independent mobile sales administration systems. DASH uses CIM and WS-Management. WBEM is integrated with SMASH and DASH as infrastructure of services and administration.

## RESULTS

Upon analyzing these architectures it was determined that none of them was adequate for the EHAS networks because all required permanent connectivity between the administrator and the managed equipment. Also, in the case of SNMP, at this moment there are not all of the MIBs for the required administration information and WBEM consumes a great deal of bandwidth, a limited resource in EHAS networks.

On the other hand, SMASH uses CLP, a protocol that could be important for the EHAS networks, because it is based on commands, but, unfortunately the implementations of this initiative are still under development. DASH could also be interesting for EHAS networks due to the fact that the wireless routers require a livian administration system; however, there are no implementations of this initiative.

Both SMASH and DASH allow administration outside the bandwidth and outside service that refers to administration that can be performed independently of the state of the apparatus and of the operational system, and, even though there may be no relation with the administrator due to absence of connectivity between the administrator and the managed team, these are interesting characteristics for any administrative solution.

Finally, the Web-based standards also are not the best alternative to administering EHAS networks, since their use also leads to a high bandwidth consumption.

Taking the above into consideration and that administration architecture of networks in heterogeneous environments, as well as the standards used in them have very interesting characteristics, the following observations can be made:

- IPMI defines an intelligent hardware subsystem that allows monitoring and control of the main system hardware. Generally, it is used to monitor temperature, voltage levels, etc.
- HPI demonstrates the hardware characteristics in a model and allows performing function calls to moni-

tor and control hardware. HPI provides services to applications independently of its hardware.

- AIS defines an interface to applications which is highly available (accessible). AIS demonstrates high availability of the system in a model and allows to make function calls that support this model.

Finally, for EHAS networks, the following developments have been decided for EHAS networks:

- Hardware and firmware of the interface board that also allows data communication by VHF and HF, allows monitoring of temperature, voltage, etc. of the managed equipment.
- A package that performs hardware analysis, the interface board and allows to make function calls the manage is and obtain administration information. In the HF and VHF stations, this package is called ehas-board and in Wi-Fi routers, it is called erouterboard.
- A package that allows to perform monitoring and control of HF and VHF stations and Wi-Fi routers and is called ehas-netman. This package uses ehas-board and erouterboard in its stations and routers, respectively.
- A package that allows the configuration and adequate functioning of EHAS equipment, both HF and VHF stations, as well as Wi-Fi routers and that utilizes the packages mentioned above and many other needs for this end. In the stations, this package is called ehas-station and in the routers, it is called ehas-router.

Zabbix<sup>6</sup> is an open-source network administration tool that allows performing monitoring of networks in a very complete manner and has flexible and modular architecture.

Analyzing observations on IPMI, HPI and AIS and the developments for an administration system of EHAS networks mentioned above, the following comparison was made as is shown in Table 1.

It should be mentioned before making the decision to use Zabbix<sup>6</sup> that MIBs 802.11 which provides Avantcom<sup>7</sup> for agent Net-SNMP<sup>8</sup>, open source SNMP tools were explored, such as MRTG<sup>9</sup>, Cricket<sup>10</sup>, Cacti<sup>11</sup> and developments proper were also developed using RRDTTool<sup>12</sup>, however, it was finally determined that Zabbix offers many functions and, more importantly, can be adapted to perform EHAS networks administration due to its architecture.

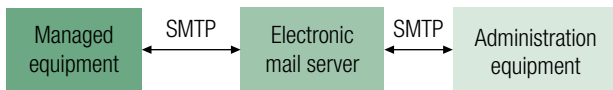
Having established the levels of administration architecture for EHAS network administration, it was necessary to

**Table 1** - Correspondence between standard of EHAS administration and developments.

Standard of administration	EHAS Development
IPMI	Hardware and firmware of the interface board
HPI	ehas-board/erouterboard
AIS	4 ehas-netman
Applications	Managed Equipment: ehas-station/ehas-router Management equipment: additions and improvements to Zabbix

determine the manner in which the administrator and the managed equipment communicate with each other, since EHAS networks, in addition to being in heterogeneous environments and having reduced bandwidths have a very peculiar characteristics, which they are disconnected. VHF and HF stations only are connected for certain instants in time and Wi-Fi routers can also have periods of disconnection, since they use IEEE 802.11 technology for long distances.

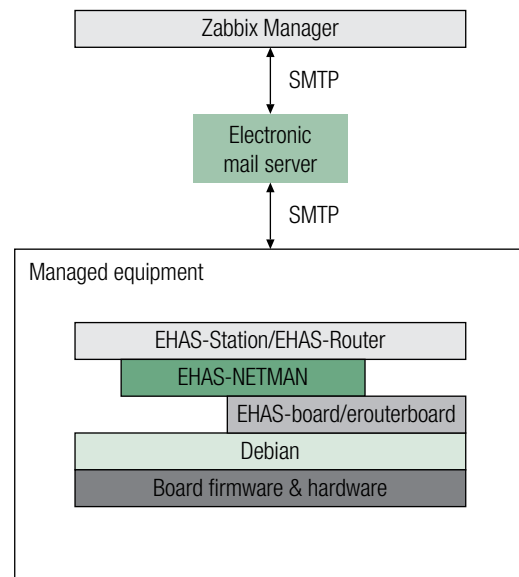
In first place, it was established that, in a system for administration of EHAS networks, the administrator must not depend on permanent connectivity with the managed equipment to perform monitoring and control tasks and, secondly, that the managed equipment should gather its own administration information and send it the moment it has connection. These aspects determined that the best alternative to obtain communications between administrator and managed equipment of EHAS networks is electronic mail<sup>13</sup>, such as shown in Figure 2.



