

**Titulación:** Grado en Ingeniería Informática y Sistemas de Información

**Curso:** 2019-2020. Convocatoria Ordinaria de Junio

**Asignatura:** Bases de Datos Avanzadas – Laboratorio

## **Practica 4: Replicación e Implementación de una Base de Datos Distribuida.**

**ALUMNO 1:**

**Nombre y Apellidos:** David Ramos Fernández

**ALUMNO 2:**

**Nombre y Apellidos:** Sergio Sánchez Campo

**Fecha:** 07/06/2020

**Profesor Responsable:** Santiago Hermira Anchuelo

Mediante la entrega de este fichero los alumnos aseguran que cumplen con la normativa de autoría de trabajos de la Universidad de Alcalá, y declaran éste como un trabajo original y propio.

En caso de ser detectada copia, se puntuará **TODA** la asignatura como Suspenseo – Cero.

### **Plazos**

Tarea online: Semana 27 de Abril y 4 de Mayo.

Entrega de práctica: Día 18 de Mayo de 2020 (**provisional**). Aula Virtual

Documento a entregar: Este mismo fichero con los pasos de la implementación de la replicación y la base de datos distribuida, las pruebas realizadas de su funcionamiento; y los ficheros de configuración del maestro y del esclavo utilizados en replicación; y de la configuración de los servidores de la base de datos distribuida. Obligatorio. Se debe de entregar en un ZIP comprimido: **DNI 'sdelosAlumnos\_PECL4.zip**

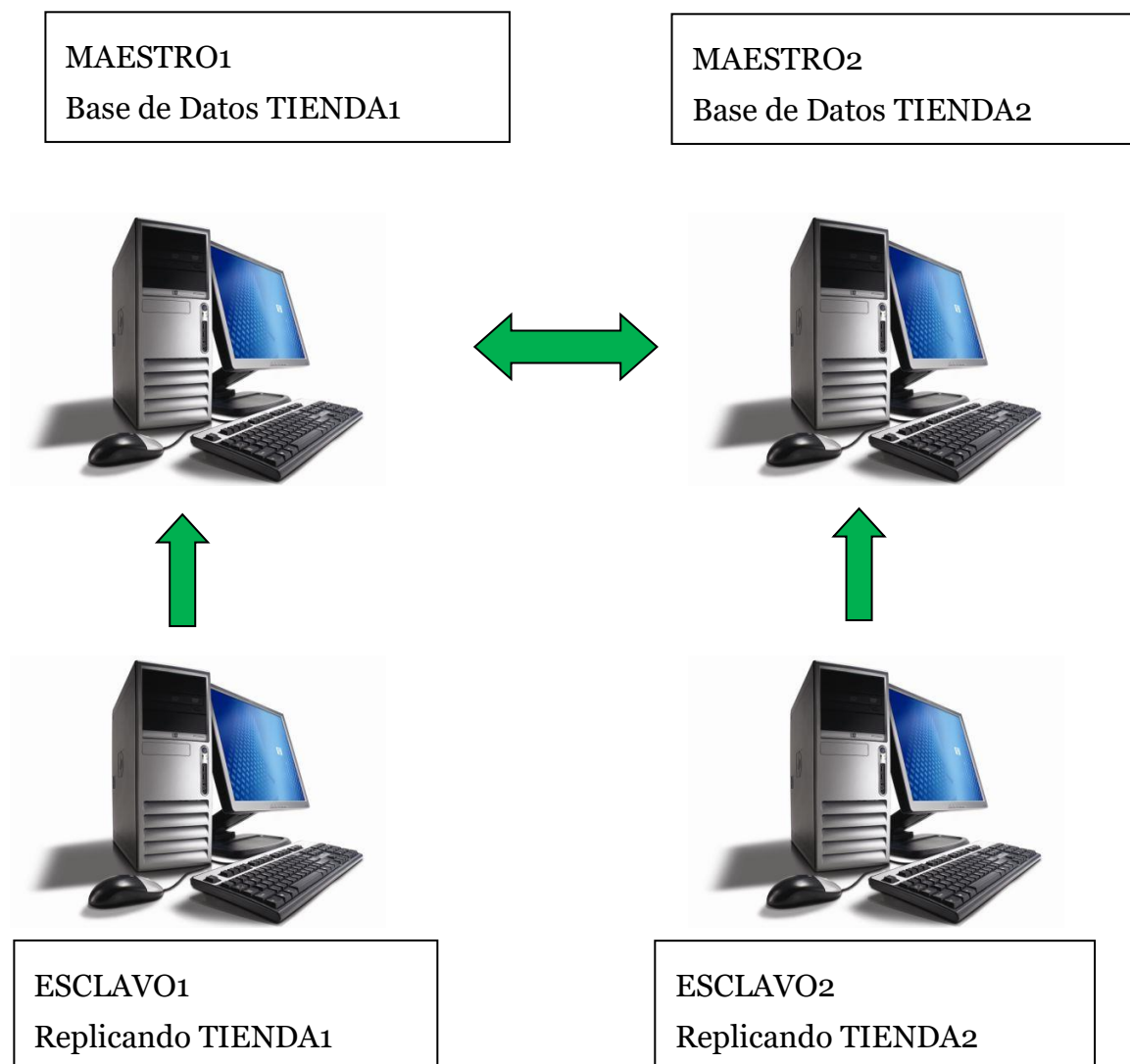
**AMBOS ALUMNOS DEBEN ENTREGAR EL FICHERO EN LA PLATAFORMA.**

## Introducción

El contenido de esta práctica versa sobre la Replicación de Bases de Datos con PostgreSQL e introducción a las bases de datos distribuidas. Concretamente se va a utilizar los servicios de replicación de bases de datos que tiene PostgreSQL. Para ello se utilizará PostgreSQL 12.x con soporte para replicación. **Se prohíbe el uso de cualquier otro programa externo a PostgreSQL para realizar la replicación, como puede ser Slony.**

También se va a diseñar e implementar una pequeña base de datos distribuida. Una base de datos distribuida es una base de datos lógica compuesta por varios nodos (equipos) situados en un lugar determinado, cuyos datos almacenados son diferentes; pero que todos ellos forman una base de datos lógica. Generalmente, los datos se reparten entre los nodos dependiendo de donde se utilizan más frecuentemente.

