

Inicio rápido de instalación y configuración

Tanja Roth y Thomas Schraitle

Este documento sirve como guía para la instalación de un clúster muy básico de dos nodos mediante los guiones de bootstrap proporcionados por el paquete `ha-cluster-bootstrap`. Esto incluye la configuración de una dirección IP virtual como recurso de clúster y el uso del SBD (del inglés Split Brain Detector, detector de inteligencia dividida) en el almacenamiento compartido como mecanismo de “fencing”.

Fecha de publicación: April 03, 2025

Tabla de contenidos

- 1 Ejemplos de uso 3
- 2 Requisitos del sistema 3
- 3 Descripción general de los guiones de bootstrap 5
- 4 Instalación de SUSE Linux Enterprise Server y High Availability Extension 7
- 5 Uso del SBD como mecanismo de “fencing” 8
- 6 Configuración del primer nodo 10
- 7 Adición del segundo nodo 13
- 8 Comprobación del clúster 14
- 9 Información adicional 15

10 Información legal 15

A GNU Licenses 16

1 Ejemplos de uso

Los procedimientos descritos en este documento sirven para realizar una instalación mínima de un clúster de dos nodos con las siguientes propiedades:

- Dos nodos: `alice` (IP: `192.168.1.1`) y `bob` (IP: `192.168.1.2`), conectados entre sí a través de la red.
- Una dirección IP virtual flotante (`192.168.2.1`) que permite a los clientes conectarse al servicio independientemente del nodo físico en el que se esté ejecutando.
- Un dispositivo de almacenamiento compartido, que se utiliza como mecanismo de “fencing” del SBD. Esto evita situaciones de clúster con nodos malinformados.
- Failover (relevé de funciones multinodo) de recursos de un nodo a otro si el host activo se interrumpe (instalación *activa/pasiva*).

Después de instalar el clúster con los guiones de bootstrap, se supervisará el clúster con la interfaz gráfica HA Web Konsole (Hawk), una de las herramientas de gestión de clústeres incluidas en SUSE® Linux Enterprise High Availability Extension. Como prueba básica del funcionamiento del failover de recursos, se colocará uno de los nodos en modo En espera y se comprobará si la dirección IP virtual se migra al segundo nodo.

Puede utilizar el clúster de dos nodos con fines de prueba o como configuración de clúster mínima que puede ampliar más adelante. Antes de utilizar el clúster en un entorno de producción, modifíquelo según sus necesidades.

2 Requisitos del sistema

En esta sección se informa sobre los principales requisitos del sistema para la situación descrita en la [Sección 1, “Ejemplos de uso”](#). Si desea ajustar el clúster para usarlo en un entorno de producción, lea la lista completa de *Requisitos y recomendaciones del sistema* en Libro “Administration Guide”, Capítulo 2 “System Requirements and Recommendations”.

REQUISITOS DE HARDWARE

Servidores

Dos servidores con el software especificado en la [Requisitos de software](#).

Los servidores pueden ser equipos desde cero o máquinas virtuales. No es necesario que el hardware sea idéntico (memoria, espacio de disco, etc.), pero debe tener la misma arquitectura. No se admiten clústeres de distintas plataformas.

Canales de comunicación

Se necesitan al menos dos medios de comunicación TCP/IP por nodo del clúster. El equipo de red debe ser compatible con los medios de comunicación que desee utilizar para las comunicaciones del clúster: multidifusión o difusión unidireccional. Los medios de comunicación deben admitir una velocidad de datos de 100 Mbit/s o superior. Para que la instalación del clúster sea compatible, se requieren dos o más vías de comunicación redundantes. Esto puede realizarse de las siguientes formas:

- Con un vínculo de dispositivos de red (opción preferida)
- Con un segundo canal de comunicación en Corosync
- Tolerancia a fallos de red en el nivel de infraestructura (por ejemplo, hipervisor).