**Figure 2** - Components of the administration architecture for EHAS networks.

Finally, considering the levels of administration architecture of EHAS networks and communication between administrator and managed equipment is made by electronic mail, an administration architecture for EHAS networks was obtained, which is shown in Figure 3.

It is important to mention that presently the functions of ehas-board and erouterboard are integrated to ehas-station. It has been shown that ehas-station works correctly in the routers, which makes it possible to maintain a single package.



**Figure 3** - Administration architecture for EHAS networks.

In managed equipment, ehas-netman is charged with performing monitoring and control tasks in managed equipment, in other words, it is the administration agent.

In the administrator, the fact that Zabbix is based on the Model-View-Controller (MVC) paradigm was take advantage of. This permits to separate the control logic from the data visualization, which is more easily done by inclusion of a communication mechanism based on electronic mail between the administrator and the managed equipment. In Figure 4, the administration components are shown.

In Figure 4, it is shown that Zabbix does not only have its model components, view and control, rather, with each one of them, a component model, view and control is found of the EHAS administration system, SGRE (EHAS network administration system), since it was necessary to make additions and improvements to Zabbix to achieve an administration system that allows to perform the tasks of monitoring and control desired on EHAS networks.

The system of administration of EHAS networks allows the managed equipment to gather and send administration information by electronic mail and for the administrator to add managed equipment automatically, as well as add variables, triggers of events, actions by events and graphs to each managed equipment. It also obtains administration data in electronic mail and insert them into the database. The EHAS networks administration system also allows breaking down additional administration information to what Zabbix breaks down, such as the hierarchy of EHAS networks, logs and information of the managed equipment. Finally, the EHAS administration system, in addition to mak-

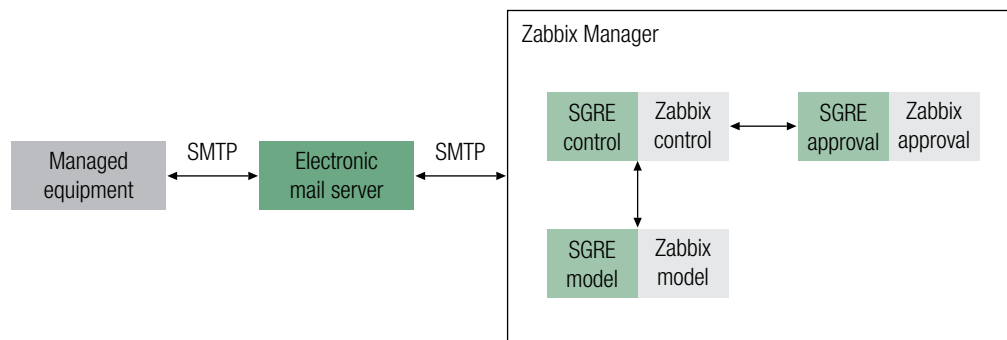


Figure 4 - Management components of the administration system EHAS Component networks.

ing the monitoring of EHAS networks possible, allows controlling them, since it is possible to execute commands over one or several managed units in a safe manner.

Below, the administration information is mentioned that is found in each one of the logs of managed equipment sent by electronic mail to the administrator obtained from the execution of commands and logs and system files. These logs make it possible to have a vision of the variables monitored in the EHAS networks administration system.

#### Log with system information

- Name of the equipment
- Packages installed
- Partition table
- Memory
- System files
- Buses
- Printers
- Configuration information of the equipment
- This log is sent every 15 days.

#### Logs with information every five minutes

- Temperature and state of the CPU
- Time turned on
- Interfaces, including wireless interfaces and their clients.

#### "Alive" Log

- Log that sends from each managed equipment at a certain time to indicate if it is working. This time is

configured into the managed equipment and is less than one day. This administration information of monitored interfaces is sent by electronic mail, or it sends itself with the daily administration information.

#### Daily Log

- Administration configuration information
- State of hard drives
- Total space, used and available, of storage
- State of CPU, according to temperature
- Inappropriate restarts of the system
- Start time
- Information about electronic mail, interface board and modem connections
- Information on telephone status
- Information on mail line
- Information on UUCP mail line
- Information on radio connections
- Printer information
- Information on UUCP communications
- User information.

## DISCUSSION

The EHAS administration system obtained is adequate to perform tasks of monitoring and control of EHAS networks considering that these networks use different technologies, such as Wi-Fi, VHF and HF, have a reduced bandwidths and their equipment not being connected all the time to the network.

The previous conclusion is obtained because the administration system of EHAS networks allows monitoring of a total of one hundred and twenty variables in HF and



VHF stations and Wi-Fi routers, in addition to triggering events due to equipment failure or when variables, such as battery voltage, board temperature, CPU temperature, inappropriate restarts, free storage space, signal level of a wireless interface or of a client are found to be above or below a threshold, and also because the EHAS networks administration system allows to alert about events through electronic mail that is sent when an alarm is present and when it is overcome, as well as because it allows to display graphs that show transmission speed and reception of HF and VHF stations and packages transmitted and received, signal and noise of Wi-Fi routers, among others. In the administration system of EHAS networks, the managed equipment is added automatically, but it can also be added, modified or eliminated through the Zabbix administrative interface.

As previously mentioned, the administration system of EHAS networks also allows the display administration information obtained in tables, graphs and maps, allows the display of hierarchy of EHAS networks, logs, information of each managed equipment, as well as executing commands over an equipment or group of equipment in a secure manner.

Through to the administration system of EHAS networks, it has been able to determine how the use of net-

works, for example through intertwining traffic, mail sent, calls made, etc. have contributed to detecting and diagnosing problems due to climactic conditions, the same person, etc. which affect the proper functioning of the network, for example, reduction of signal noise, problems in the power source systems, etc. and if known aspects that affect services offered about the networks, for example, the interfaces of other networks, among others.