El escenario que se pretende realizar se muestra en el siguiente esquema:



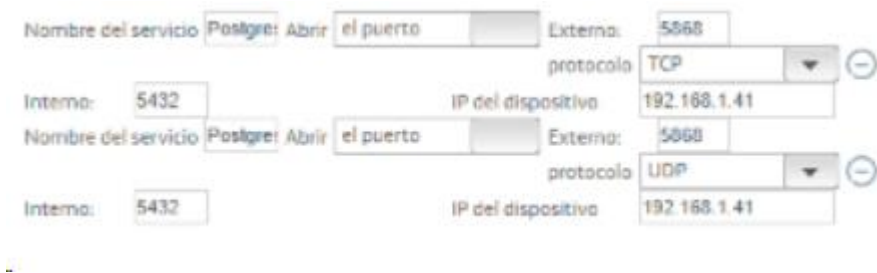
Se van a necesitar 4 máquinas: 2 maestros y 2 esclavos. Cada maestro puede ser un ordenador de cada miembro del grupo con una base de datos de unas tiendas en

concreto (TIENDA1 y TIENDA2). Dentro de cada maestro se puede instalar una máquina virtual, que se corresponderá con el esclavo que se encarga de replicar la base de datos que tiene cada maestro, es decir, hace una copia o backup continuo de la base de datos TIENDA1 o de la base de datos TIENDA2.

Se debe de entregar una memoria descriptiva detallada que posea como mínimo los siguientes puntos:

- 1. Configuración de cada uno de los nodos maestros de la base de datos de TIENDA1 y TIENDA2 para que se puedan recibir y realizar consultas sobre la base de datos que no tienen implementadas localmente.**

Antes de crear los nodos maestros debemos configurar nuestro router para que permita conexiones externas a nuestro servidor de PostgreSQL. Además, también debemos desactivar el firewall de Windows para evitar que este bloquee la conexión establecida entre los maestros.



Como podemos observa en la imagen, el puerto de nuestro servidor PostgreSQL es el 5432 (por defecto) y hemos establecido un puerto externo 5868 para que redirija las conexiones al puerto interno 5432.

A continuación, debemos modificar el archivo pg\_hba.conf para que el servidor solo acepte conexiones remotas a la base de datos Tienda1.

#	TYPE	DATABASE	USER	ADDRESS	METHOD
# IPv4 local connections:					
host		Tienda1	postgres	88.17.73.205/32	md5
host		all	all	127.0.0.1/32	md5
# IPv6 local connections:					
host		all	all	:::1/128	md5

Como podemos ver en la imagen en el apartado *IPv4 local connections*, solo vamos a permitir la conexión a la base de datos Tienda1 dando permiso a únicamente a un usuario (postgres) y solo permitimos una conexión (88.17.73.205).

Una vez realizados estos pasos, los replicamos con el maestro2 y con su base de datos Tienda2.

Una vez configurados los nodos maestros, ya podemos comenzar la conexión remota a las bases de datos y poder realizar consultas de forma remota en estas. Para ello debemos añadir la extensión *postgres\_fdw* la cual nos permitirá realizar consultas en la Tienda2:

```
Create Extension postgres_fdw
```

A continuación, creamos un servidor con la ip externa, puerto externo y el nombre de la base de datos a la que queremos conectar:

```
Create SERVER Tienda2Server FOREIGN DATA WRAPPER postgres_fdw  
OPTIONS (host '88.17.73.205',port'5868',dbname'Tienda2')
```

El siguiente paso que daremos, será realizar un mapeo de usuario para identificar el rol que vamos a tener en el servidor. Para ello realizaremos la siguiente operación donde utilizaremos el rol de superusuario (postgres) y la contraseña del servidor será 123bd:

```
CREATE USER MAPPING FOR postgres SERVER Tienda2Server  
OPTIONS (user 'postgres', password '123bd')
```

Finalmente, para comprobar que la conexión funciona correctamente realizaremos una tabla foránea por cada tabla a la que queremos acceder, en nuestro caso elegiremos la tabla Tienda de la base de datos Tienda2:

```
CREATE FOREIGN TABLE tiendaforanea  
(  
    "Id_tienda" integer NOT NULL,  
    "Nombre" text,  
    "Ciudad" text,  
    "Barrio" text,  
    "Provincia" text  
)  
SERVER Tienda2Server  
OPTIONS (schema_name 'public', table_name 'Tienda')
```

Hay que tener en cuenta que en las tablas foráneas no se pueden poner restricciones debido a que las tablas originales situadas en el servidor remoto y estas ya tienen definida la integridad referencial. Por tanto, para evitar problemas de duplicidad de registros con la misma clave primaria al realizar operaciones (insertar, eliminar, actualizar). Por último, realizamos la siguiente consulta a la tabla foránea:

```
Select * From tiendaforanea where "Provincia" = 'Madrid'
```

	Id_tienda integer	Nombre text	Ciudad text	Barrio text	Provincia text
1	1	tienda1	Madrid	Salamanca	Madrid

Como podemos observar, podemos obtener los datos de la tabla Tienda de la base de datos Tienda2 de forma remota.

## 2. Configuración completa de los equipos para estar en modo de replicación. Configuración del nodo maestro. Tipos de nodos maestros, diferencias en el modo de funcionamiento y tipo elegido. Tipos de nodos esclavos, diferencias en el modo de funcionamiento y tipo elegido, etc.

Primero, utilizaremos la opción de *streaming replication* para la configuración de los equipos en modo replicación. Esta opción nos permite que un servidor en estado de espera pueda estar actualizado mediante el envío de archivos *WAL* a través del servidor primario. Sin embargo, esta opción tiene un inconveniente, realiza un envío de datos de forma asíncrona por defecto lo que provoca un retraso en los volcados de datos tras una ejecución de un *COMMIT* en el servidor primario.

Para poder realizar una replicación utilizando *streaming replication* debemos configurar el servidor de espera para que envíe registros basado en archivos:

Primero configuraremos el maestro, para ello debemos acceder al archivo *postgresql.conf* y modificamos los siguientes datos:

- *#max\_wal\_senders* = 10 (por defecto) → *max\_wal\_senders* = 150.  
Este parámetro indica el número máximo de procesos se pueden enviar de forma simultánea. Lo aumentamos considerablemente para aumentar la velocidad a la que se envían archivos *WAL*.
- *#wal\_keep\_segments* = 0 (por defecto) → *wal\_keep\_segments* = 64.  
Este parámetro especifica el número mínimo de segmentos de archivos de registros anteriores que se mantienen en directorio *pg\_xlog*, en caso de que un servidor en espera deba buscarlos para la replicación de transmisión. Cada segmento es de normalmente 16 megabytes.

