

Comparativa de servidores de correo: Postfix vs. Exim

Ingeniería de servidores

Universidad de Granada

Resumen

En este documento nos disponemos a hablar sobre la comparativa de dos servidores de correo electrónico como son Postfix y Exim. Para ello, vamos a exponer un resumen sobre lo que es el correo electrónico y su funcionamiento como también una explicación de los protocolos que intervienen, donde explicaremos como funcionan y en qué consisten. Explicaremos el proceso de instalación de los dos servidores de correo. Posteriormente, haremos una serie de medidas y un estudio estadístico para ver cual de los dos servidores es mejor o si son iguales. Por último daremos nuestras conclusiones de los estudios estadísticos y personales sobre el proceso de instalación y de prueba.

1 Introducción

El correo electrónico fue una de las primeras herramientas que aparecieron en Internet. Actualmente es una de las aplicaciones más importantes y utilizadas de la red, siendo esta cada vez más elaborada y potente. El correo electrónico ha triunfado como medio de comunicación por su simpleza, el envío casi instantáneo de los mensajes a cualquier punto del globo y principalmente por el bajo coste para el usuario que, a diferencia del correo postal tradicional, no necesita de compra de papel, sobres o sellos, siendo estas a su vez ventajas medioambientales (menos deforestación y ahorro de combustible necesario para el transporte). Así mismo, la facilidad para enviar el mismo mensaje a varios destinatarios y la posibilidad de adjuntar archivos y material multimedia en los mensajes también han propiciado el éxito del correo electrónico.

1.1 Funcionamiento básico

El proceso de envío de un correo electrónico [1][2] comienza con la creación y envío del mensaje por parte del usuario emisor a través de un agente de usuario, el agente de usuario envía el mensaje mediante SMTP al servidor de correo electrónico del emisor, conocido como MTA (*Mail Transport Agent*, Agente de transporte de correo), encargado de enviarlo al MTA del receptor. El MTA del destinatario entrega el correo recibido al servidor de correo entrante del destinatario, denominado MDA (*Mail Delivery Agent*, Agente de entrega de correo). Finalmente, el destinatario accede a su correo bien mediante POP3, bien mediante IMAP.

En el caso de que el agente de usuario no sea un programa y se trate de un servicio de correo web, las conexiones serán HTTP en vez de SMTP o IMAP/POP3.

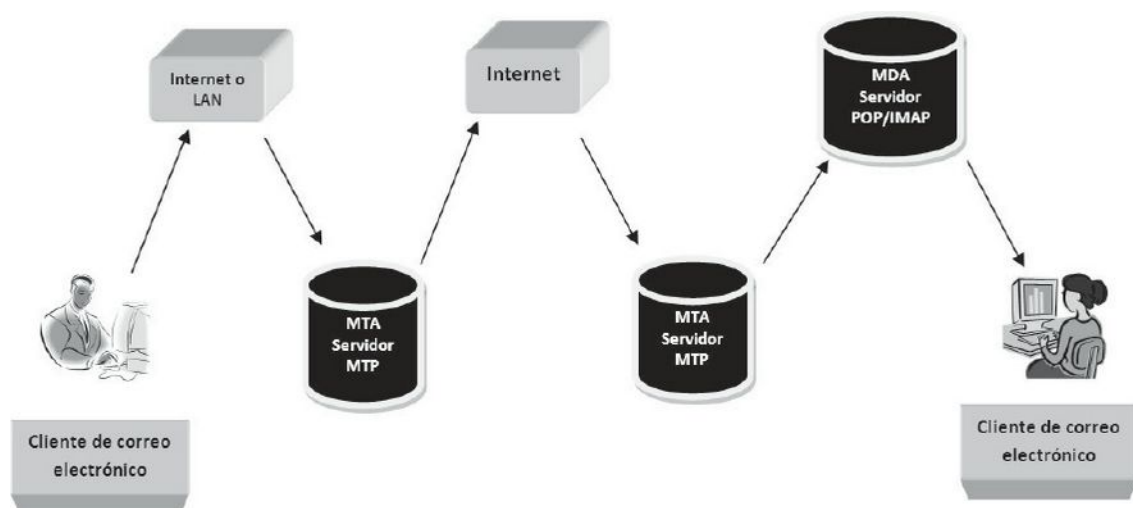


Figura 1: Ejemplo de funcionamiento de correo electrónico.

2 Protocolos de red: POP3, IMAP, SMTP, DNS

En el mecanismo de envío de un correo electrónico, o e-mail, explicado anteriormente, entran en juego los siguientes protocolos.

2.1 POP3

El protocolo POP (Post Office Protocol) en su versión 3, definida en [3], permite al usuario descargar el correo de su servidor a su ordenador local y revisarlos cuando él quiera. Este protocolo almacena los correos en el buzón de cada usuario. Al conectarse al servidor, el usuario primero se autentica con un usuario y una contraseña para comprobar que el buzón al que quiere conectarse es el suyo. Una vez hecho esto, el usuario podrá empezar la comunicación con el servidor. Este protocolo ofrece ventajas como la disponibilidad de los correos sin conexión y la capacidad de almacenaje no limitada por el servidor de correo. Ahora bien, este protocolo también ofrece desventajas, y una de ellas es que si el servidor trabaja en modo de guardado y borrado, esto es, el usuario descarga los correos a su ordenador local y el servidor los borra, entonces si el usuario trabaja en varias máquinas y se lo descarga en una, no podría ver los correos desde otra máquina.

2.3 IMAP

El protocolo IMAP (Internet Message Access Protocol), definido en [4], permite el acceso al correo electrónico desde un ordenador con acceso a internet y tiene muchas mejoras respecto a POP. El problema es, cómo se dice en [2]: *“una vez que Benito ha descargado sus mensajes en la máquina local, puede crear carpetas de correo y mover los mensajes descargados a las carpetas(...). Pero este paradigma. (...), plantea un problema para el usuario nómada, que preferiría mantener una jerarquía de carpetas en un servidor remoto al que pueda acceder desde cualquier computadora”*.

IMAP cada mensaje recibido lo meterá en una carpeta, INBOX, el usuario podrá administrar las carpetas como quiera ya que proporciona comandos para la administración de directorios, además de comandos de búsqueda. El servidor IMAP mantendrá el estado de los nombres de las carpetas, además como permite el acceso simultáneo de varios usuarios, debe de mantener diversas señales para que los usuarios sepan las modificaciones realizadas, por ejemplo, si un mensaje ha sido leído o ha sido eliminado.

2.4 SMTP

El protocolo SMTP (Simple Mail Transfer Protocol), definido en [5], transfiere mensajes entre el servidor de correo del emisor y el servidor de correo del destinatario. Es un protocolo antiguo, cosa que se puede apreciar en, por ejemplo, la restricción del cuerpo del mensaje a formato ASCII de 7 bits, esto hace que para enviar un archivo adjunto o archivos multimedia este tenga que ser codificado en ASCII de 7 bits antes de ser transmitido.