“Fencing” de nodo o STONITH

Para evitar situaciones de “clústeres con nodos malinformados”, los clústeres necesitan un mecanismo de “fencing” de nodo. Si se produce una situación de clústeres con nodos malinformados, los nodos del clúster se dividen en dos o más grupos que no tienen constancia de los demás (debido a un fallo de hardware o software o debido a que se ha cortado la conexión de red). Un mecanismo de “fencing” aísla el nodo en cuestión (normalmente restableciendo o apagando el nodo). Esto también se denomina STONITH (“Shoot the other node in the head”, disparar al otro nodo en la cabeza). Un mecanismo de “fencing” de nodo puede ser un dispositivo físico (un conmutador de alimentación) o un mecanismo como SBD (STONITH por disco), en combinación con un vigilante. Para usar el SBD se requiere un almacenamiento compartido.

En todos los nodos que formarán parte del clúster debe instalarse el siguiente software:

REQUISITOS DE SOFTWARE

- SUSE® Linux Enterprise Server 12 SP5 (con todas las actualizaciones en línea disponibles)
- SUSE Linux Enterprise High Availability Extension 12 SP5 (con todas las actualizaciones en línea disponibles)

OTROS REQUISITOS Y RECOMENDACIONES

Sincronización horaria

Los nodos del clúster deben sincronizarse con un servidor NTP externo al clúster. Para obtener más información, consulte el <https://documentation.suse.com/sles-12/html/SLES-all/cha-netz-xntp.html> .

Si los nodos no se sincronizan, puede que el clúster no funcione correctamente. Asimismo, los archivos de registro y los informes del clúster son muy difíciles de analizar sin la sincronización. Si utiliza guiones de bootstrap, el sistema le avisará si NTP no está aún configurado.

Nombre del host y dirección IP

- Utilice direcciones IP estáticas.
- Muestre todos los nodos del clúster en el archivo `/etc/hosts` con su nombre de host completo y su nombre de host abreviado. Es esencial que los miembros del clúster puedan encontrarse unos a otros por su nombre. Si los nombres no están disponibles, se producirá un error de comunicación interna del clúster.

SSH

Todos los nodos del clúster deben ser capaces de acceder a los demás mediante SSH. Herramientas como **crm report** (para resolver problemas) y el *explorador de historial* de Hawk2 requieren acceso SSH sin contraseña entre los nodos; si no se proporciona, solo podrán recopilar datos del nodo actual.

Si utiliza guiones de bootstrap para configurar el clúster, las claves SSH se crean y se copian automáticamente.

3 Descripción general de los guiones de bootstrap

Todos los comandos del paquete `ha-cluster-bootstrap` ejecutan guiones de bootstrap que requieren solo un mínimo de tiempo y de intervención manual.

- Con **`ha-cluster-init`** puede definir los parámetros básicos necesarios para la comunicación del clúster. Esto le deja con un clúster de un nodo en ejecución.
- Con **`ha-cluster-join`** puede añadir más nodos al clúster.
- Con **`ha-cluster-remove`** puede eliminar nodos del clúster.

Todos los guiones de bootstrap se registran en `/var/log/ha-cluster-bootstrap.log`. Consulte este archivo para obtener información sobre el proceso de bootstrap. Todas las opciones que se establecen durante el proceso de bootstrap se pueden modificar más adelante con el módulo de clúster de YaST. Consulte el *Libro "Administration Guide", Capítulo 3 "Installing the High Availability Extension", Sección 3.1 "Manual Installation"* para obtener más información.

Cada guion incluye una página man donde se explican las distintas funciones y las opciones del guion y se ofrece una descripción general de los archivos que el guion puede crear y modificar. El guion de bootstrap **ha-cluster-init** comprueba y configura los siguientes componentes:

NTP

Si NTP no se ha configurado para iniciarse durante el arranque, aparece un mensaje.

SSH

Crea claves SSH para la entrada sin contraseña entre los nodos del clúster.

Csync2

Configura Csync2 para replicar los archivos de configuración en todos los nodos de un clúster.

Corosync

Permite configurar el sistema de comunicación del clúster.

SBD/vigilante

Comprueba si existe un vigilante y se le pregunta si desea configurar el SBD como mecanismo de “fencing” de nodo.

IP virtual flotante

Le pregunta si desea configurar una dirección IP virtual para la administración del clúster con Hawk2.

Cortafuegos

Abre los puertos del cortafuegos necesarios para la comunicación del clúster.