Además de modificar esos archivos también debemos asegurarnos de que los parámetros *listen\_addresses* = '\*' (en nuestro caso esta así por defecto) para permitir la escucha del maestro a todas las IPs y el parámetro *hot\_standby* = on (en nuestro caso también está por defecto) para que el servidor en espera empiece a aceptar conexiones una vez que la recuperación haya llevado al sistema a un estado consistente y todas las conexiones sean estrictamente de lectura.

Por último, modificaremos el archivo *pg\_hba.conf* añadiendo la siguiente línea:

```
# replication privilege.
host    replication    all            all            md5
host    replication    all            127.0.0.1/32   md5
host    replication    all            ::1/128        md5
```

En esta línea que hemos añadido permitiremos a cualquier IP con una previa autenticación realizar replicaciones en nuestra base de datos.

Una vez configurado el maestro vamos a dar paso a configurar el esclavo dentro de una máquina virtual. En primer lugar, empezaremos realizando un *backup* del maestro dentro de nuestra máquina virtual en la dirección **C:\backup**. Para ello utilizaremos el siguiente comando donde deberemos poner la ip externa de nuestro maestro. También nos pedirá la contraseña:

```
C:\Program Files\PostgreSQL\12\bin>pg_basebackup -h 88.17.73.205 -p 5888 --username=postgres -D C:\backup --wal-method=stream
Contraseña:
```

Al ejecutar el comando se nos crea un *backup* en la dirección indicada como podemos ver en la siguiente foto:

Este equipo > Disco local (C:) > backup >

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
base	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
global	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
log	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_commit_ts	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_dynshmem	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_logical	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_multixact	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_notify	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_replslot	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_serial	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_snapshots	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_stat	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_stat_tmp	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_subtrans	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_tblspc	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_twophase	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_wal	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_xact	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
backup_label	07/06/2020 0:33	Archivo	1 KB
current_logfiles	07/06/2020 0:33	Archivo	1 KB
pg_hba	07/06/2020 0:33	Archivo CONF	5 KB
pg_ident	07/06/2020 0:33	Archivo CONF	2 KB
PG_VERSION	07/06/2020 0:33	Archivo	1 KB
postgresql.auto	07/06/2020 0:33	Archivo CONF	1 KB
postgresql	07/06/2020 0:33	Archivo CONF	27 KB

Una vez realizado el *backup*, debemos detener el servidor del esclavo para poder realizar los pasos posteriores. Para ello utilizaremos el siguiente comando:

```
C:\Program Files\PostgreSQL\12\bin>pg_ctl stop -D "C:\Program Files\PostgreSQL\12\data"
esperando que el servidor se detenga.... listo
servidor detenido
```

A continuación, borraremos el archivo **C:\Program Files\PostgreSQL\12\data** (realizaremos también una copia de seguridad por si cometiéramos algún error grave).

El siguiente paso que realizaremos será modificaremos el archivo postgres.conf del *backup* donde modificaremos los siguientes parámetros:

- `restore_command = 'copy "C:\\backup\\archive\\%f" "%p"'`
- `primary_conninfo = 'host=88.17.73.205 port=5868 user=postgres password=123bd'` (Los datos puestos son los correspondientes al maestro)
- `archive_command = 'copy "%p" "C:\\backup\\archive\\%f"'`

Una vez realizadas estas modificaciones, realizamos una copia del contenido del *backup* y lo copiamos en esta dirección **C:\Program Files\PostgreSQL\12\data** junto con el archivo de *recovery.signal* y *standby.signal* (Estos archivos se han introducido en la versión 12.x para poder realizar el recovery) los cuales tendremos que crear.

base	07/06/2020 0:35	Carpeta de archivos	
global	07/06/2020 0:35	Carpeta de archivos	
log	07/06/2020 0:35	Carpeta de archivos	
pg_commit_ts	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_dynshmem	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_logical	07/06/2020 0:35	Carpeta de archivos	
pg_multixact	07/06/2020 0:35	Carpeta de archivos	
pg_notify	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_replslot	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_serial	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_snapshots	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_stat	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_stat_tmp	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_subtrans	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_tblspc	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_twophase	07/06/2020 0:33	Carpeta de archivos	
pg_wal	07/06/2020 0:35	Carpeta de archivos	
pg_xact	07/06/2020 0:35	Carpeta de archivos	
backup_label	07/06/2020 0:33	Archivo	1 KB
current_logfiles	07/06/2020 0:33	Archivo	1 KB
pg_hba	07/06/2020 0:33	Archivo CONF	5 KB
pg_ident	07/06/2020 0:33	Archivo CONF	2 KB
PG_VERSION	07/06/2020 0:33	Archivo	1 KB
postgresql.auto	07/06/2020 0:33	Archivo CONF	1 KB
postgresql	07/06/2020 0:36	Archivo CONF	27 KB
recovery.signal	07/06/2020 0:37	Archivo SIGNAL	0 KB
standby.signal	07/06/2020 0:37	Archivo SIGNAL	0 KB

Finalmente, iniciamos el servidor con el siguiente comando:



```

C:\Program Files\PostgreSQL\12>cd bin
C:\Program Files\PostgreSQL\12\bin>
C:\Program Files\PostgreSQL\12\bin>pg_ctl start -D "C:\Program Files\PostgreSQL\12\data"
esperando que el servidor se inicie...0%1828% LOG:  iniciando PostgreSQL 12.3, compiled by Visual C++ build 1914, 64-bi
t
0%1828% LOG:  escuchando en la dirección IPv6 «::», port 5432
0%1828% LOG:  escuchando en la dirección IPv4 «0.0.0.0», port 5432
0%1828% LOG:  redirigiendo la salida del registro al proceso recolector de registro
0%1828% HINT:  La salida futura del registro aparecerá en el directorio «log».
.. listo
servidor iniciado

```

Una vez finalizado el recovery, sin ninguna incidencia, habremos terminado de crear nuestro sistema. Los pasos dados tendremos que hacerlos con los dos maestros y en las dos maquinas virtuales para los esclavos.