Cuando un servidor SMTP envía un correo generalmente no utiliza servidores de correo intermedios. El funcionamiento es el siguiente: Cuando el servidor SMTP que hace de emisor quiere enviar un correo establece una conexión TCP con el puerto 25 al servidor SMTP que hace de receptor, si el servidor receptor no está operativo y no puede recibir el mensaje, este, se guardará en el servidor emisor y se intentará enviar más tarde. Una vez conseguida la conexión entre los dos servidores se procederá a abrir un proceso de negociación, durante este proceso el emisor da la dirección de correo electrónico de la persona que ha generado el mensaje y la dirección de correo del destinatario. Una vez hecho esto, se envía el mensaje que es acabado en un punto para indicar el fin del mensaje.

Un ejemplo de envío de mensaje sería este:

```

S: 220 hamburger.edu
C: HELO crepes.fr
S: 250 Hello crepes.fr, pleased to meet you
C: MAIL FROM: <alicia@crepes.fr>
S: 250 alicia@crepes.fr ... Sender ok
C: RCPT TO: <benito@hamburger.edu>
S: 250 benito@hamburger.edu ... Recipient ok
C: DATA
S: 354 Enter mail, end with "." on a line by itself
C: ¿Te gusta el ketchup?
C: ¿Y los pepinillos en vinagre?
C: .
S: 250 Message accepted for delivery
C: QUIT
S: 221 hamburger.edu closing connection

```

Figura 2: Ejemplo conexión SMTP [2]

2.5 DNS

El protocolo DNS (Domain Name System) [8] permite traducir nombres de dominio en direcciones IP, este protocolo almacena nombres de dominio de redes de forma jerárquica y distribuida. Su principal objeto es relacionar direcciones IP con nombres de dominio, ya que un nombre de dominio es mucho más fácil de recordar que una dirección IP, además, la dirección IP puede cambiar a lo largo del tiempo, mientras que el nombre de dominio no. Un nombre de dominio está diferenciado en diferentes partes por puntos que se llaman etiquetas. Un usuario apenas percibe la comunicación DNS ya que esta se realiza por clientes como navegadores o clientes de correo.

El proceso es el siguiente: El cliente de correo envía la petición de búsqueda al servidor DNS local para que realice la búsqueda, si está en su caché el dominio buscado lo devolverá, si no mandará una petición a varios servidores DNS, este servidor suele ser que el proporciona el ISP del usuario.

Hay dos tipos de búsquedas en los servidores DNS:

- Iterativa: al consultar los datos de su caché, el servidor si no los tiene realizará consultas a diferentes servidores de jerarquía asociada al nombre de dominio que quiere resolver, hasta que encuentra el servidor que tiene el nombre de dominio completo que andaba buscando.
- Recursiva: al consultar los datos de su caché, el servidor consultara con su DNS raíz y este se encargará de gestionar ya sea de forma iterativa o recursiva la petición.

Ahora bien, en cada servidor DNS hay varios registros que se consultan a la hora de hacer peticiones, en nuestro caso, a la hora de gestionar nombres de dominio de correo electrónico, se debe de consultar el registro MX (Mail eXchange record), este registro indica como debe ser encaminado un correo electrónico en internet. Cuando un correo se envía por internet, el emisor hace peticiones DNS solicitando el registro MX, esta consulta devuelve una lista de dominios de servidores de correo junto con un número de preferencia. El registro MX permite usar múltiples servidores de correo para un solo dominio y con el número de preferencia establece el orden en el que estos servidores deberían de ser preguntados.

3 MTA

Una vez explicado el funcionamiento del proceso de envío de un correo electrónico y los protocolos que intervienen nos vamos a centrar en los MTA (Mail Transfer Agent), un MTA es una aplicación de red ubicada en un servidor para prestar servicio a los correos electrónicos. Un MTA hace la función de cliente, cuando envía un correo a otro MTA, y también hace la función de servidor cuando recibe mensajes de otros MTA. Básicamente su función es la siguiente:

Cuando el usuario inicial envía un correo, el cliente de correo electrónico del usuario emisor (MUA) entrega el mensaje al servidor MTA local. El servidor MTA local al usuario coje el mensaje e inicia la negociación con el servidor receptor, servidor MTA receptor. El MTA receptor recibe el mensaje y lo deposita en el servidor de correo entrante del destinatario, denominado MDA.

Entre los MTA conocidos en el mercado, podemos destacar los siguientes:

- Sendmail
- Postfix
- qmail
- Exim
- Mdaemon
- Mercury Mail Transport System
- Lotus Notes
- Microsoft Exchange Server

Nosotros nos centraremos en Exim y Postfix.

4 Postfix

Postfix es un software libre de servidor de correo (MTA) creado para ser rápido, fácil de administrar y seguro.

Como el objetivo final de este trabajo es la prueba de Postfix y una comparación con Exim, Procedemos a su instalación.

Para su instalación en el SO Ubuntu 14.04, escribimos en el terminal lo siguiente: `sudo apt-get install postfix`. En el proceso de instalación nos aparecerá una pantalla para su configuración donde se nos dan a elegir cuatro opciones:

- Sin configuración: mantiene la configuración actual intacta, no hace ninguna modificación.
- Sitio en Internet: El correo se envía y recibe directamente usando SMTP
- Internet con "smarthost": El correo se recibe directamente utilizando SMTP o ejecutando una herramienta como *Fetchmail*.
- Sólo correo local: El único correo que se entrega es para usuarios locales. No hay red.

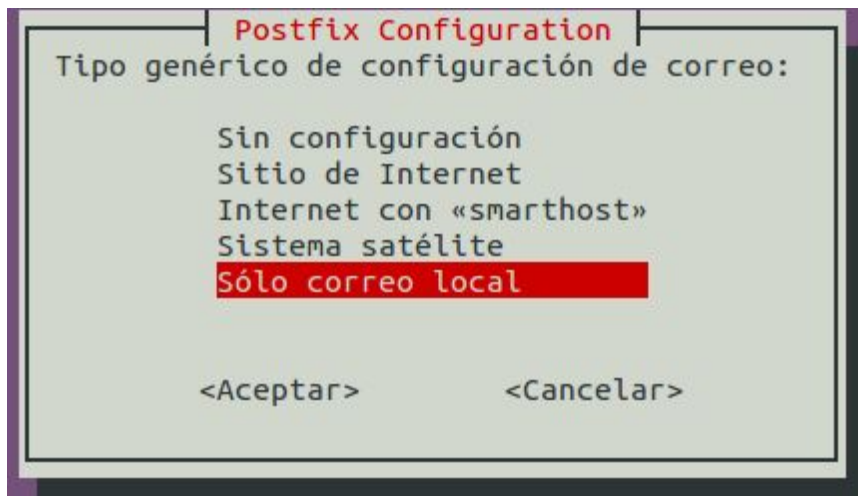


Figura 3: Primera parte de la configuración del servidor de correo

Nosotros elegiremos sitio en internet ya que nuestro servidor será el encargado de administrar los usuarios y el envío y recepción de correo electrónico.