The administration system of EHAS networks has been operating for several months in more than 60 HF, VHF and Wi-Fi stations in EHAS networks in Peru and Colombia, showing very good results. Some of the networks that are being administered through the EHAS administrations system networks obtained are: Cusco, Upper Amazons, Pastanza, Morona, Napo and Iquitos.

Hereafter, some images obtained from the administration system of EHAS networks are shown. In Figure 5, signal and noise levels are observed in wireless interfaces of a Wi-Fi router, and in Figure 6, server information is shown.

The administration system of EHAS networks was the result of a joint project among EHAS-Colombia, EHAS-Spain and EHAS-Peru, which was in charge of the interface board and is a system that contributes so that the EHAS foundation fulfills its objective of taking telemedicine to isolated rural zones in Latin American countries.



Figure 5 - Multiple Variables Graph in Zabbix.



**ZABBIX** Help | Profile

Monitoring | Configuration management | Reports | Configuration | Logs

Overview | Information | Latest data | Triggers | Dashes | Events | Actions | Maps | Graphs | Screens | IT services | Networks | System information | Daily

SYSTEM INFORMATION / Group: [pe.ehas.org] Host: [sv00008] Select information: Hardware

**Hardware (Last update: 2007-08-08 7:45 am)**

**Partition table**

Disk **/dev/hda**: 4065 cylinders, 255 heads, 63 sectors/track  
Units = cylinders of 6225280 bytes, blocks of 1024 bytes, counting from 0

Partition	Bootable	Start	End	# Cylinders	# Blocks	ID	System
/dev/hda1	0*	2431	2432-		19535000+	83	Linux
/dev/hda2		2432	4802	2371	19045057+	83	Linux
/dev/hda3		4803	4864	62	498015	5	Extended
/dev/hda4		0	-	0	0	0	Empty
/dev/hda5		4803+	4864	62-	497983+	82	Linux

**Memory**

Type	Total
Physical	515168 kb
Swap	497972 kb

**File system**

File system	Type	Size	Used	Available	Used percentage	Mounted on
/dev/hda1	ext3	19G	7.8G	9.7G	45%	/
tmpfs	tmpfs	252M	0	252M	0%	/dev/shm
/dev/hda2	ext3	18G	306M	17G	2%	/home
/dev	unknown	19G	7.8G	9.7G	45%	/dev

Figure 6 - Chart with information of the system in Zabbix.

## REFERENCES

1. Intel [homepage en Internet]. Intel, Inc. [Cited 2007 enero 8]. Available from: <http://www.intel.com>
2. Service Availability Forum [homepage en Internet]. Service Availability Forum (TM); c2008 [Cited 2007 enero 30]. Available from: <http://www.saforum.org/home>
3. Distributed Managenet Task Force [homepage en Internet]. Distributed Managenet Task Force, Inc.; c2008 [Cited 2007 febrero 15]. Available from: <http://www.dmtf.org/home>
4. Organization for the Advancement of Structured Information Standards [homepage en Internet]. OASIS; c1993-2008 [Cited 2007 marzo 1]. Available from: <http://www.oasis-open.org/home/index.php>
5. The Linux Foundation [homepage en Internet]. Carrier Grade Linux; c2008 [Cited 2007 marzo 11]. Available from: [http://www.linux-foundation.org/en/Carrier\\_Grade\\_Linux](http://www.linux-foundation.org/en/Carrier_Grade_Linux)
6. Zabbix [homepage en Internet]. Zabbix SIA; c2001-2008 [Cited 2007 marzo 20]. Available from: <http://www.zabbix.com>
7. Avantcom [homepage en Internet]. Avantcom Corporation; c1996-2007 [actualizado 2007 febrero 12; Cited 2007 febrero 24]. Available from: <http://www.avantcom.com>
8. SourceForge [homepage en Internet]. Net-SNMP; [actualizado 2007 marzo 1; Cited 2007 febrero 9]. Available from: <http://net-snmp.sourceforge.net>
9. Tobi Oetiker [homepage en Internet]. MRTG, Multi Router Traffic Grapher ; [actualizado 2008 enero 2; Cited 2005 febrero 12]. Available from: <http://oss.oetiker.ch/mrtg>
10. SourceForge [homepage en Internet]. Cricket Home; [actualizado 2003 abril 21; Cited 2005 marzo 2]. Available from: <http://cricket.sourceforge.net>
11. The Cacti Group [homepage en Internet]. Cacti; c2004-2007 [Cited 2005 abril 7]. Available from: <http://cacti.net>
12. Tobias Oetiker [homepage en Internet]. RRDtool; [actualizado 2008 agosto 2; Cited 2005 mayo 2]. Available from: <http://oss.oetiker.ch/rrdtool>
13. Sánchez A, Ramos O, Maya E. Sistema de gestión de redes EHAS. In: Chávez D, editor. Memorias del I Foro Iberoamericano de Telemedicina Rural; 2006 febrero 27-28, marzo 1. Cusco, Perú; 2006. p.144-53.