Cluster Name (Nombre del clúster)

Permite definir un nombre para el clúster, que es, por defecto, clusterNÚMERO. Este componente es opcional y resulta útil sobre todo para los clústeres geográficos. Normalmente, el nombre del clúster refleja la ubicación y permite que sea más fácil distinguir un sitio dentro de un clúster geográfico.

4 Instalación de SUSE Linux Enterprise Server y High Availability Extension

Los paquetes para configurar y gestionar un clúster con High Availability Extension se incluyen en el patrón de instalación *Alta disponibilidad*. Este patrón solo está disponible si SUSE Linux Enterprise High Availability Extension se ha instalado como extensión de SUSE® Linux Enterprise Server.

Para obtener información sobre cómo instalar extensiones, consulte la *Guía de distribución de SUSE Linux Enterprise 12 SP5*: <https://documentation.suse.com/sles-12/html/SLES-all/cha-add-ons.html>.

Si el patrón aún no está instalado, instálelo con el comando `zypper install -t pattern ha_sles`. Como alternativa, puede instalar el patrón con YaST. Proceda de la siguiente manera:

PROCEDIMIENTO 1: INSTALACIÓN DEL PATRÓN ALTA DISPONIBILIDAD

1. Inicie YaST y seleccione *Software > Gestión de software*.
2. Haga clic en la pestaña *Patrones* y active el patrón *Alta disponibilidad* en la lista.
3. Haga clic en *Aceptar* para iniciar la instalación de los paquetes.
4. Instale el patrón Alta disponibilidad en *todos* los equipos que vayan a formar parte del clúster.



Nota: instalación de paquetes de software en todas las partes

Para realizar una instalación automática de SUSE Linux Enterprise Server 12 SP5 y SUSE Linux Enterprise High Availability Extension 12 SP5, utilice AutoYaST para clonar los nodos existentes. Para obtener más información, consulte el *Libro "Administration Guide", Capítulo 3 "Installing the High Availability Extension", Sección 3.2 "Mass Installation and Deployment with AutoYaST"*.

5. Registre los equipos en el Centro de servicios al cliente de SUSE. Hay más información disponible en <https://documentation.suse.com/sles-12/html/SLES-all/cha-update-offline.html#sec-update-registersystem>.

5 Uso del SBD como mecanismo de “fencing”


Si dispone de almacenamiento compartido, por ejemplo, una SAN (red de área de almacenamiento), puede utilizarla para evitar situaciones de clústeres con nodos malinformados mediante la configuración del SBD como mecanismo de “fencing” de nodo. El SBD utiliza la compatibilidad con el vigilante y el agente del recurso de STONITH external/sbd.

5.1 Requisitos del SBD

Durante la instalación del primer nodo con ha-cluster-init, puede decidir si desea utilizar el SBD. Si responde afirmativamente, deberá introducir la vía al dispositivo de almacenamiento compartido. Por defecto, ha-cluster-init crea automáticamente una pequeña partición en el dispositivo que se va a usar para el SBD.

Para utilizar el SBD, deben cumplirse los siguientes requisitos:

- La vía al dispositivo de almacenamiento compartido debe ser persistente y coherente en todos los nodos del clúster. Utilice nombres de dispositivo estables, como /dev/disk/by-id/dm-uuid-part1-mpath-abcdef12345.
- El dispositivo SBD *no debe* utilizar RAID basado en host, cLVM2 ni residir en una instancia de DRBD*.

Para obtener información sobre cómo configurar el almacenamiento compartido, consulte la *Guía de administración de almacenamiento* de SUSE Linux Enterprise Server 12 SP5: <https://documentation.suse.com/sles-12/html/SLES-all/stor-admin.html> .

5.2 Configuración del vigilante softdog y del SBD

En SUSE Linux Enterprise Server, la compatibilidad del vigilante en el núcleo está habilitada por defecto: incorpora varios módulos de núcleo que proporcionan controladores de vigilancia específicos de hardware. High Availability Extension utiliza el daemon de SBD como componente de software que “alimenta” al vigilante.

En el procedimiento siguiente se utiliza el vigilante softdog.