### **3. Operaciones que se pueden realizar en cada tipo de equipo de red. Provocar situaciones de caída de los nodos y observar mensajes, acciones correctoras a realizar para volver el sistema a un estado consistente.**

En primer lugar, realizaremos diversas operaciones donde comprobaremos el funcionamiento completo del sistema donde realizaremos consultas y operaciones. Comenzamos realizando una inserción en Tienda y una consulta de la misma.

#### **NODO MAESTRO2**

```

INSERT INTO public."Tienda"(
    "Id_tienda", "Nombre", "Ciudad", "Barrio", "Provincia")
VALUES (2, 'tienda1', 'Madrid', 'Salamanca', 'Madrid');

INSERT INTO public."Tienda"(
    "Id_tienda", "Nombre", "Ciudad", "Barrio", "Provincia")
VALUES (56, 'tienda2', 'Madrid', 'Puerta de Alcala', 'Madrid');

INSERT INTO public."Tienda"(
    "Id_tienda", "Nombre", "Ciudad", "Barrio", "Provincia")
VALUES (25684, 'tienda13', 'Barcelona', 'Barceloneta', 'Barcelona');

```

A continuación, probamos el nodo esclavo realizando una consulta para comprobar si los datos se han actualizado e intentaremos realizar una inserción:

#### **NODO ESCLAVO2**

```

Select * From "Tienda"

```



Data Output		Explain	Messages	Notifications	
	<b>Id_tienda</b> [PK] integer 	<b>Nombre</b> text 	<b>Ciudad</b> text 	<b>Barrio</b> text 	<b>Provincia</b> text 
1	56	tienda2	Madrid	Puerta de ...	Madrid
2	2	tienda1	Madrid	Salamanca	Madrid
3	25684	tienda13	Barcelona	Barceloneta	Barcelona
4	4000	Esclavo	Madrid	Madrid	Madrid

```

1 INSERT INTO public."Tienda"(
2     "Id_tienda", "Nombre", "Ciudad", "Barrio", "Provincia")
3     VALUES (233423, 'tienda23', 'Torrejón de Ardoz', 'plaza Mayor', 'Madrid');

```

Data Output Explain Messages Notifications

ERROR: no se puede ejecutar INSERT en una transacción de sólo lectura  
SQL state: 25006

Como podemos observar el esclavo no puede realizar inserciones (ni ninguna otra modificación) ya que este solo replica lo que hace su maestro y por tanto solo ejecutará transacciones de lectura.

Probaremos si el esclavo2 puede replicar el contenido de la base de datos del maestro1 ya que maestro2 tiene una tabla foránea que contienen información de la tabla Tienda de la base de datos Tienda1 de maestro1:

## NODO ESCLAVO2

```
1 Select * From tiendaforanea
```

Data Output		Explain	Messages	Notifications	
	<b>Id_tienda</b> integer 	<b>Nombre</b> text 	<b>Ciudad</b> text 	<b>Barrio</b> text 	<b>Provincia</b> text 
1	10002	T1	Madrid	Madrid	Madrid
2	2500	T1	Madrid	Madrid	Madrid
3	2700	TPOE	Madrid	Madrid	Madrid
4	2900	pTPOE	Madrid	Madrid	Madrid
5	3400	T0	Madrid	Madrid	Madrid
6	4000	Esclavo	Madrid	Madrid	Madrid







¿Y si realizamos una actualización en Tienda de Tienda1?

## NODO MAESTRO1

```
UPDATE public."Tienda"  
SET "Id_tienda"=66  
WHERE "Nombre"='TPOE';
```

## NODO ESCLAVO2

```
1 Select * From tiendaforanea
```

Data Output		Explain	Messages	Notifications		
	 Id_tienda integer	 Nombre text	 Ciudad text	 Barrio text	 Provincia text	
1	10002	T1	Madrid	Madrid	Madrid	
2	2500	T1	Madrid	Madrid	Madrid	
3	2900	pTPOE	Madrid	Madrid	Madrid	
4	3400	T0	Madrid	Madrid	Madrid	
5	4000	Esclavo	Madrid	Madrid	Madrid	
6	66	TPOE	Madrid	Madrid	Madrid	





Como podemos observar, el esclavo2 replica correctamente los cambios producidos en maestro1.

Finalmente, eliminaremos una tupla de Maestro1 desde Maestro2 para ver si este actualiza los datos:

## NODO MAESTRO2

```
DELETE FROM public.tiendaforanea  
WHERE "Id_tienda"= 66;
```

```
1 Select * From "tiendaforanea"  
2  
3
```

Data Output		Explain	Messages	Notifications	
	 Id_tienda integer	 Nombre text	 Ciudad text	 Barrio text	 Provincia text
1	10002	T1	Madrid	Madrid	Madrid
2	2500	T1	Madrid	Madrid	Madrid
3	2900	pTPOE	Madrid	Madrid	Madrid
4	3400	T0	Madrid	Madrid	Madrid
5	4000	Esclavo	Madrid	Madrid	Madrid

## NODO MAESTRO1

```
1 select * from "Tienda"
```

Data Output		Explain	Messages	Notifications		
	<div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div></div></div></div>					

## NODO ESCLAVO2

```
1 Select * From tiendaforanea
2
```

Data Output		Explain	Messages	Notifications
	<div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div></div><div></div></div></div></div>			

## NODO ESCLAVO1

```
1 select * from "Tienda"
2
3
4
```

Data Output		Explain	Messages	Notifications		
	<b>Id_tienda</b> [PK] integer 	<b>Nombre</b> text 	<b>Ciudad</b> text 	<b>Barrio</b> text 	<b>Provincia</b> text 	
1	10002	T1	Madrid	Madrid	Madrid	
2	2500	T1	Madrid	Madrid	Madrid	
3	2700	TPOE	Madrid	Madrid	Madrid	
4	2900	pTPOE	Madrid	Madrid	Madrid	
5	4000	Esclavo	Madrid	Madrid	Madrid	

A continuación, simularemos la caída del nodo esclavo2 comprobando la conexión entre el maestro2 y esclavo2 utilizando la función *pg\_stat\_replication*:

1

2

3

Select \* from "pg\_stat\_replication"

Data Output

Explain

Messages

Notifications

pid	usesysid	username	application_name	client_addr	client_hostname	client_port	backend_start	backend_xmin	state	sent_lsn	write_lsn	flush_lsn	replay_lsn	
integer	oid	name	text	inet	text	integer	timestamp with time zone	xid	text	pg_lsn	pg_lsn	pg_lsn	pg_lsn	
1	20024	10 postgres	walreceiver	88.17.73.205	[null]	51876	2020-06-07 12:34:04.041447+02		[null]	streaming	0/90000D70	0/90000D70	0/90000D70	0/90000D70

Como podemos observar en esta imagen podemos ver que el nodo esclavo2 está haciendo replications del maestro2. Pero si apagamos el servidor de esclavo2 ocurre lo siguiente:

Query Editor

Query History

1

Select \* from "pg\_stat\_replication"

2

3

Scratch Pad

Data Output

Explain

Messages

Notifications

pid

integer

usesysid

oid

username

name

application\_name

text

client\_addr

inet

client\_hostname

text

client\_port

integer

backend\_start

timestamp with time zone

backend\_xmin

xid

state

text

sent\_lsn

pg\_lsn

write\_lsn

pg\_lsn

flush\_lsn

pg\_lsn

replay\_lsn

pg\_lsn

Perdemos la conexión con nuestro nodo esclavo2 ya que este fue apagado por el administrador.

El siguiente paso que daremos, será realizar una prueba de funcionamiento del sistema donde realizaremos una inserción en la tabla tienda de maestro2 y después reiniciaremos el nodo esclavo1 para ver cómo se comporta:

NODO MAESTRO2

```
INSERT INTO public."Tienda"(  
    "Id_tienda", "Nombre", "Ciudad", "Barrio", "Provincia")  
VALUES (79, 'tienda65', 'Guadalajara', 'Centro', 'Guadalajara');
```

(Activamos el servidor del nodo esclavo2)

NODO ESCLAVO2

1 **Select \* From "Tienda"**

Data Output

Explain

Messages

Notifications

	<b>Id_tienda</b> [PK] integer	<b>Nombre</b> text	<b>Ciudad</b> text	<b>Barrio</b> text	<b>Provincia</b> text
1	4000	Esclavo	Madrid	Madrid	Madrid
2	2	tienda1	Madrid	Salamanca	Madrid
3	56	tienda2	Madrid	Puerta de ...	Madrid
4	25684	tienda13	Barcelona	Barcelonera	Barcelona
5	79	tienda65	Guadalajara	Centro	Guadalajara

Como podemos observar, los datos se han actualizado correctamente en esclavo2 a pesar de que el nodo esclavo2 estuviese caído.

Ahora comprobaremos el comportamiento del sistema si el nodo maestro1 se cae. Primero comprobaremos que sucede con la conexión entre maestro1 y esclavo1 mirando en los *logs* de esclavo1.

```

) t
UNION ALL
SELECT 'bio_stats' AS chart_name, row_to_json(t) AS chart_data
FROM (SELECT
  (SELECT sum(blks_read) FROM pg_stat_database WHERE datname = (SELECT datname FROM pg_database WHERE oid = 16393)) AS "Reads",
  (SELECT sum(blks_hit) FROM pg_stat_database WHERE datname = (SELECT datname FROM pg_database WHERE oid = 16393)) AS "Hits"
) t
0%7024%r%i%q FATAL: no se pudo conectar al servidor primario: no se pudo conectar con el servidor: Connection refused (0x0000274D/10061)
¿Está el servidor en ejecución en el servidor «83.43.15.203» y aceptando
conexiones TCP/IP en el puerto 5868?
0%7024%r%i%q DEBUG: shmexit(1): 1 before shmexit callbacks to make
0%7024%r%i%q DEBUG: shmexit(1): 6 on shmexit callbacks to make
0%7024%r%i%q DEBUG: proc_exit(1): 2 callbacks to make
0%7024%r%i%q DEBUG: exit(1)

```

Como podemos observar, el esclavo1 pierde la conexión con su maestro. Sin embargo, este puede seguir haciendo consultas a su base de datos, aunque está no se actualizará mientras el maestro1 siga caído:

### NODO ESCLAVO1

```
1 select * from "Tienda"
```

Data Output		Explain	Messages	Notifications		
	<b>Id_tienda</b> [PK] integer	<b>Nombre</b> text	<b>Ciudad</b> text	<b>Barrio</b> text	<b>Provincia</b> text	
1	10002	T1	Madrid	Madrid	Madrid	
2	2500	T1	Madrid	Madrid	Madrid	
3	2900	pTPOE	Madrid	Madrid	Madrid	
4	4000	Esclavo	Madrid	Madrid	Madrid	
5	70	Madrid	Madrid	Madrid	Madrid	

A continuación, analizaremos el comportamiento de la conexión entre el maestro1 y el maestro2:

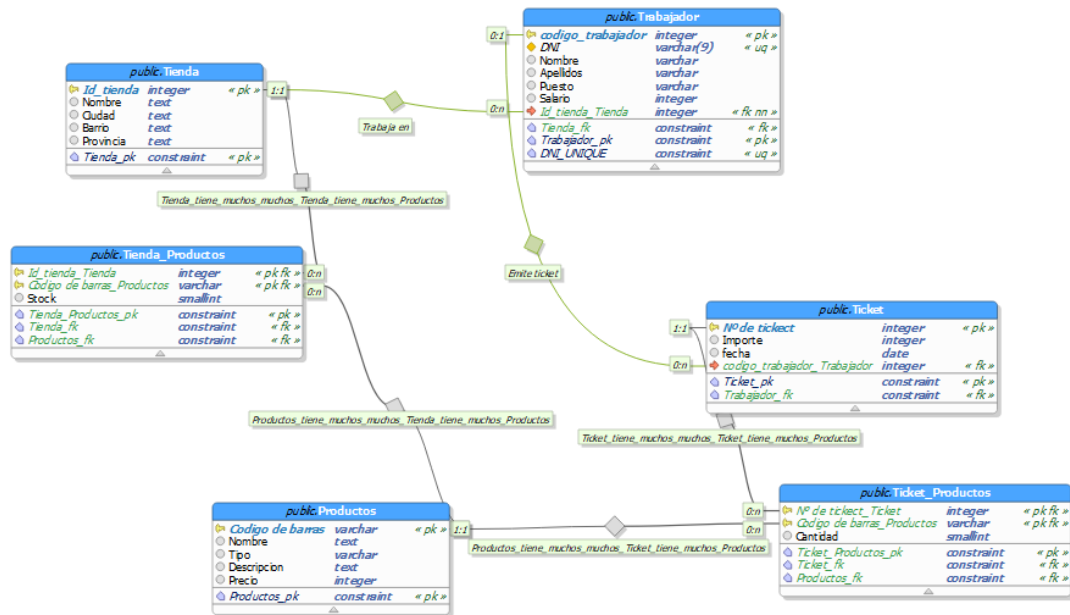
```
7 Select * From tiendaforanea
```

Data Output	Explain	Messages	Notifications
ERROR: el servidor ha cerrado la conexión inesperadamente Probablemente se debe a que el servidor terminó de manera anormal antes o durante el procesamiento de la petición.			
CONTEXT: remote SQL command: START TRANSACTION ISOLATION LEVEL REPEATABLE READ			
SQL state: 08006			

Como podemos observar, se ha perdido la conexión y por tanto las tablas remotas del maestro2 dejan de funcionar y por tanto el esclavo2 tampoco podrá realizar consultas. Una forma de resolver este problema sin volver activar el maestro2, sería ascender al esclavo1 a maestro1 tal que así pueda realizar modificaciones y además

debemos realizar una nueva conexión entre el maestro1 y el nuevo maestro2 en el archivo pg\_hba.

4. Insertar datos en cada una de las bases de datos del MAESTRO1 y del MAESTRO2. Realizar una consulta sobre el MAESTRO1 que permita obtener el nombre de todos los trabajadores junto con su tienda en la que trabajan que hayan realizado por lo menos una venta de algún producto en toda la base de datos distribuida (MAESTRO1 + MAESTRO2). Explicar cómo se resuelve la consulta y su plan de ejecución.

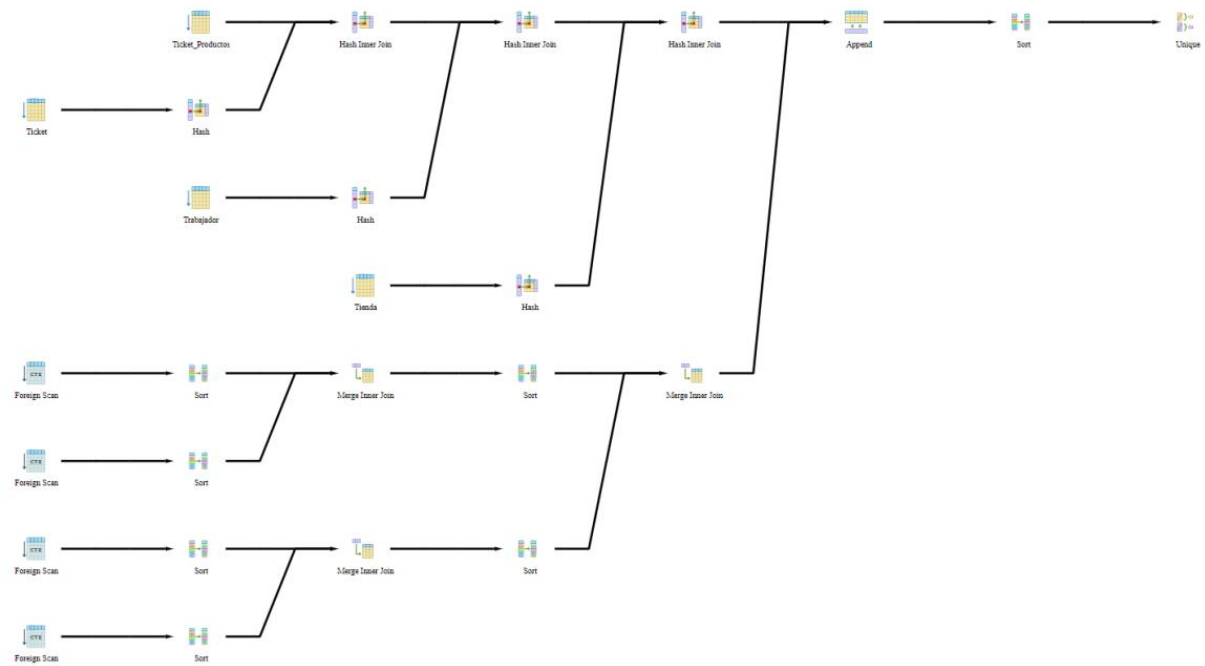


(Estructura de la base de datos)