Ahora nos mostrará una pantalla en la que debemos de elegir el nombre de nuestro servidor, nosotros hemos puesto "usuarioISE".

A continuación nos saldrá para configurar los alias, aquí se personaliza a que usuario le va a llegar el correo del administrador root y postmaster. Luego explicaremos esto.

Seguidamente nos pide una lista seguida de comas de dominios que administra nuestro servidor de correo.

Después nos dará a elegir si queremos forzar las actualizaciones síncronas en la cola de correo. Si elegimos si, el correo será procesado más lentamente, si le damos a no, existe la posibilidad de perder algunos correos si el sistema se colapsa.

Ahora elegimos las direcciones IP que tendrán acceso a nuestro servidor.

A continuación nos pide el límite que queremos darle al buzón de correo, si ponemos 0 será ilimitado. Nosotros hemos puesto 5120000 que es el predeterminado.

Por último nos pedirá el carácter que se usará para definir una extensión de dirección local, le damos a enter para elegir el que viene por defecto y los protocolos de IP que debe de escuchar, si IPv4 o IPv6 o los dos. Nosotros le hemos dado a todos.

Si todas estas opciones de configuración no nos salen, con la orden `dpkg-reconfigure postfix` después de haber instalado postfix nos saldrán.

Una vez hecho esto reiniciamos postfix con `sudo service restart postfix`.

Para comprobar que todas las opciones de configuración se nos ha guardado, podemos acceder al archivo de configuración de postfix en `/etc/postfix/main.cf`

El tema de los alias es algo que debemos de configurar, El superusuario root es el que va a recibir muchos mensajes, la idea es que el root se conecte a través de un usuario normal, para iniciar esto abrimos el archivo de los alias en `/etc/aliases` y en mi caso he puesto;

root usuario

Una vez hecho esto reiniciamos el servicio.

Postfix también admite más opciones de configuración como la de prevención de spam pero esas para nuestro uso no nos afectan.

Ahora ya podemos empezar a utilizar postfix.

Para conectarnos al servidor podemos hacerlo a través de un telnet, suponemos que ya está instalado el servicio telnet. Escribimos `telnet localhost 25` para conectarse.

Una vez dentro podemos empezar a comunicarnos con el servidor a través de comandos SMTP. Empezamos presentándonos con `HELO localhost`. ahora procedemos a enviar un correo, debemos empezar diciendo que nosotros somos los que lo vamos a enviar, escribimos, `MAIL FROM: prueba` por ejemplo, Ahora indicamos a quien se lo queremos enviar, en este caso se lo vamos a enviar a root, ponemos `RCPT TO: root`. Ahora procedemos a escribir el mensaje poniendo la orden `data`.

Dentro del mensaje podemos escribirlo directamente o poner el asunto, para poner el asunto debemos de escribir, `subject: asunto del correo`, `from: prueba`, `to: root` y procedemos a escribir el cuerpo.

Para acabar de escribir le damos a enter escribimos un punto y le damos enter, y nos indicará que nuestro mensaje será encolado. Con la orden `quit` cerramos la conexión SMTP.

```
usuario@usuario-X555LDB:/var/spool/mail$ telnet localhost 25
Trying 127.0.0.1...
Connected to localhost.
Escape character is '^]'.
220 usuarioISE ESMTP Postfix (Ubuntu)
HELO localhost
250 usuarioISE
MAIL FROM: prueba
250 2.1.0 Ok
RCPT TO: root
250 2.1.5 Ok
data
354 End data with <CR><LF>.<CR><LF>
subject: Bienvenido
from: prueba
to: root
Hola que tal bienvenido, encatado de conocerte.
.
250 2.0.0 Ok: queued as 2A9DA8A02DC
quit
221 2.0.0 Bye
Connection closed by foreign host.
```

Figura 4: Proceso de envío de un mensaje en el servidor Postfix con SMTP

Para comprobar que el mensaje ha sido enviado debemos de acceder al archivo `/var/spool/mail/"usuario al que se lo hemos enviado"`, en nuestro caso es root, al acceder vemos que el mensaje estará en ese archivo.

```

usuario@usuario-X555LDB:/var/spool/mail$ sudo cat /var/spool/mail/root
From prueba@usuarioISE  Fri Nov 20 11:48:39 2015
Return-Path: <prueba@usuarioISE>
X-Original-To: root
Delivered-To: root@usuarioISE
Received: from localhost (localhost [127.0.0.1])
        by usuarioISE (Postfix) with SMTP id 2A9DA8A02DC
        for <root>; Fri, 20 Nov 2015 11:47:59 +0100 (CET)
subject: Bienvenido
from: prueba@usuarioISE
to: root@usuarioISE
Message-Id: <20151120104805.2A9DA8A02DC@usuarioISE>
Date: Fri, 20 Nov 2015 11:47:59 +0100 (CET)

Hola que tal bienvenido, encatado de conocerte.

```

Figura 5: Mensaje almacenado en el buzón del root

Existe una orden que nos automatiza todo el proceso de envío de mensaje explicado anteriormente, porque básicamente lo que estamos haciendo es una conexión telnet y luego comunicarnos con el servidor a través de SMTP. Esta orden de la que estamos hablando es la orden `mail`.

En la explicación de Exim el envío de mensaje lo haremos de esta manera para comprobar que el servidor funciona.

Por último, vamos a comentar los comandos que tiene postfix [9] a la hora de administración del servidor, comentaremos los más importantes:

- **postqueue:** este comando sirve para poder administrar la cola de mensajes y resulta tremendamente útil. Con la opción `-p` mostramos todos los mensajes que se encuentren en la cola de correo. Con `-s` seguido del nombre del dominio intenta enviar todos los mensajes que salgan del nombre del dominio indicado.
- **postsuper -d:** elimina mensajes que estén en la cola de mensajes, si va seguido de `ALL` los borrara todos, si va seguido de la ID de un mensaje borrara el mensaje que tenga esa ID.
- **postcat:** muestra el contenido de los archivos en cola, con `-q ID` si sabemos la ID del mensaje que queremos ver podemos verlo a ese mensaje en concreto.
- **postfix start | stop | abort:** inicia detiene o aborta el servicio Postfix.
- **postfix reload:** recarga los archivos de configuración de Postfix.
- **postfix status:** muestra el estado actual del servicio Postfix.
- **postfix flush:** permite enviar a la fuerza correo a la cola.

5 Exim

Exim es un MTA disponible bajo licencia GNU/GPL desarrollado en la Universidad de Cambridge para ser usado preferiblemente en sistemas basados en Unix, aunque su uso en otros sistemas también es posible. Actualmente se encuentra en su versión 4.86 y los creadores recomiendan actualizar todos los servidores que usen versiones anteriores a 4.x pues han quedado obsoletas.