# Arquitectura de gestión de redes para entornos heterogéneos y su aplicación a las redes EHAS: Sistema de gestión de redes EHAS



Eva Juliana Maya Ortiz  
 Arnau Sánchez Sala  
 Emigdio Lara

Magister del Universidad – Cauca en Ingeniería, Área Telemática, Colombia  
 Ingeniero Fundación EHAS – Proyecto EHAS (Enlace Hispanoamericano de Salud) de Telecomunicaciones, España  
 Magister del Universidad – Cauca en Ingeniería Eléctrica, Énfasis en Comunicaciones, Colombia

## Resumen

Hispanic-American Health Link (EHAS) proporciona redes de comunicaciones y ofrece servicios de información a través de esas redes para contribuir a mejorar los servicios de salud en zonas rurales de países de América Latina, por tanto, una vez se empezaron a instalar las redes EHAS se hizo evidente la necesidad de un sistema de gestión que permitiera monitorear y controlar esas redes de forma adecuada, es decir, que tuviera en cuenta que las redes EHAS utilizan las tecnologías Wi-Fi, VHF y HF, poseen bajo ancho de banda, incluso los enlaces Wi-Fi debido a que son de larga distancia, y además que los equipos no están conectados todo el tiempo a la red, sobre todo las estaciones VHF y HF debido al gran consumo de energía que habría. En este artículo se describe el camino que se recorrió para establecer una arquitectura de gestión para las redes EHAS teniendo en cuenta que es un entorno heterogéneo y finalmente se describen las características y usos del sistema de gestión de redes obtenido.

**Palabras clave:** Redes de Comunicación de Computadores; Tecnología Biomédica; Servicios de Salud; Servicios de Información; Gestión de Ciencia, Tecnología e Innovación en Salud; Internet; Correo Electrónico; Wi-Fi; VHF; HF.

## Abstract

Architecture in network administration for heterogeneous environments and its application in EHAS networks  
 Enlace Hispanoamericano de Salud (EHAS) Foundation provides communication networks and offers information services through those networks to contribute to improve health services in rural zones of Latin American countries, therefore, when it was started implementing EHAS networks it was evident the necessity to have a management system to monitor and control those networks in an adequate way, it means, a system that takes into account that EHAS networks use Wi-Fi, VHF and HF technologies, have low bandwidth, even Wi-Fi links that cover long distances, and additionally that HF and VHF stations do not have connectivity all the time because of the high energy consumption that it implies. This article describes the path that was walked to establish a management architecture for EHAS networks which are a heterogeneous environment, and finally describes the characteristics and uses of the EHAS network management system.

**Key words:** Computer Communication Networks; Biomedical Technology; Information Services; Health Services; Health Sciences, Technology and Innovation Management; Internet; Electronic Mail; Wi-Fi; VHF; HF.

## Resumo

Arquitetura de administração em rede para ambientes heterogêneos e a sua aplicação nas redes EHAS  
 A Fundação Enlace Hispano Americano de Saúde (EHAS) fornece redes de comunicação e oferece serviços de informação, que contribuem para melhorar os serviços de saúde em zonas rurais dos países latino-americanos, contudo, quando foi iniciada a implantação das redes EHAS, ficou evidente a necessidade de se ter um sistema de gestão para monitorar e controlar essas redes de uma forma adequada. Isso significa que um sistema que leva em conta que EHAS usa redes Wi-Fi, VHF e HF, têm banda baixa velocidade – mesmo com links Wi-Fi que cobrem grandes distâncias – e adicionalmente as estações VHF e HF não têm ligação o tempo todo por causa do elevado consumo de energia que isso implica. Este artigo descreve o percurso que se caminhou para estabelecer uma gestão de arquitetura da rede EHAS que é um ambiente heterogêneo e, finalmente, descreve as características e utilizações do sistema de gestão da rede EHAS.

**Palavras-chave:** Redes de Comunicação de Computadores; Tecnologias Biomédica; Serviços de Informação; Serviços de Saúde; Gestão de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde; Internet; Correo Eletrônico; Wi-Fi; VHF; HF.



## INTRODUCCIÓN

La Fundación Enlace Hispanoamericano de Salud (EHAS) es una organización sin ánimo de lucro que busca mejorar los servicios de salud en zonas rurales aisladas de países de América Latina mediante el uso de tecnologías adecuadas de información y comunicación, es decir, de bajo costo, de bajo consumo y preferiblemente inalámbricas.

EHAS trabaja con tecnologías como Wi-Fi, VHF y HF para lograr la comunicación de los puestos de salud con su centro de salud de referencia, hospital y Internet, y escoge la tecnología dependiendo de las características de propagación de las zonas a comunicar. Teniendo en cuenta esto, se puede decir que las redes EHAS contienen una mezcla de tecnologías, o en otras palabras, son entornos heterogéneos.

La fundación EHAS ha trabajado en transmisión de datos a través de VHF y HF, y en comunicaciones Wi-Fi sobre largas distancias, en ambos casos, buscando proporcionar una buena calidad de comunicación a sus usuarios. Sobre estas redes de comunicaciones se ofrecen servicios de información que se basan en correo electrónico, ya que este servicio se proporciona tanto a través de las redes Wi-Fi como VHF y HF.

Teniendo en cuenta el objetivo de la Fundación EHAS, es necesario que las redes EHAS funcionen adecuadamente la mayor parte del tiempo, pero una vez que se instalaban no se conocía su configuración, desempeño ni sus fallas, no se podían detectar sus problemas en sus causas oportunamente y por tanto no se podían resolver eficientemente. Esto hizo evidente la necesidad de un sistema de gestión de redes EHAS que permitiera realizar tareas de monitoreo y control sobre los enrutadores Wi-Fi y las estaciones VHF y HF considerando las características de las redes EHAS.

## MÉTODOS

En primer lugar se estudiaron las tecnologías de gestión actuales como: IPMI (Intelligent Platform Management Interface), un estándar de Intel<sup>1</sup>; HPI (Hardware Platform Interface) y AIS (Application Interface Specification), especificaciones del SAF (Service Availability Forum)<sup>2</sup>; WBEM (Web Based Enterprise Management), CIM (Common Model Information) y WS-Management, estándares del DMTF (Desktop Management Task For-

ce)<sup>3</sup>; SMASH (Systems Management Architecture for Server Hardware) y DASH (Desktop and mobile Architecture for System Hardware), iniciativas del DMTF; WSDM (Web Services Distributed Management), un estándar de OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards)<sup>4</sup>.