! Importante: limitaciones de softdog

El controlador softdog presupone que sigue habiendo al menos una CPU en ejecución. Si todas las CPU están bloqueadas, el código del controlador softdog que debe rearrancar el sistema no se ejecuta nunca. Por el contrario, los vigilantes de hardware siguen en funcionamiento aunque todas las CPU estén bloqueadas.

Antes de utilizar el clúster en un entorno de producción, se recomienda encarecidamente sustituir el módulo `softdog` por el módulo de hardware correspondiente que mejor se adapte al hardware existente.

Sin embargo, si ningún vigilante coincide con el hardware, se puede usar `softdog` como módulo de vigilancia del núcleo.

1. Cree un almacenamiento compartido persistente, como se describe en la [Sección 5.1, “Requisitos del SBD”](#).

2. Habilite el vigilante softdog:

```
root # echo softdog > /etc/modules-load.d/watchdog.conf
root # systemctl restart systemd-modules-load
```

3. Compruebe que el módulo softdog está correctamente cargado:

```
root # lsmod | egrep "(wd|dog)"
softdog                16384  1
```

4. En `bob`, inicialice la partición SBD:

```
root # sbd -d /dev/SBDDEVICE create
```

5. Inicie el SBD para escuchar en el dispositivo SBD:

```
root # sbd -d /dev/SBDDEVICE watch
```

6. En `alice`, envíe un mensaje de prueba:

```
root # sbd -d /dev/SBDDEVICE message bob test
```

7. En `bob`, compruebe el estado con `systemctl`. Debería ver el mensaje recibido:

```
root # systemctl status sbd
[...]
info: Received command test from alice on disk SBDDEVICE
```

8. Deje de vigilar el dispositivo SBD en bob con:

```
root # systemctl stop sbd
```

Se recomienda encarecidamente comprobar que el mecanismo de “fencing” del SBD funciona correctamente en caso de que se produzca una situación de clúster con nodos malinformados. Esta prueba se puede realizar bloqueando la comunicación del clúster con Corosync.

6 Configuración del primer nodo

Configure el primer nodo con el guion **ha-cluster-init**. Esto requiere solo un mínimo de tiempo y de intervención manual.

PROCEDIMIENTO 2: CONFIGURACIÓN DEL PRIMER NODO (alice) CON **ha-cluster-init**

1. Entre como usuario root en el equipo físico o virtual que desea utilizar como nodo de clúster.
2. Para iniciar el guion de bootstrap, ejecute:

```
root # ha-cluster-init --name CLUSTERNAME
```

Sustituya el marcador de posición CLUSTERNAME por un nombre descriptivo, como la ubicación geográfica del clúster (por ejemplo, amsterdam). Esto resulta especialmente útil si desea crear un clúster geográfico más adelante, ya que simplifica la identificación de un sitio. Si ejecuta el comando sin la opción --name, el nombre por defecto es hacluster. Si necesita unidifusión en lugar de multidifusión (valor por defecto) para la comunicación del clúster, utilice la opción -u. Después de la instalación, busque el valor udpu en el archivo /etc/corosync/corosync.conf. Si **ha-cluster-init** detecta un nodo en ejecución en Amazon Web Services (AWS), el guion utilizará por defecto la unidifusión para la comunicación del clúster.

Los guiones comprueban la configuración de NTP y si existe un servicio de vigilancia de hardware. Genera las claves SSH pública y privada usadas para el acceso SSH y la sincronización Csync2 e inicia los servicios respectivos.

3. Configure el nivel de comunicación del clúster (Corosync):
 - a. Introduzca la dirección de red con la que se debe enlazar. Por defecto, el guion propone la dirección de red eth0. Si lo prefiere, especifique una dirección de red distinta; por ejemplo, bond0.