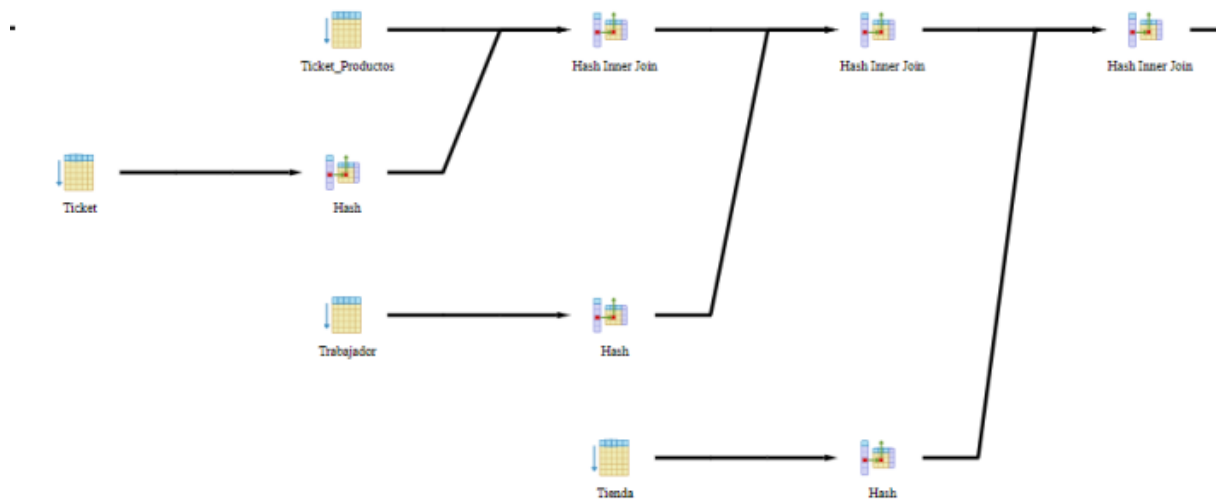
Antes de empezar la consulta, debemos crear tantas tablas foráneas como tablas vayamos a utilizar en nuestra consulta además de insertar datos en las tablas locales de los maestros. Para esta consulta, necesitaremos todas las tablas a excepción de *Productos* y *Tienda\_Productos* y por ello realizaremos tablas foráneas en el Servidor *Tienda2Server*. Una vez realizado esto procedemos a realizar la consulta:

```
Select "Trabajador"."Nombre", "Tienda"."Nombre" From ("Trabajador" inner join "Tienda" on "Id_tienda_Tienda" = "Id_tienda")
inner join "Ticket" on "codigo_trabajador_Trabajador" = "codigo_trabajador"
inner join "Ticket_Productos" on "Nº de ticket" = "Nº de ticket_Ticket"
Where "Ticket_Productos"."Cantidad" > 0
UNION
Select "trabajadorforanea"."Nombre", "tiendaforanea"."Nombre" From ("trabajadorforanea" inner join "tiendaforanea" on "Id_tienda_Tienda" = "Id_tienda")
inner join "ticketforanea" on "codigo_trabajador_Trabajador" = "codigo_trabajador"
inner join "ticketproductosforanea" on "Nº de ticket" = "Nº de ticket_Ticket"
Where "ticketproductosforanea"."Cantidad" > 0
```

A continuación, analizaremos el plan ejecución utilizando *Explain*:

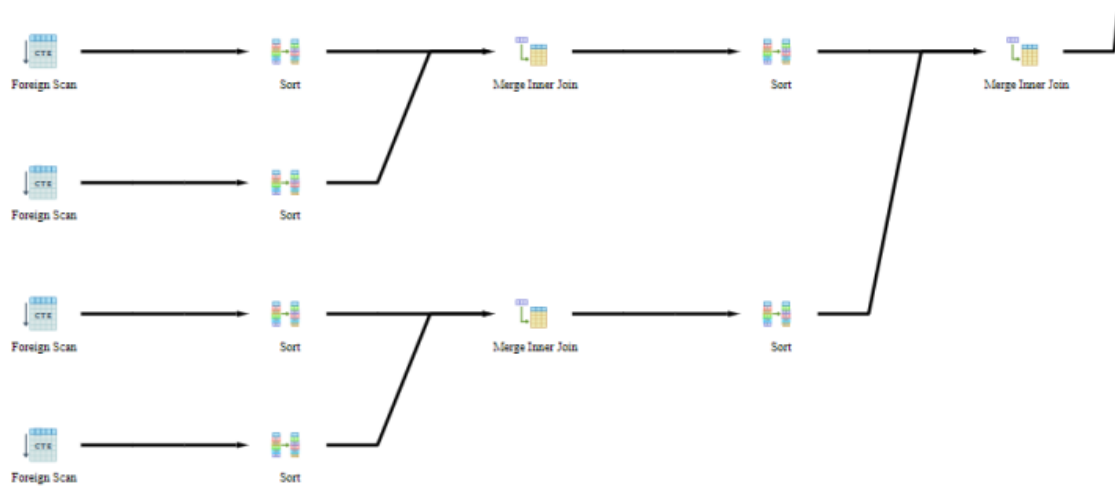


Como podemos ver en la imagen anterior, existe una división en el plan de ejecución donde vemos en la parte superior las tablas locales y en la inferior las tablas foráneas. Primero analizaremos las tablas locales:

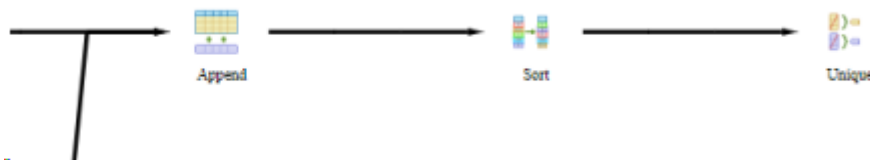


Observamos que PostgreSQL utiliza hash en todas las operaciones para realizar las búsquedas de las tuplas en estas tablas para reducir costes. También observamos que a la hora de leer Ticket realiza un filtro de cantidad > 0 realizando una lectura secuencial de las tablas al comienzo de toda la operación ya que empleará casi todos los datos. Por último, cabe destacar que PostgreSQL ha realizado una optimización heurística de esta consulta. A continuación, analizaremos la parte de las tablas foráneas.





Podemos observar que antes de realizar la búsqueda, se realiza una ordenación de estas para que acto seguido se pueda utilizar un *Merge Join* el cual solo se utiliza si ambas tablas están ordenadas y utilizan el operador '='. Una vez realizados los *Merge Join* se vuelve a realizar una ordenación. Por último, se unen ambas partes como podemos observar en la siguiente imagen:



En esta imagen podemos ver un *Append* que es donde sucede la unión de ambos tipos de tabla para dar paso a una ordenación y por último el resultado de la consulta.

## 5. Si el nodo MAESTRO1 se quedase inservible, ¿Qué acciones habría que realizar para poder usar completamente la base de datos en su modo de funcionamiento normal? ¿Cuál sería la nueva configuración de los nodos que quedan?