En segundo lugar se estudiaron las posibilidades de integración de estas tecnologías de gestión y se encontró que es posible mapear IPMI a CIM, y HPI y AIS a SNMP, y que además existe un adaptador SNMP a WBEM y un proveedor SNMP para WBEM, y que es posible mapear HPI y AIS a CIM.

En seguida, teniendo en cuenta las tecnologías de gestión y sus posibilidades de integración, y además que en las redes EHAS se utiliza el sistema operativo Linux Debian que cumple con los requerimientos de CGL (Carrier Grade Linux)<sup>5</sup> de OSDL (Open Source Development Lab) se estableció la arquitectura de gestión de redes para entornos heterogéneos que se muestra en la Figura 1.

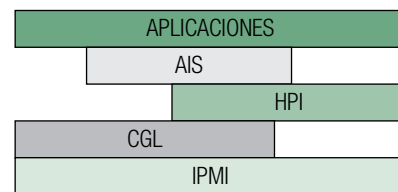


Figura 1 - Arquitectura de gestión de redes para entornos heterogéneos.

A continuación se adaptó esta arquitectura a los estándares de gestión de redes a nivel de aplicaciones más importantes actualmente.

**SNMP.** SNMP es uno de los estándares de gestión más utilizado debido a su simplicidad. En este caso, se podría tener agentes SNMP que soportaran las MIBs SNMP para HPI y AIS, y se comunicarían con el gestor mediante SNMP.

**SNMP-AgentX.** Se podría tener subagentes SNMP que soportaran las MIBs SNMP para HPI y AIS, los cuales se comunicarían con el agente maestro mediante AgentX, el cual se comunicaría con el gestor a través de SNMP.

**WBEM.** WBEM es uno de los estándares de gestión más importante actualmente debido a que se basa en Web y utiliza CIM que es un modelo de información orientado a objetos. En este caso, se podría tener proveedores CIM que incorporaran funcionalidades AIS y HPI, los cuales se comunicarían con el CIMOM (CIM Object Manager), el cual a su vez se comunicaría con el gestor mediante HTTP.

**WBEM-SNMP.** Se podría tener un proveedor SNMP que soportara las MIBs SNMP para HPI y AIS, el cual se comunicaría con el CIMOM, el cual a su vez se comunicaría con el gestor mediante HTTP.

**WBEM-SMASH.** SMASH permite la gestión de servidores heterogéneos. SMASH utiliza CIM y CLP (Command Line Protocol), un protocolo comando/respuesta que viaja sobre un protocolo de transporte basado en mensajes de texto.

**WBEM-DASH.** DASH permite la gestión de sistemas de escritorio y móviles independientemente del vendedor. DASH utiliza CIM y WS-Management. WBEM se integra con SMASH y DASH como la infraestructura de servicios de gestión.

## RESULTADOS

Al analizar estas arquitecturas se determinó que ninguna de ellas es adecuada para las redes EHAS porque todas requieren conectividad permanente entre el gestor y los equipos gestionados, y además, para el caso de SNMP, en este momento no existen todas las MIBs para la información de gestión requerida y WBEM consume mucho ancho de banda, un recurso limitado en las redes EHAS.

Por otro lado, SMASH utiliza CLP, un protocolo que puede ser importante para las redes EHAS porque se basa en comandos, pero lastimosamente las implementaciones de esta iniciativa aún están en desarrollo. DASH también puede ser interesante para las redes EHAS debido a que los enrutadores inalámbricos requieren un sistema de gestión liviano, pero todavía no existen implementaciones de esta iniciativa.

Tanto SMASH como DASH permiten la gestión fuera de banda y fuera de servicio que se refieren a la gestión que se puede realizar independientemente del estado de la máquina y del sistema operativo, y aunque no tienen ninguna relación con la gestión en ausencia de conectividad entre el gestor y el equipo gestionado, son características interesantes para cualquier solución de gestión.

Finalmente, los estándares basados en servicios Web tampoco son la mejor alternativa para la gestión de las redes EHAS ya que su uso también conlleva a un elevado consumo de ancho de banda.

Teniendo en cuenta esto y que la arquitectura de gestión de redes para entornos heterogéneos, así como los estándares utilizados en ella poseen características muy interesantes se realizaron las siguientes abstracciones:

- IPMI define un subsistema hardware inteligente que permite monitorear y controlar el hardware del sistema principal. Generalmente se utiliza para monitorear temperatura, niveles de voltajes, etc.
- HPI representa las características del hardware en un modelo y permite realizar llamadas a funciones para monitorear y controlar el hardware. HPI proporciona servicios a aplicaciones independientemente del hardware.
- AIS define una interfaz a aplicaciones de alta disponibilidad. AIS representa las características de alta disponibilidad del sistema en un modelo y permite realizar llamadas a funciones que soportan ese modelo.