- b. Introduzca una dirección de multidifusión. El guion propone una dirección aleatoria que puede utilizar por defecto. Por supuesto, su red concreta debe admitir esta dirección de multidifusión.
 - c. Introduzca un puerto de multidifusión. El guion propone por defecto el puerto 5405.
- 4. Por último, el guion inicia el servicio Pacemaker para conectar el clúster de un nodo y habilitar Hawk2. La URL que se utilizará para Hawk2 se muestra en la pantalla.
- 5. Configure el SBD como mecanismo de “fencing” de nodo:
 - a. Haga clic en s para confirmar que desea utilizar el SBD.
 - b. Introduzca una vía persistente para la partición del dispositivo de bloques que desea utilizar para SBD, consulte la *Sección 5, “Uso del SBD como mecanismo de “fencing”*. La vía debe ser coherente en todos los nodos del clúster.
- 6. Configure una dirección IP virtual para la administración del clúster con Hawk2. (Esta IP virtual se usará para probar más adelante si el failover es correcto).
 - a. Haga clic en s para confirmar que desea configurar una dirección IP virtual.
 - b. Introduzca una dirección IP no utilizada que desee usar como IP de administración para Hawk2: 192.168.2.1.
En lugar de entrar en un nodo de clúster individual con Hawk2, puede conectarse a la dirección IP virtual.

Ahora dispone de un clúster de un nodo en ejecución. Para ver su estado, haga lo siguiente:

PROCEDIMIENTO 3: ENTRADA A LA SESIÓN EN LA INTERFAZ WEB DE HAWK2

- 1. En cualquier equipo, inicie un navegador Web y asegúrese de que las cookies y JavaScript están habilitados.
- 2. Como URL, introduzca la dirección IP o el nombre de host de cualquier nodo del clúster en el que se ejecute el servicio Web Hawk. Si lo prefiere, introduzca la dirección IP virtual que configuró en el *Paso 6 del Procedimiento 2, “configuración del primer nodo (alice) con ha-cluster-init”*:

```
https://HAWKSERVER:7630/
```



Nota: advertencia de certificado

Si aparece una advertencia de certificado cuando intenta acceder a la URL por primera vez, se debe a que se está usando un certificado autofirmado. Los certificados autofirmados no se consideran de confianza por defecto.

Consulte a su operador de clúster los detalles del certificado para verificarlo.

Si desea continuar de todas formas, puede añadir una excepción en el navegador para omitir la advertencia.

3. En la pantalla de entrada de Hawk2, escriba el *nombre de usuario* y la *contraseña* del usuario que se creó durante el proceso de bootstrap (usuario `hacluster` y contraseña `linux`).



Importante: contraseña segura

Sustituya la contraseña por defecto por una segura tan pronto como sea posible:

```
root # passwd hacluster
```

4. Haga clic en *Entrar*. Después de entrar a la sesión, en la interfaz Web de Hawk2 se abre por defecto la pantalla de estado, donde se muestra el estado del clúster actual:

The screenshot shows the SUSE Hawk web interface. The top navigation bar includes the SUSE Hawk logo, a green checkmark icon with the text 'Ver detalles del clúster', and user information 'Lote', 'hacluster', 'Ayuda ?', and 'Salir'. The left sidebar contains two main sections: 'GESTIONAR' with links for 'Estado', 'Consola', and 'Historial'; and 'CONFIGURACIÓN' with links for 'Añadir recurso', 'Añadir restricción', 'Asistentes', 'Editar configuración', 'Configuración del clúster', and 'Registro de comandos'. The main content area is titled 'Estado' and features a tabbed interface with 'Recursos' (1), 'Nodos' (1), and 'Tickets'. The 'Recursos' tab is active, displaying a table with the following data:

	Estado	Nombre	Ubicación	Tipo	Operaciones
+	●	admin-ip	alice	ocf.heartbeat:IPaddr2	[icon] [dropdown] [search]

At the bottom of the sidebar, the copyright notice 'Copyright © 2009-2017 SUSE, LLC' is visible.

FIGURA 1: ESTADO DEL CLÚSTER DE UN NODO EN HAWK2

7 Adición del segundo nodo

Si tiene un clúster de un nodo en ejecución, añada el segundo nodo de clúster con el guion de bootstrap **ha-cluster-join**, como se describe en el [Procedimiento 4](#). El guion solo necesita acceso a un nodo de clúster existente y finalizará automáticamente la configuración básica en el equipo actual. Para obtener más detalles, consulte la página man **ha-cluster-join**.

Los guiones de bootstrap se encargan de cambiar la configuración específica a un clúster de dos nodos; por ejemplo, SBD y Corosync.