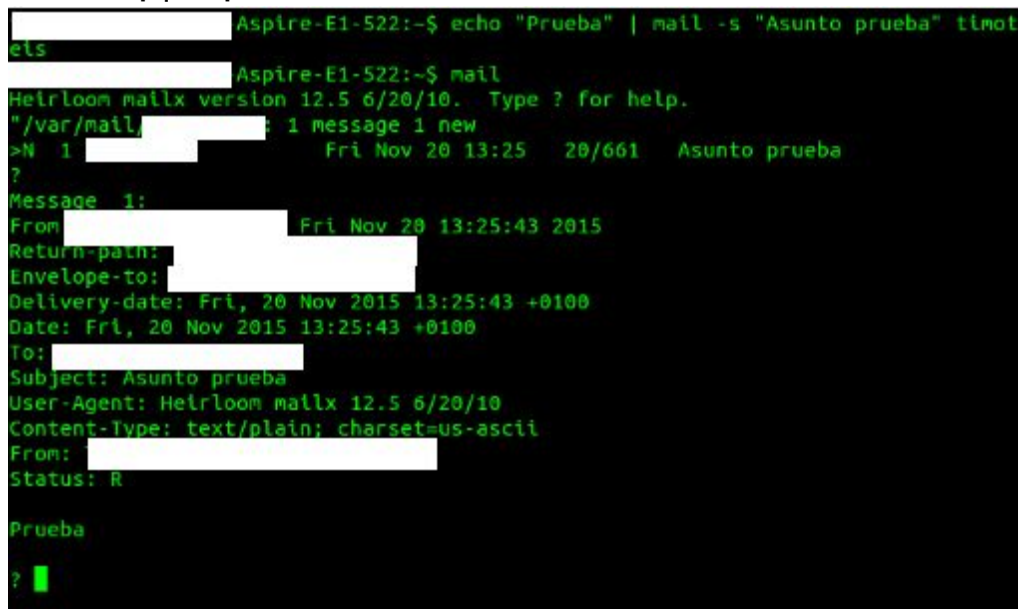
En nuestro caso, estamos trabajando bajo una máquina con sistema operativo Ubuntu, cuyo administrador de paquetes es `apt`, así que ejecutamos la orden `sudo apt-get install exim4` para instalar Exim.

Una vez realizada la instalación debemos de completar el proceso de configuración de forma similar a como se hizo con Postfix. Ejecutando `sudo dpkg-reconfigure exim4-config` se inicia dicho proceso. Una vez configurado Exim debemos de ejecutar `sudo update-exim4.conf` para generar el archivo de configuración maestro y reiniciar el servicio con `sudo service exim4 restart`.

En este caso, hemos usado `mail` (perteneciente al paquete `mailutils`) para comprobar que el MTA funciona correctamente, enviando un correo de prueba usando `echo "Texto del mensaje" | mail -s "Asunto" destinatario` y consultando el buzón mediante `mail`.

Estos son algunos de los comandos más útiles que podemos usar con Exim en lo que a administración del servidor se refiere[7]:

- **exim -qf**: Indica a Exim que procese la cola completamente de nuevo.
- **exiwhat**: muestra qué está haciendo Exim en ese momento.
- **exim -bpc**: muestra el número de mensajes que hay en la cola.
- **exim -bp**: lista los correos en cola.
- **rm /var/spool/exim/input/***: borra la cola de correo completa.
- **exim -bp | exiqsumm**: resumen de los correos electrónicos en cola



```
Aspire-E1-522:~$ echo "Prueba" | mail -s "Asunto prueba" timot
els
Aspire-E1-522:~$ mail
Heirloom mailx version 12.5 6/20/10. Type ? for help.
"/var/mail, : 1 message 1 new
>N 1          Fri Nov 20 13:25  20/661  Asunto prueba
?
Message 1:
From:          Fri Nov 20 13:25:43 2015
Return-path:
Envelope-to:
Delivery-date: Fri, 20 Nov 2015 13:25:43 +0100
Date: Fri, 20 Nov 2015 13:25:43 +0100
To:
Subject: Asunto prueba
User-Agent: Heirloom mailx 12.5 6/20/10
Content-Type: text/plain; charset=us-ascii
From:
Status: R

Prueba

? █
```

Figura 6: Prueba de uso de Exim mediante la orden mail

6 Comparación

El objetivo de este documento es probar los dos servidores de correo y comparar sus prestaciones. La prueba de estos dos MTAs (Postfix y Exim) se llevará a cabo en un equipo con las siguientes características:

Memoria RAM: 8 GB

Procesador: Intel Core i7-5500U CPU @ 2.4GHz x 4

Sistema Operativo: Ubuntu 14.04 64 bits

Disco Duro: SATA 486,2 GB

En la prueba de estos dos servidores usaremos `mutt` en vez de `mail`, dado que, aunque es un poco más lenta nos permite adjuntar archivos a los correos, cosa que usaremos como una de las medidas para la comparación. En realidad, utilizar una orden u otra nos es indiferente ya que utilizaremos la misma para la comparación de los dos servidores.

Las mediciones que haremos para la comparación serán las siguientes:

1. Tiempo necesario para el envío de mensajes al servidor. Para esto, mediremos lo que tarda en enviarse un mensaje, 10 mensajes y 100 mensajes. Repitiendo cada medición diez veces para, posteriormente, calcular la media de las medidas.
2. Tiempo necesario para el envío de mensajes al servidor con archivos adjuntos. Para ello creamos varios archivo y repetimos el proceso anterior pero adjuntando archivos, medimos cuánto tarda en enviar un mensaje, 10 mensajes y 100 mensajes. Estas mediciones se harán con archivos adjuntos de 1 KB, 10 KB 100 KB, 1MB y 2MB.

3. Tiempo que tarda en ser procesado un mensaje en el servidor, (recibir y enviar un mensaje por el servidor: delay), haremos estas medidas 10 veces para mensajes sin ficheros adjuntos, 10 veces para ficheros adjuntos de 1 KB, 10 veces para ficheros de 10KB, 10 veces para ficheros 100KB, 10 veces para ficheros de 1MB y 10 veces para ficheros de 2MB.

Para poder hacer la medida 3, haremos un seguimiento del tiempo de procesado en el fichero `/var/log/mail.log`

Para las medidas 1 y 2 utilizaremos una serie de scripts para medir el tiempo (Véase **ANEXO 2: SCRIPTS**).