Finalmente, para las redes EHAS se decidió realizar los siguientes desarrollos:

- Hardware y firmware de la placa de interfaz, que además de permitir la comunicación de datos a través de VHF y HF, permite monitorear temperatura, voltaje, etc. de los equipos gestionados.
- Un paquete que realiza una abstracción del hardware, la placa de interfaz, y permite realizar llamadas a funciones para manejarla y obtener información de gestión. En las estaciones HF y VHF este paquete se llama ehas-board y en los enrutadores Wi-Fi se llama erouterboard.
- Un paquete que permite realizar el monitoreo y control de estaciones HF y VHF y enrutadores Wi-Fi, y que se llama ehas-netman. Este paquete utiliza ehas-board y erouterboard en las estaciones y enrutadores respectivamente.
- Un paquete que permite la configuración y el adecuado funcionamiento de los equipos EHAS, tanto estaciones HF y VHF como enrutadores Wi-Fi, y que utiliza los paquetes mencionados anteriormente y muchos otros necesarios para este fin. En las estaciones este paquete se llama ehas-station y en los enrutadores se llama ehas-router.
- Zabbix<sup>6</sup> es una herramienta de gestión de redes de fuente abierta que permite realizar el monitoreo de redes de una forma muy completa y tiene un arquitectura flexible y modular.

Analizando las abstracciones de IPMI, HPI y AIS, y los desarrollos para el sistema de gestión de redes EHAS mencionados anteriormente se puede realizar la correspondencia que se muestra en la Tabla 1.

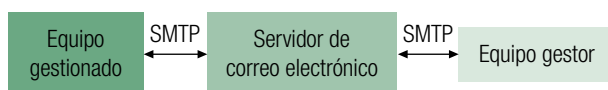
**Tabla1** - Correspondencia entre estándares de gestión y desarrollos EHAS.

Standard of administration	EHAS Development
IPMI	Hardware y firmware de la placa de interfaz
HPI	ehas-board/erouterboard
AIS	4 ehas-netman
Aplicaciones	Equipo gestionado: ehas-station/ ehas-router Equipo gestor: adiciones y mejoras a Zabbix

Es de resaltar que antes de tomar la decisión de utilizar Zabbix<sup>6</sup> se emplearon las MIBs 802.11 que proporciona Avantcom<sup>7</sup> para el agente Net-SNMP<sup>8</sup>, se exploraron herramientas SNMP de fuente abierta como MRTG<sup>9</sup>, Cricket<sup>10</sup>, Cacti<sup>11</sup> e incluso se realizaron desarrollos propios utilizando RRDTool<sup>12</sup>, pero finalmente se determinó que Zabbix<sup>6</sup> ofrece muchas funcionalidades, y lo más importante, se puede adaptar para realizar la gestión de las redes EHAS debido a su arquitectura.

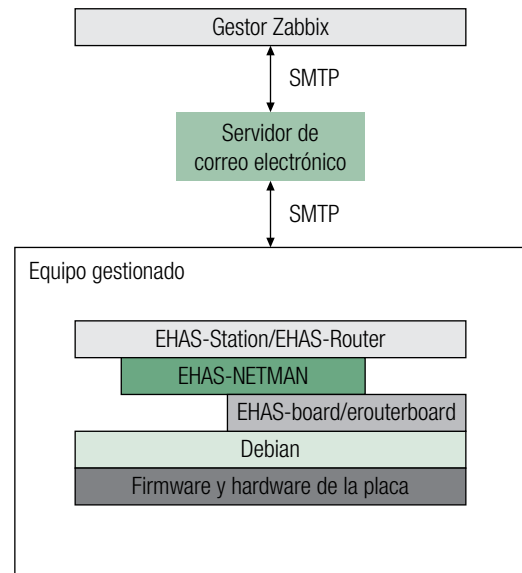
Una vez se establecieron los niveles de la arquitectura de gestión para las redes EHAS fue necesario determinar la forma en la que el gestor y el equipo gestionado se comunican, ya que las redes EHAS además de ser entornos heterogéneos y tener un reducido ancho de banda, tienen una característica muy particular, y es que por naturaleza son desconectadas. Las estaciones VHF y HF solamente tienen conectividad durante ciertos instantes de tiempo, y los enrutadores Wi-Fi también pueden tener períodos de desconexión ya que utilizan la tecnología IEEE 802.11 en largas distancias.

En primer lugar se estableció que en el sistema de gestión de redes EHAS, el gestor no debe depender de la conectividad permanente con los equipos gestionados para poder realizar sus tareas de monitoreo y control, y en segundo lugar, que los equipos gestionados deben recolectar su propia información de gestión y enviarla en el momento en el que tengan conexión. Estos dos aspectos determinaron que la mejor alternativa para lograr la comunicación entre el gestor y los equipos gestionados de las redes EHAS es el correo electrónico<sup>13</sup> como se muestra en la Figura 2.



**Figura 2** - Componentes de la arquitectura de gestión para las redes EHAS.

Finalmente, teniendo en cuenta los niveles de la arquitectura de gestión para las redes EHAS y que la comunicación entre el gestor y el equipo gestionado se realiza a través de correo electrónico, se obtuvo la arquitectura de gestión para las redes EHAS que se muestra en la Figura 3.



**Figura 3** - Arquitectura de gestión para las redes EHAS.

Es importante mencionar que actualmente en el equipo gestionado las funcionalidades de ehas-board y erouterboard se encuentran integradas a ehas-station, y que se comprobó que ehas-station funciona correctamente en los enrutadores lo que hace posible mantener un solo paquete.

En el equipo gestionado, ehas-netman se encarga de realizar las tareas de monitoreo y control en el equipo gestionado, en otras palabras, es el agente de gestión.

En el gestor se aprovechó el hecho de que Zabbix<sup>6</sup> se basa en el paradigma Modelo-Vista-Control MVC (Model-View-Controller) que permite separar la lógica de control, de la visualización y de los datos, lo cual hace más fácil la inclusión del mecanismo de comunicación basado en correo electrónico entre el gestor y los equipos gestionados. En la Figura 4 se muestran los componentes del gestor.