PROCEDIMIENTO 4: ADICIÓN DE UN SEGUNDO NODO (bob) CON **ha-cluster-join**

1. Entre como usuario root en el equipo físico o virtual que se supone que debe unirse al clúster.
2. Para iniciar el guion de bootstrap, ejecute:

```
root # ha-cluster-join
```

Si NTP no se ha configurado para iniciarse durante el arranque, aparece un mensaje. El guion también comprueba si hay un dispositivo de vigilancia de hardware (lo que es importante en caso de que desee configurar el SBD) y le notifica al respecto si no hay ninguno presente.

3. Si decide continuar de todas formas, se le pedirá la dirección IP de un nodo existente. Introduzca la dirección IP del primer nodo (alice, 192.168.1.1).
4. Si aún no ha configurado el acceso SSH sin contraseña entre ambos equipos, también se le pedirá la contraseña del usuario root del nodo existente.
Después de entrar en el nodo especificado, el guion copia la configuración de Corosync, configura SSH y Csync2 y conecta el equipo actual como nodo de clúster nuevo. Además, inicia el servicio necesario para Hawk2.

Compruebe el estado del clúster en Hawk2. En *Estado > Nodos* deberían aparecer dos nodos con estado verde (consulte la [Figura 2, "estado del clúster de dos nodos"](#)).

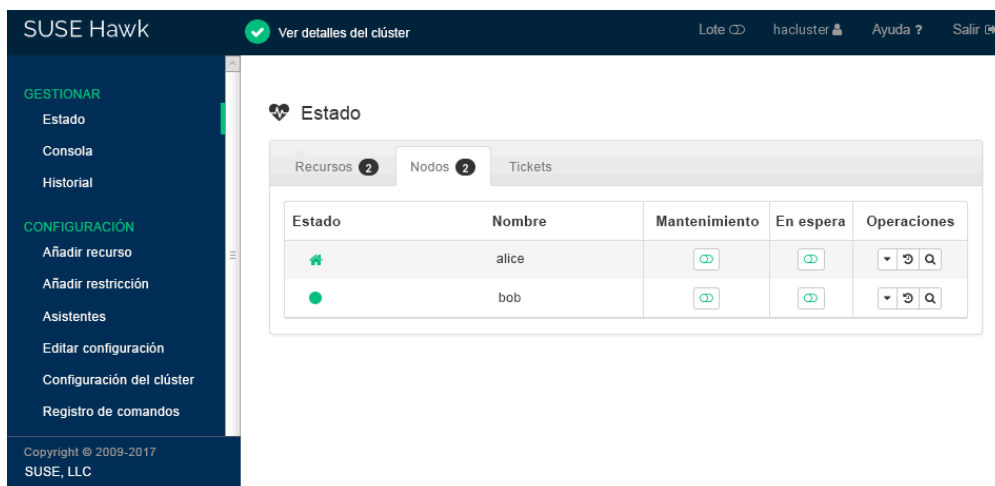


FIGURA 2: ESTADO DEL CLÚSTER DE DOS NODOS

8 Comprobación del clúster

El *Procedimiento 5, “prueba de failover de recursos”* es una sencilla prueba para comprobar si el clúster mueve la dirección IP virtual al otro nodo en caso de que el nodo que está ejecutando actualmente el recurso pase a modo *En espera*.

Sin embargo, una prueba realista implica casos de uso y situaciones específicos, incluida la prueba del mecanismo de “fencing” para evitar una situación de clúster con nodos malinformados. Si no ha configurado el mecanismo de “fencing” correctamente, es posible que el clúster no funcione de forma adecuada.

Antes de utilizar el clúster en un entorno de producción, pruébelo exhaustivamente en conso-nancia con sus casos de uso.

PROCEDIMIENTO 5: PRUEBA DE FAILOVER DE RECURSOS

1. Abra un terminal y ejecute un ping a 192.168.2.1, la dirección IP virtual:

```
root # ping 192.168.2.1
```

2. Entre en el clúster, como se describe en el *Procedimiento 3, “entrada a la sesión en la interfaz Web de Hawk2”*.
3. En la opción *Estado > Recursos* de Hawk2, marque el nodo en el que se está ejecutando la dirección IP virtual (recurso admin_addr). Se presupone que el recurso se ejecuta en alice.
4. Ponga alice en modo *En espera* (consulte la *Figura 3, “nodo alice en modo En espera”*).