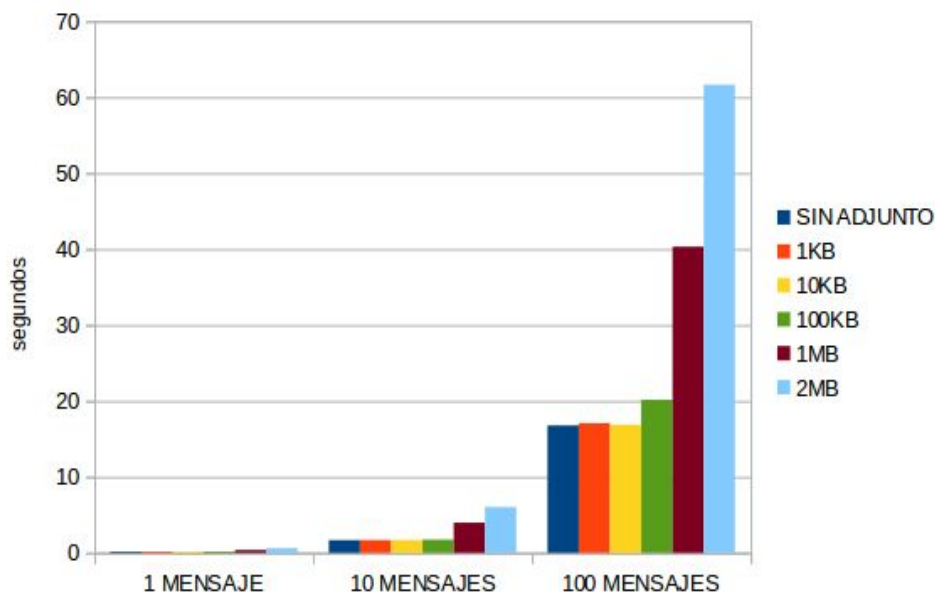
Los scripts `mail1.sh`, `mail10.sh` y `mail100.sh` envían uno, diez y cien correos electrónicos respectivamente. El script `medicion.sh` ejecuta diez veces cada uno de los scripts ya mencionados y, además, mide el tiempo de ejecución con la orden `time`.

Para las mediciones con archivos adjuntos basta con añadir a la orden `mutt` la opción `-a` y la ruta del archivo a enviar. Para crear un archivo de un tamaño determinado usamos la orden `dd if=/dev/urandom of= "ruta del archivo bs="tamaño del archivo en bytes" count=1`.

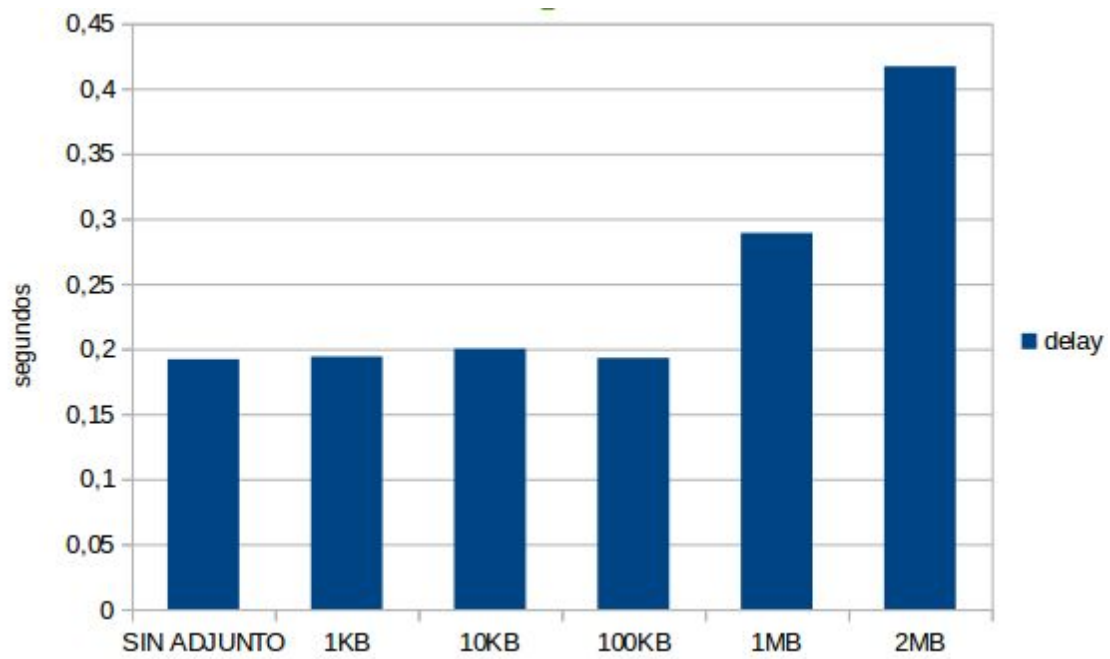
6.1 Mediciones en Postfix

Vamos a realizar las medidas en Postfix, comenzaremos por la medida 1, ejecutamos el script `medicion.sh`

Vamos a obtener los tiempos para mensajes sin fichero adjunto enviando 1 mensaje, 10 mensajes y 100 mensajes, cada una de estas tres mediciones la haremos 10 veces para obtener una media. Aprovechando que hemos ejecutado el script de mensajes sin fichero obtendremos su delay, para ello filtramos el archivo `/var/log/mail.log` por delay y sacamos las últimas 10 líneas, esto lo hacemos escribiendo en el terminal `cat /var/log/mail.log | grep "delay=" | tail -10`. Este proceso lo repetimos para mensajes con archivos adjuntos de 1 KB, mensajes con archivos adjuntos de 10 KB, mensajes con archivos adjuntos de 100 KB, mensajes con archivos adjuntos de 1MB y mensajes con archivos adjuntos de 2 MB. En el **ANEXO 1: TABLAS** vienen todas las tablas de las medidas.



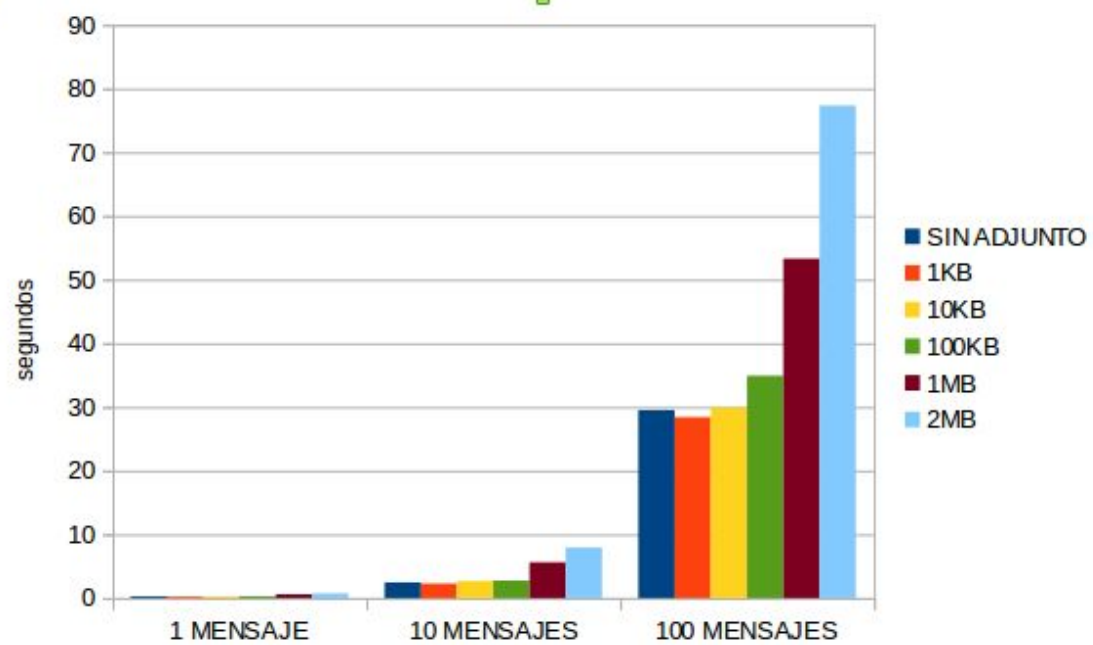
Gráfica 1: Tiempo en enviar mensajes sin adjunto y con adjuntos de diferentes tamaños en Postfix