En la Figura 4 se muestra que Zabbix no solamente tiene sus componentes modelo, vista y control sino que junto a cada uno de ellos se encuentra un componente modelo, vista y control del sistema de gestión de redes EHAS, SGRE (Sistema de Gestión de Redes EHAS), ya que fue necesario realizar adiciones y mejoras a Zabbix para conseguir el sistema de gestión que permita realizar las tareas de monitoreo y control deseadas sobre las redes EHAS.

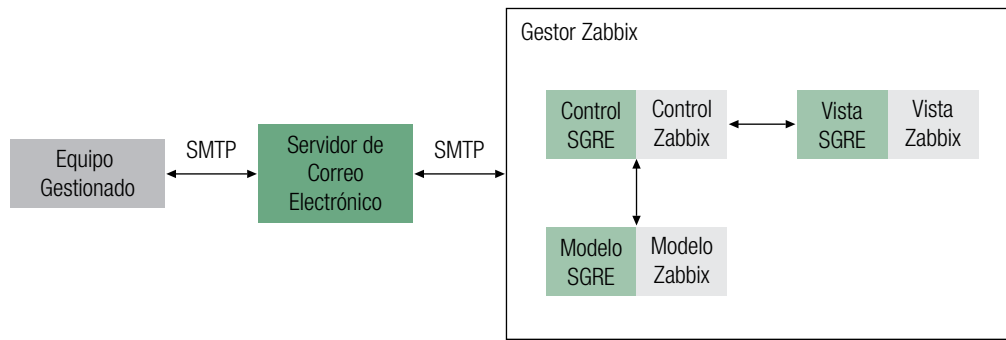


Figura 4 - Componentes del gestor del sistema de gestión de redes EHAS.

El sistema de gestión de redes EHAS le permite a los equipos gestionados recolectar y enviar información de gestión en correos electrónicos, y al gestor adicionar equipos gestionados en forma automática, además, adicionar variables, disparadores de eventos, acciones por eventos y gráficos para cada equipo gestionado, así como obtener datos de gestión enviados en los correos electrónicos e insertarlos en la base de datos. El sistema de gestión de redes EHAS también permite desplegar información de gestión adicional a la que despliega Zabbix como la jerarquía de las redes EHAS, logs, e información de los equipos gestionados. Finalmente, el sistema de gestión de redes EHAS además de permitir monitorear las redes EHAS permite controlarlas, ya que hace posible ejecutar comandos sobre uno o varios equipos gestionados en forma segura.

A continuación se menciona la información de gestión que se encuentra en cada uno de los logs que el equipo gestionado envía por correo electrónico al gestor, y que obtiene a partir de la ejecución de comandos, y logs y archivos del sistema. Estos logs permiten tener una visión de las variables monitoreadas en el sistema de gestión de redes EHAS.

#### Log con información del sistema

- Nombre del equipo
- Paquetes instalados
- Tabla de particiones
- Memoria
- Sistema de archivos
- Buses
- Impresoras
- Información de configuración del equipo
- Este log se envía cada 15 días.

#### Log con información de cada 5 minutos

- Temperatura y estado de la CPU.
- Tiempo de encendido.
- Interfaces, incluidas las interfaces inalámbricas y sus clientes.

#### Log de "alive"

- Log que envía un equipo gestionado cada cierto tiempo para indicar que está funcionando. Este tiempo se configura en el equipo gestionado, y es inferior a un día, la información de gestión de las interfaces monitoreadas se envía en este correo electrónico, sino esa información se envía junto con la información de gestión diaria.

#### Log diario

- Información de configuración de gestión.
- Estado de discos duros.
- Espacio total, usado y disponible de almacenamiento.
- Estado de la CPU según la temperatura.
- Reiniciaciones no adecuadas del sistema.
- Tiempo de encendido.
- Información sobre correo electrónico, placa de interfaz y conexiones por módem.
- Información sobre telefonía.
- Información sobre la cola de correo.
- Información sobre la cola de correo UUCP.
- Información sobre conexiones por radio.
- Información sobre impresoras.
- Información sobre comunicaciones UUCP.
- Información sobre usuarios.

## DISCUSION

El sistema de gestión de redes EHAS obtenido es adecuado para realizar tareas de monitoreo y control sobre las redes EHAS ya que se tuvo en cuenta que estas redes utilizan diferentes tecnologías como Wi-Fi, VHF y HF, tienen un ancho de banda reducido y sus equipos no están conectados todo el tiempo a la red.

La anterior conclusión se obtiene porque el sistema de gestión de redes EHAS permite monitorear, en total, más de 120 variables de estaciones HF y VHF, y enrutadores Wi-Fi, además, disparar eventos debidos a la caída de un equipo o cuando variables como voltaje de la batería, temperatura de la placa, temperatura de la CPU, reiniciaciones no adecuadas, espacio de almacenamiento libre, nivel de señal de una interfaz inalámbrica o de un cliente se encuentran por encima o por debajo de un umbral, también porque el sistema de gestión de redes EHAS permite alertar sobre estos eventos a través de correos electrónicos que envía cuando se presenta la alarma y cuando se supera, y además porque permite desplegar gráficos que muestran velocidad de transmisión y recepción de estaciones HF y VHF, y paquetes transmitidos y recibidos, señal y ruido de enrutadores Wi-Fi, entre otros. En el sistema de gestión de redes EHAS, los equipos gestionados, así como las variables, disparadores por eventos, acciones y gráficos de un equipo se adicionan de forma automática pero también se pueden adicionar, modificar o eliminar a través de la interfaz de administrador de Zabbix.

Como se mencionó anteriormente, el sistema de gestión de redes EHAS además de permitir desplegar la información de gestión obtenida en tablas, gráficos y mapas,

permite desplegar la jerarquía de las redes EHAS, logs, la información de cada equipo gestionado, y además ejecutar comandos sobre un equipo o un grupo de equipos de forma segura.