Estado

Recursos 2

Nodos 2

Tickets

Estado	Nombre	Mantenimiento	En espera	Operaciones
	alice			
	bob			

FIGURA 3: NODO *alice* EN MODO EN ESPERA

5. Haga clic en *Estado* > *Recursos*. El recurso `admin_addr` se ha migrado a `bob`.

Durante la migración, se mostrará un flujo ininterrumpido de pings a la dirección IP virtual. Esto muestra que la configuración del clúster y la dirección IP flotante funcionan correctamente. Cancele el comando `ping` con `Control - C`.

9 Información adicional

Encontrará más documentación sobre este producto en <https://documentation.suse.com/sle-ha-12>. La documentación también incluye una *guía de administración* completa de SUSE Linux Enterprise High Availability Extension. Consúltela para obtener más datos sobre las tareas de configuración y administración.

10 Información legal

Copyright © 2006– 2025 SUSE LLC y colaboradores. Reservados todos los derechos.

Está permitido copiar, distribuir y modificar este documento según los términos de la licencia de documentación gratuita GNU, versión 1.2 o (según su criterio) versión 1.3. Este aviso de copyright y licencia deberán permanecer inalterados. En la sección titulada “GNU Free Documentation License” (Licencia de documentación gratuita GNU) se incluye una copia de la versión 1.2 de la licencia.

Para obtener información sobre las marcas comerciales de SUSE, consulte <http://www.suse.com/company/legal/>. Todas las marcas comerciales de otros fabricantes son propiedad de sus respectivas empresas. Los símbolos de marca comercial (®,™ etc.) indican marcas comerciales de SUSE y sus afiliados. Los asteriscos (*) indican marcas comerciales de otros fabricantes.

Toda la información recogida en esta publicación se ha compilado prestando toda la atención posible al más mínimo detalle. Sin embargo, esto no garantiza una precisión total. Ni SUSE LLC, ni sus filiales, ni los autores o traductores serán responsables de los posibles errores o las consecuencias que de ellos pudieran derivarse.

A GNU Licenses

This appendix contains the GNU Free Documentation License version 1.2.

GNU Free Documentation License

Copyright (C) 2000, 2001, 2002 Free Software Foundation, Inc. 51 Franklin St, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301 USA. Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies of this license document, but changing it is not allowed.

0. PREAMBLE

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other functional and useful document "free" in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or noncommercially. Secondly, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others.

This License is a kind of "copyleft", which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software.

We have designed this License in order to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work, in any medium, that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. Such a notice grants a world-wide, royalty-free license, unlimited in duration, to use that work under the conditions stated herein. The "Document", below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as "you". You accept the license if you copy, modify or distribute the work in a way requiring permission under copyright law.

A "Modified Version" of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.

A "Secondary Section" is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document's overall subject (or to related matters) and contains nothing that could fall directly within that overall subject. (Thus, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The "Invariant Sections" are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License. If a section does not fit the above definition of Secondary then it is not allowed to be designated as Invariant. The Document may contain zero Invariant Sections. If the Document does not identify any Invariant Sections then there are none.

The "Cover Texts" are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License. A Front-Cover Text may be at most 5 words, and a Back-Cover Text may be at most 25 words.

A "Transparent" copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, that is suitable for revising the document straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup, or absence of markup, has been arranged to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. An image format is not Transparent if used for any substantial amount of text. A copy that is not "Transparent" is called "Opaque".

Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML, PostScript or PDF designed for human modification. Examples of transparent image formats include PNG, XCF and JPG. Opaque formats include proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML, PostScript or PDF produced by some word processors for output purposes only.

The "Title Page" means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, "Title Page" means the text near the most prominent appearance of the work's title, preceding the beginning of the body of the text.