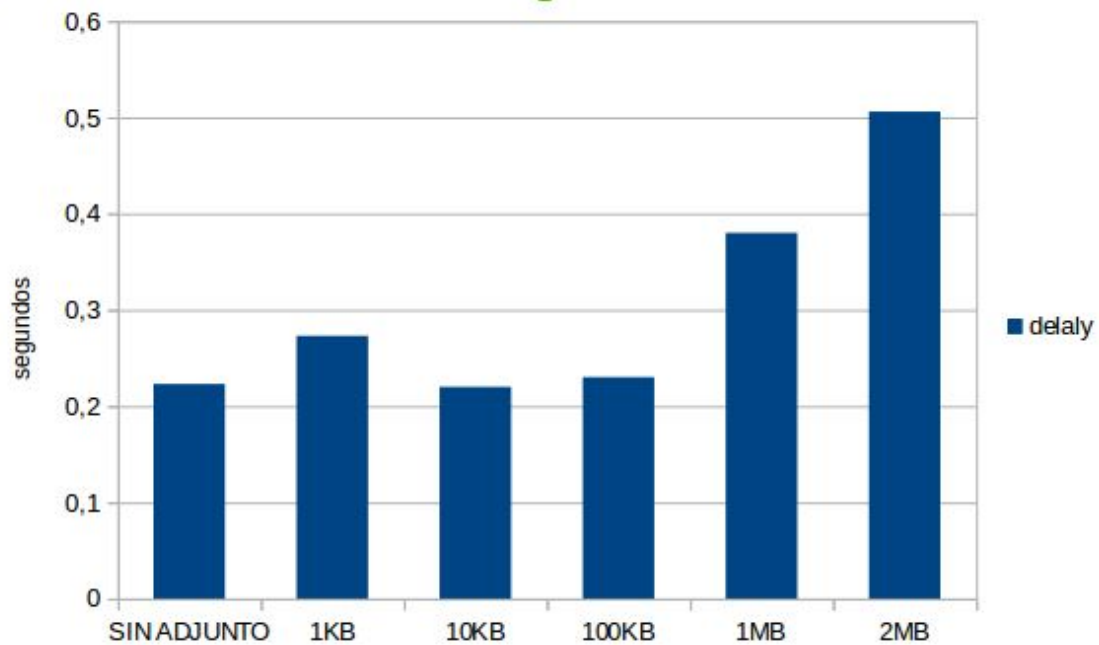
Gráfica 2: Medidas de los delays en Postfix

6.2 Mediciones para Exim

Realizamos el mismo proceso para las mediciones pero con el servidor Exim.



Gráfica 3: Tiempo en enviar mensajes sin adjunto y con adjuntos de diferentes tamaños en Exim



Gráfica 4: Medidas de los delays en Exim

6.3 Estudio estadístico

Una vez extraídos todos los datos de las mediciones tanto de Exim como de Postfix vamos a realizar un estudio estadístico para decidir qué servidor es mejor en el caso de que no sean estadísticamente similares. Para ello, vamos a comparar el tiempo en enviar 1, 10 y 100 mensajes y, por último, la comparación con el delay.

Comenzamos la comparación para el tiempo en enviar un mensaje:

Partimos de la hipótesis de que los dos servidores son iguales, entonces las diferencias en las medidas se deben a factores aleatorios independientes. En ese caso d_i serán muestras de una distribución normal de media cero. Por lo que el:

$$t_{exp} = \frac{\bar{d}}{s/\sqrt{n}} = 5,97$$

pertenece a una distribución t de Student con $6-1=5$ grados de libertad. Donde $\bar{d}=0,1146$

$n=6$ y s será la desviación típica muestral que se calcula con $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n-1}}$

Tiempo en enviar 1 Mensaje	Exim	Postfix	$d_i = T1-T2$	$d_i - \bar{d}$
SIN ADJUNTO	0,261	0,161	0,1	-0,0146666667
ADJUNTO 1KB	0,217	0,156	0,061	-0,016
ADJUNTO 10KB	0,238	0,161	0,077	-0,0376666667
ADJUNTO 100KB	0,277	0,172	0,105	-0,0096666667
ADJUNTO 1MB	0,566	0,359	0,207	0,0923333333
ADJUNTO 2MB	0,729	0,591	0,138	0,0233333333
SUMA	2,288	1,6	0,1146666667	$=\bar{d}$

Siendo $s=0,04701$ y tomando un nivel de confianza del 95 %, lo que quiere decir que el valor de significatividad es $\alpha = 0,05$ calculamos el P-Valor, P-Valor=0,00128, como el P-Valor $< \alpha$ diremos que para un nivel de significatividad de 0,05 las diferencias entre los servidores son ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS por lo que los servidores son distintos en cuanto al envío de un mensaje. En este caso Postfix sería $2,288/1,6=1,43$ veces más rápido que Exim.

Continuamos con la comparación del tiempo en enviar 10 mensajes:

Tiempo en enviar 10 Mensaje	Exim	Postfix	$d_i = T1-T2$	$d_i - \bar{d}$
SIN ADJUNTO	2,437	1,654	0,783	-0,3726666667
ADJUNTO 1KB	2,259	1,673	0,586	-0,4
ADJUNTO 10KB	2,661	1,675	0,986	-0,1696666667
ADJUNTO 100KB	2,745	1,73	1,015	-0,1406666667
ADJUNTO 1MB	5,608	3,953	1,655	0,4993333333
ADJUNTO 2MB	7,921	6,012	1,909	0,7533333333
SUMA	23,631	16,697	1,1556666667	$= \bar{d}$

En este caso al calcular nuestro $t_{exp}=5,866$, $s=0,4825$, P-VALOR=0,002.

Como P-VALOR $< \alpha = 0,05$ concluimos que la diferencia entre los servidores a la hora de enviar 10 mensajes son significativas y que por lo tanto los servidores son distintos. En este caso Postfix es $23,631/16,697 = 1,41$ veces más rápido que Exim

Hacemos lo mismo para 100 mensajes.