Gracias al sistema de gestión de redes EHAS se ha podido determinar parámetros como el uso de las redes, por ejemplo a través del tráfico de los enlaces, correos enviados, llamadas realizadas, etc., se ha contribuido a detectar y a diagnosticar problemas debido condiciones climáticas, el mismo hombre, etc. que afectan el buen funcionamiento de la red, por ejemplo, reducción del nivel de señal, problemas en los sistemas de alimentación etc., y se han conocido aspectos que afectan los servicios ofrecidos sobre las redes, por ejemplo, las interferencias de otras redes, entre otros.

El sistema de gestión de redes EHAS está funcionando desde hace varios meses en más de 60 estaciones HF, VHF y enrutadores Wi-Fi en las redes EHAS de Perú y Colombia mostrando muy buenos resultados. Algunas de las redes que se están gestionando a través del sistema de gestión de redes EHAS obtenido son: red de Cusco, Alto Amazonas, Pastanza, Morona, Napo e Iquitos.

A continuación se muestran dos imágenes obtenidas del sistema de gestión de redes EHAS. En la Figura 5 se observan los niveles de señal y ruido en interfaces inalámbricas de un enrutador Wi-Fi y en la Figura 6 se muestra la información de un servidor.

El sistema de gestión de redes EHAS fue el resultado de un trabajo conjunto entre EHAS-Colombia, EHAS-España y de EHAS-Perú que estuvo a cargo de la placa interfaz, y es un sistema que contribuye a que la fundación EHAS cumpla con su objetivo de llevar telemedicina a zonas rurales aisladas de países de América Latina.



Figura 5 - Gráfico de múltiples variables en Zabbix.

The screenshot shows the Zabbix web interface with the 'Hardware' section selected. It displays the following information:

**Hardware (Last update: 2007-08-08 7:45 am)**

**Partition table**

Disk /dev/hda: 4065 cylinders, 255 heads, 63 sectors/track  
Units = cylinders of 8225280 bytes, blocks of 1024 bytes, counting from 0

Partition	Bootable	Start	End	# Cylinders	# Blocks	ID	System
/dev/hda1	0+	2431	2432-		19535000+	83	Linux
/dev/hda2		2432	4802	2371	19045057+	83	Linux
/dev/hda3		4803	4864	62	498015	5	Extended
/dev/hda4		0	-	0	0	0	Empty
/dev/hda5		4803+	4864	62-	497983+	82	Linux

**Memory**

Type	Total
Physical	515168 kB
Swap	497972 kB

**File system**

File system	Type	Size	Used	Available	Used percentage	Mounted on
/dev/hda1	ext3	19G	7.8G	9.7G	45%	/
tmpfs	tmpfs	252M	0	252M	0%	/dev/shm
/dev/hda2	ext3	18G	306M	17G	2%	/home
/dev	unknown	19G	7.8G	9.7G	45%	/dev

Figura 6 - Tabla con información del sistema en Zabbix.

## REFERENCIAS

1. Intel [homepage en Internet]. Intel, Inc. [Citado en 2007 enero 8]. Disponible en: <http://www.intel.com>
2. Service Availability Forum [homepage en Internet]. Service Availability Forum (TM); c2008 [Citado en 2007 enero 30]. Disponible en: <http://www.saforum.org/home>
3. Distributed Managenet Task Force [homepage en Internet]. Distributed Managenet Task Force, Inc.; c2008 [Citado en 2007 febrero 15]. Disponible en: <http://www.dmtf.org/home>.
4. Organization for the Advancement of Structured Information Standards [homepage en Internet]. OASIS; c1993-2008 [Citado en 2007 marzo 1]. Disponible en: <http://www.oasis-open.org/home/index.php>.
5. The Linux Foundation [homepage en Internet]. Carrier Grade Linux; c2008 [Citado en 2007 marzo 11]. Disponible en: [http://www.linux-foundation.org/en/Carrier\\_Grade\\_Linux](http://www.linux-foundation.org/en/Carrier_Grade_Linux)
6. Zabbix [homepage en Internet]. Zabbix SIA; c2001-2008 [Citado 2007 marzo 20]. Disponible en: <http://www.zabbix.com>.
7. Avantcom [homepage en Internet]. Avantcom Corporation; c1996-2007 [actualizado 2007 febrero 12; Citado 2007 febrero 24]. Disponible en: <http://www.avantcom.com>.
8. SourceForge [homepage en Internet]. Net-SNMP; [actualizado 2007 marzo 1; Citado 2007 febrero 9]. Disponible en: <http://net-snmp.sourceforge.net>
9. Tobi Oetiker [homepage en Internet]. MRTG, Multi Router Traffic Grapher ; [actualizado 2008 enero 2; Citado 2005 febrero 12]. Disponible en : <http://oss.oetiker.ch/mrtg>.
10. SourceForge [homepage en Internet]. Cricket Home; [actualizado 2003 abril 21; citado 2005 marzo 2]. Disponible en: <http://cricket.sourceforge.net>
11. The Cacti Group [homepage en Internet]. Cacti; c2004-2007 [Citado 2005 abril 7]. Disponible en: <http://cacti.net>
12. Tobias Oetiker [homepage en Internet]. RRDtool; [actualizado 2008 agosto 2; Citado 2005 mayo 2]. Disponible en: <http://oss.oetiker.ch/rrdtool>
13. Sánchez A, Ramos O, Maya E. Sistema de gestión de redes EHAS. In: Chávez D, editor. Memorias del I Foro Iberoamericano de Telemedicina Rural; 2006 febrero 27-28, marzo 1. Cusco, Perú; 2006. p.144-53.