A section "Entitled XYZ" means a named subunit of the Document whose title either is precisely XYZ or contains XYZ in parentheses following text that translates XYZ in another language. (Here XYZ stands for a specific section name mentioned below, such as "Acknowledgements", "Dedications", "Endorsements", or "History".) To "Preserve the Title" of such a section when you modify the Document means that it remains a section "Entitled XYZ" according to this definition.

The Document may include Warranty Disclaimers next to the notice which states that this License applies to the Document. These Warranty Disclaimers are considered to be included by reference in this License, but only as regards disclaiming warranties: any other implication that these Warranty Disclaimers may have is void and has no effect on the meaning of this License.

2. VERBATIM COPYING

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or noncommercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3.

You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

3. COPYING IN QUANTITY

If you publish printed copies (or copies in media that commonly have printed covers) of the Document, numbering more than 100, and the Document's license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a computer-network location from which the general network-using public has access to download using public-standard network protocols a complete Transparent copy of the Document, free of added material. If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.

It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

4. MODIFICATIONS

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

- A. Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission.
- B. List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has fewer than five), unless they release you from this requirement.
- C. State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher.
- D. Preserve all the copyright notices of the Document.
- E. Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices.
- F. Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below.
- G. Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice.
- H. Include an unaltered copy of this License.
- I. Preserve the section Entitled "History", Preserve its Title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section Entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence.
- J. Preserve the network location, if any, given in the Document for public access to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions it was based on. These may be placed in the "History" section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission.
- K. For any section Entitled "Acknowledgements" or "Dedications", Preserve the Title of the section, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein.
- L. Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers or the equivalent are not considered part of the section titles.
- M. Delete any section Entitled "Endorsements". Such a section may not be included in the Modified Version.
- N. Do not retitle any existing section to be Entitled "Endorsements" or to conflict in title with any Invariant Section.
- O. Preserve any Warranty Disclaimers.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version's license notice. These titles must be distinct from any other section titles. You may add a section Entitled "Endorsements", provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties--for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.

You may add a passage of up to five words as a Front-Cover Text, and a passage of up to 25 words as a Back-Cover Text, to the end of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.

The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names for publicity for or to assert or imply endorsement of any Modified Version.

5. COMBINING DOCUMENTS

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice, and that you preserve all their Warranty Disclaimers.

The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.

In the combination, you must combine any sections Entitled "History" in the various original documents, forming one section Entitled "History"; likewise combine any sections Entitled "Acknowledgements", and any sections Entitled "Dedications". You must delete all sections Entitled "Endorsements".

6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects.

You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, is called an "aggregate" if the copyright resulting from the compilation is not used to limit the legal rights of the compilation's users beyond what the individual works permit. When the Document is included in an aggregate, this License does not apply to the other works in the aggregate which are not themselves derivative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one half of the entire aggregate, the Document's Cover Texts may be placed on covers that bracket the Document within the aggregate, or the electronic equivalent of covers if the Document is in electronic form. Otherwise they must appear on printed covers that bracket the whole aggregate.

8. TRANSLATION

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a translation of this License, and all the license notices in the Document, and any Warranty Disclaimers, provided that you also include the original English version of this License and the original versions of those notices and disclaimers. In case of a disagreement between the translation and the original version of this License or a notice or disclaimer, the original version will prevail.

If a section in the Document is Entitled "Acknowledgements", "Dedications", or "History", the requirement (section 4) to Preserve its Title (section 1) will typically require changing the actual title.

9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided for under this License. Any other attempt to copy, modify, sublicense or distribute the Document is void, and will automatically terminate your rights under this License. However, parties who have received copies, or rights, from you under this License will not have their licenses terminated so long as such parties remain in full compliance.

10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See <http://www.gnu.org/copyleft/>.

Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License "or any later version" applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation.

ADDENDUM: How to use this License for your documents

```
Copyright (c) YEAR YOUR NAME.
Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document
under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.2
or any later version published by the Free Software Foundation;
with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.
A copy of the license is included in the section entitled "GNU
Free Documentation License".
```

If you have Invariant Sections, Front-Cover Texts and Back-Cover Texts, replace the "with...Texts." line with this:

```
with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the
Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST.
```

If you have Invariant Sections without Cover Texts, or some other combination of the three, merge those two alternatives to suit the situation.

If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.