Tiempo en enviar 100 Mensaje	Exim	Postfix	$d_i = T1-T2$	$d_i - \bar{d}$
SIN ADJUNTO	29,508	16,757	12,751	-0,6781666667
ADJUNTO 1KB	28,406	17,07	11,336	-1,706
ADJUNTO 10KB	29,904	16,862	13,042	-0,3871666667
ADJUNTO 100KB	34,904	20,132	14,772	1,3428333333
ADJUNTO 1MB	53,289	40,298	12,991	-0,4381666667
ADJUNTO 2MB	77,318	61,635	15,683	2,2538333333
SUMA	253,329	172,754	13,4291666667	$= \bar{d}$

En este caso al calcular nuestro $t_{exp}=22,5972$, $s=1,45569$ P-VALOR= $3,1547 \times 10^{-6}$.

Como P-VALOR $< \alpha = 0,05$ concluimos que la diferencia entre los servidores a la hora de enviar 100 mensajes son significativas y que por lo tanto los servidores son distintos. En este caso Postfix es $253,329/172,754=1,46$ veces más rápido que Exim

Hacemos lo mismo para los delays.

Tiempo de delay	Exim	Postfix	$d_i = T1 - T2$	$d_i - \bar{d}$
SIN ADJUNTO	0,223	0,192	0,031	-0,0268333333
ADJUNTO 1KB	0,273	0,194	0,079	0,059
ADJUNTO 10KB	0,22	0,2	0,02	-0,0378333333
ADJUNTO 100KB	0,23	0,193	0,037	-0,0208333333
ADJUNTO 1MB	0,38	0,289	0,091	0,0331666667
ADJUNTO 2MB	0,506	0,417	0,089	0,0311666667
SUMA	1,832	1,485	0,0578333333	$= \bar{d}$

En este caso al calcular nuestro $t_{exp} = 3,51143$, $s = 0,0403$ P-VALOR = 0,01707.

Como P-VALOR < $\alpha = 0,05$ concluimos que la diferencia entre los servidores en el tiempo de delay son significativas y que por lo tanto los servidores son distintos. En este caso Postfix es $1,832/1,485 = 1,23$ veces más rápido que Exim.

7 Conclusiones

Una vez concluido el estudio estadístico, podemos comparar con relativa seguridad ambos MTA.

Principalmente podemos concluir, con un nivel de confianza del 95% que Postfix es 1,43 veces más rápido de media que Exim al enviar correos y 1,23 veces más rápido al procesarlos.

Dejando a un lado los aspectos técnicos, tanto Exim como Postfix destacan por ser MTAs pensados para sistemas basados en UNIX y por ser grandes proyectos de software libre. Tal es el caso que Exim es el MTA por defecto en los sistemas Debian[6].

Debido a su carácter de software libre, tanto Exim como Postfix poseen gran cantidad de documentación oficial, además del apoyo de desarrolladores y usuarios como es normal en este tipo de proyectos. En este aspecto destaca la documentación de Exim, que al ser un proyecto desarrollado por la Universidad de Cambridge posee incluso un libro escrito por el desarrollador principal, Philip Hazel y editado en Cambridge con toda la documentación de Exim4[7].

Ambos MTA poseen robustos sistemas para el control de SPAM y ofrecen servicios similares, con la diferencia de que la filosofía de Exim es más minimalista intentando evitar en la medida de lo posible los archivos de gran tamaño, normalmente logs y trabaja de forma monolítica, mientras que Postfix se divide en varios subprocesos.

Por último, y para concluir, hay que decir que nos hubiera gustado también comparar estos dos MTAs con otros como los mencionados en el documento, entre ellos SendMail, pero por falta de tiempo no ha sido posible.

Referencias

[1] P. Casla Villares, P. Corella Fernández y M. Á. González Pérez, *Administración de servicios de mensajería electrónica*. RA-MA Editorial, 2014.

[2] James F. Kurose, Keith W. Ross, *Redes de computadoras: un enfoque descendente*. Pearson Education, 2011. pp. 115-125

[3] M. Rose, "RFC 1939: Post Office Protocol - Version 3", 1996. [Online]. <https://tools.ietf.org/html/rfc1939.txt>.

- [4] M. Crispin, "RFC 3501: INTERNET MESSAGE ACCESS PROTOCOL - VERSION 4rev1", 2003. [Online]. <https://tools.ietf.org/html/rfc3501>.
- [5] J. Klensin, "RFC 5321: Simple Mail Transfer Protocol ", 2008. [Online]. <https://tools.ietf.org/html/rfc5321>.
- [6] "Exim", 2015. [Online]. <https://wiki.debian.org/Exim>.
- [7] Philip Hazel, *The Exim SMTP mail server Official guide to Release 4*. UIT Cambridge , 2007.
- [8] P. Mockapetris, "RFC 1035: DOMAIN NAMES - IMPLEMENTATION AND SPECIFICATION", 1987. [Online] <https://www.ietf.org/rfc/rfc1035.txt>.
- [9] Wietse Venma, "postfix - Postfix control program". [Online]. <http://www.postfix.org/postfix.1.html>.

ANEXO 1: TABLAS

Mediciones para Postfix:

Tamaño= ~0KB	1 mensaje	10 mensajes	100 mensajes	delay
	0,14	1,7	16,61	0,17
	0,16	1,69	16,52	0,2
	0,18	1,65	16,75	0,22
	0,17	1,66	16,7	0,18
	0,15	1,64	16,6	0,21
	0,15	1,6	16,83	0,2
	0,16	1,68	16,77	0,2
	0,17	1,68	17,03	0,21
	0,16	1,59	16,96	0,2
	0,17	1,65	16,8	0,13
MEDIA	0,161	1,654	16,757	0,192

Tamaño=1k	1 mensaje	10 mensajes	100 mensajes	delay
	0,13	1,64	16,62	0,18
	0,15	1,71	16,78	0,19
	0,18	1,63	16,95	0,21
	0,16	1,84	16,81	0,18
	0,14	1,63	16,75	0,22
	0,16	1,63	17,23	0,21
	0,16	1,66	17,05	0,19
	0,15	1,64	16,85	0,21

	0,17	1,69	18,79	0,21
	0,16	1,66	16,87	0,14
MEDIA	0,156	1,673	17,07	0,194

Tamaño=10k	1 mensaje	10 mensajes	100 mensajes	delay
	0,12	1,65	16,91	0,18
	0,15	1,67	16,85	0,19
	0,17	1,66	16,88	0,25
	0,19	1,65	16,76	0,2
	0,18	1,65	16,94	0,21
	0,16	1,7	16,88	0,2
	0,16	1,68	16,74	0,2
	0,15	1,73	16,83	0,22
	0,17	1,66	16,81	0,21
	0,16	1,7	17,02	0,14
MEDIA	0,161	1,675	16,862	0,2

Tamaño=100k	1 mensajes	10 mensajes	100 mensajes	delay
	0,23	1,67	17,23	0,2
	0,17	1,8	19,93	0,21
	0,16	1,66	20,42	0,2
	0,16	1,68	20,29	0,2
	0,16	1,7	20,3	0,21
	0,16	1,7	20,15	0,19
	0,18	1,81	20,69	0,2
	0,17	1,83	20,7	0,21
	0,16	1,69	20,44	0,18
	0,17	1,76	21,17	0,13
MEDIA	0,172	1,73	20,132	0,193

Tamaño=1M	1 mensajes	10 mensajes	100 mensajes	delay
	0,35	3,64	40,19	0,3
	0,38	3,96	40,08	0,28
	0,39	4,02	39,88	0,31
	0,33	4,06	40,23	0,33
	0,41	4,03	39,7	0,29
	0,35	3,98	39,87	0,29
	0,33	4,02	40,46	0,29
	0,38	3,97	39,88	0,28

	0,33	3,97	41,04	0,28
	0,34	3,88	41,65	0,24
MEDIA	0,359	3,953	40,298	0,289

Tamaño=2M	1 mensajes	10 mensajes	100 mensajes	delay
	0,6	6,03	60,61	0,33
	0,58	6,17	60,35	0,41
	0,6	6,13	61,4	0,41
	0,6	6,1	61,67	0,42
	0,58	6	60,23	0,41
	0,57	5,98	62,45	0,44
	0,6	5,91	61,24	0,49
	0,61	5,92	63,41	0,44
	0,59	5,95	63,48	0,41
	0,58	5,93	61,51	0,41
MEDIA	0,591	6,012	61,635	0,417

Tabla final:

	SIN ADJUNTO	1KB	10KB	100KB	1MB	2MB
1 MENSAJE	0,161	0,156	0,161	0,172	0,359	0,591
10 MENSAJES	1,654	1,673	1,675	1,73	3,953	6,012
100 MENSAJES	16,757	17,07	16,862	20,132	40,298	61,635

Delays:

	SIN ADJUNTO	1KB	10KB	100KB	1MB	2MB
delay	0,192	0,194	0,2	0,193	0,289	0,417

Medidas Exim:

Tamaño= ~0KB	1 mensaje	10 mensajes	100 mensajes	delay
	0,43	2,42	23,59	0,2
	0,28	2,45	24,01	0,19
	0,28	2,56	33,69	0,21
	0,22	2,69	23,68	0,23
	0,23	2,31	28,86	0,25
	0,25	2,37	29,34	0,27
	0,22	2,5	23,85	0,2

	0,24	2,32	33,33	0,25
	0,23	2,4	39,87	0,2
	0,23	2,35	34,86	0,23
MEDIA	0,261	2,437	29,508	0,223

Tamaño=1k	1 mensaje	10 mensajes	100 mensajes	delay
	0,19	2,34	32,66	0,23
	0,22	2,25	22,74	0,25
	0,23	2,31	22,92	0,24
	0,25	2,25	27,88	0,3
	0,22	2,36	32,14	0,29
	0,25	2,24	23,19	0,27
	0,16	2,14	32,97	0,29
	0,2	2,16	28,62	0,28
	0,22	2,24	33,28	0,3
	0,23	2,3	27,66	0,28
MEDIA	0,217	2,259	28,406	0,273

Tamaño=10k	1 mensaje	10 mensajes	100 mensajes	delay
	0,15	3,24	32,89	0,28
	0,21	3,29	33,4	0,2
	0,22	2,26	23,1	0,26
	0,22	2,21	33,32	0,2
	0,25	2,22	28,25	0,21
	0,44	2,26	23,42	0,3
	0,21	3,26	30,59	0,17
	0,23	2,39	23,14	0,22
	0,22	2,27	33,26	0,22
	0,23	3,21	37,67	0,14
MEDIA	0,238	2,661	29,904	0,22

Tamaño=100k	1 mensajes	10 mensajes	100 mensajes	delay
	0,22	2,62	36,22	0,2
	0,28	2,62	31,26	0,26
	0,28	2,91	46,59	0,2
	0,26	2,67	31,02	0,3
	0,26	2,57	26,21	0,21
	0,42	2,54	55,91	0,19
	0,29	2,64	36,99	0,32

	0,26	3,66	26,64	0,21
	0,25	2,6	31,67	0,18
	0,25	2,62	26,53	0,23
MEDIA	0,277	2,745	34,904	0,23

Tamaño=1M	1 mensajes	10 mensajes	100 mensajes	delay
	0,6	5,35	54,18	0,4
	0,74	5,27	55,9	0,35
	0,53	5,33	53,92	0,32
	0,57	5,37	52,97	0,37
	0,61	5,21	52,65	0,36
	0,53	5,25	53,38	0,4
	0,51	8,31	52,55	0,39
	0,52	5,3	52,56	0,38
	0,54	5,35	51,95	0,41
	0,51	5,34	52,83	0,42
MEDIA	0,566	5,608	53,289	0,38

Tamaño=2M	1 mensajes	10 mensajes	100 mensajes	delay
	0,72	7,21	72,61	0,53
	0,68	7,13	82,18	0,49
	0,81	7,39	72,46	0,5
	0,71	7,33	72,56	0,53
	0,74	7,25	84,13	0,5
	0,74	7,26	72,9	0,49
	0,71	7,22	83,83	0,49
	0,7	7,39	82,79	0,47
	0,75	12,8	72,26	0,51
	0,73	8,23	77,46	0,55
MEDIA	0,729	7,921	77,318	0,506

Tabla final:

	SIN ADJUNTO	1KB	10KB	100KB	1MB	2MB
1 MENSAJE	0,261	0,217	0,238	0,277	0,566	0,729
10 MENSAJES	2,437	2,259	2,661	2,745	5,608	7,921
100 MENSAJES	29,508	28,406	29,904	34,904	53,289	77,318

Delay:

	SIN ADJUNTO	1KB	10KB	100KB	1MB	2MB
delaly	0,223	0,273	0,22	0,23	0,38	0,506

ANEXO 2: SCRIPTS

mail1.sh

```
#!/bin/bash
echo "mensaje x" | mutt -s "mensaje x" usuario
```

mail10.sh

```
#!/bin/bash
for i in `seq 1 10`
do
    echo "mensaje $i" | mutt -s "mensaje $1" usuario
done
```

mail100.sh

```
#!/bin/bash
for i in `seq 1 100`
do
    echo "mensaje $i" | mutt -s "mensaje $1" usuario
done
```

medicion.sh

```
#!/bin/bash
echo "\nTiempos de envío de un mensaje\n"
for i in `seq 1 10`
do
    /usr/bin/time -f '%e' ./mail1.sh
done

echo "\nTiempos de envío de 10 mensajes\n"
for i in `seq 1 10`
do
    /usr/bin/time -f '%e' ./mail10.sh
done

echo "\nTiempos de envío de 100 mensajes\n"
for i in `seq 1 10`
do
    /usr/bin/time -f '%e' ./mail100.sh
done
```