Lo primero que realizaremos será desconectar el nodo maestro1 para que este quede inservible:

```
C:\Archivos de programa\Postgresql\12\bin>pg_ctl stop -D "C:\Archivos de programa\Postgresql\12\data"
esperando que el servidor se detenga... 1 archivo(s) copiado(s).
0%16036%%r%i%q DEBUG: proceso logger apagándose
0%16036%%r%i%q DEBUG: shm_exit(0): 0 before_shmem_exit callbacks to make
0%16036%%r%i%q DEBUG: shm_exit(0): 0 on_shmem_exit callbacks to make
0%16036%%r%i%q DEBUG: proc_exit(0): 0 callbacks to make
0%16036%%r%i%q DEBUG: exit(0)
listo
servidor detenido
```

A continuación, deberemos ascender al esclavo1 para que ocupe el puesto del maestro1 y así evitar problemas de conexión de los nodos maestro2 y esclavo2 utilizando el siguiente comando:

```
C:\Program Files\PostgreSQL\12\bin>pg_ctl promote -D "C:\Program Files\PostgreSQL\12\data"
esperando que el servidor se promueva.... listo
servidor promovido
```

Para comprobar si el nodo esclavo1 actúa como un nodo maestro realizaremos una inserción en la tabla Tienda de la base de datos Tienda1:

### NODO ESCLAVO1

```
INSERT INTO public."Tienda"(  
    "Id_tienda", "Nombre", "Ciudad", "Barrio", "Provincia")  
VALUES (0, 'Orisa', 'Málaga', 'Indefinido', 'Málaga');
```

```
select * from "Tienda" where "Nombre"='Orisa'
```

Output Explain Messages Notifications

Id_tienda [PK] integer	Nombre text	Ciudad text	Barrio text	Provincia text
0	Orisa	Málaga	Indefinido	Málaga

Como podemos ver en las imágenes el esclavo1 ya puede realizar operaciones de escritura, una cualidad que antes no podía desempeñar. A pesar de esto el maestro 2 y por tanto el esclavo2 siguen sin poder conectarse a la base de datos Tienda1 de maestro1. Para resolver este problema debemos editar puerto en el router del maestro1 con la IP privada de la máquina virtual que contiene a esclavo1 (192.168.1.36).

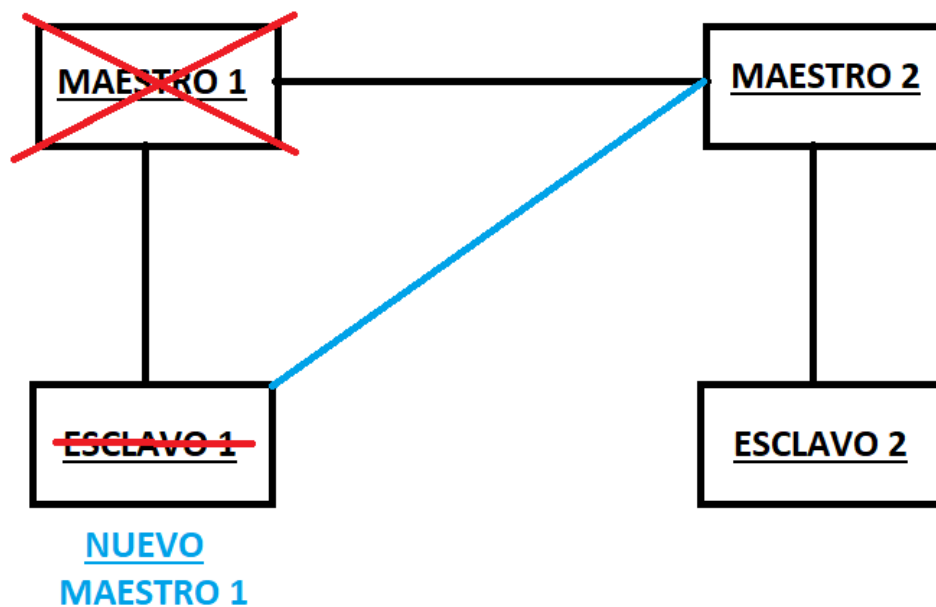
Nombre del servicio	User De	Abrir	el puerto	Externo:	5868	
				protocolo	TCP	⊖
Interno:	5432		IP del dispositivo		192.168.1.36	
Nombre del servicio	User De	Abrir	el puerto	Externo:	5868	
				protocolo	UDP	⊖
Interno:	5432		IP del dispositivo		192.168.1.36	

## NODO MAESTRO2

14 **Select** \* **From** tiendaforanea

Data Output		Explain	Messages	Notifications	
	<div><div><div><div></div></div><div><div>Id_tienda</div><div>integer</div></div></div></div>	<div><div><div><div></div></div><div><div>Nombre</div><div>text</div></div></div></div>	<div><div><div><div></div></div><div><div>Ciudad</div><div>text</div></div></div></div>	<div><div><div><div></div></div><div><div>Barrio</div><div>text</div></div></div></div>	<div><div><div><div></div></div><div><div>Provincia</div><div>text</div></div></div></div>
1	10002	T1	Madrid	Madrid	Madrid
2	2500	T1	Madrid	Madrid	Madrid
3	2900	pTPOE	Madrid	Madrid	Madrid
4	4000	Esclavo	Madrid	Madrid	Madrid
5	70	Madrid	Madrid	Madrid	Madrid
6	1	nombre1	ciudad1	barrio1	Burgos
7	2	nombre2	ciudad2	barrio2	Barcelona
8	3	nombre3	ciudad3	barrio3	La Coruña
9	4	nombre4	ciudad4	barrio4	Jaen
10	5	nombre5	ciudad5	barrio5	Almeria
11	6	nombre6	ciudad6	barrio6	Sevilla
12	7	nombre7	ciudad7	barrio7	Tenerife
13	8	nombre8	ciudad8	barrio8	La Rioja
14	9	nombre9	ciudad9	barrio9	Guadalajara
15	10	nombre10	ciudad10	barrio10	Albacete

Como podemos observar, se ha restaurado la conexión entre los nodos maestro2 y el nuevo maestro1 quedando la siguiente configuración:



6. Según el método propuesto por PostgreSQL, ¿podría haber inconsistencias en los datos entre la base de datos del nodo maestro y la base de datos del nodo esclavo? ¿Por qué?

En esta practica hemos utilizado el método de replicación de los nodos maestros a los nodos esclavos *streaming replication*. Este método se caracteriza por ser asíncrono por lo que existe un pequeño retraso entre las transacciones entre los maestro y esclavos. Esto puede provocar desactualizaciones entre las bases de datos y por tanto producir inconsistencias en las mismas. Sin embargo, este problema se puede solucionar volviendo a las replications síncronas modificando los parámetros *synchronous\_commit* y *remote\_write* en *postgres.conf* evitando así inconsistencias en las bases de datos, aunque esto provoca una ralentización de las bases de datos.

## **7. Conclusiones.**

La conclusión a la que llegamos tras realizar la practica es que PostgreSQL tiene las herramientas necesarias para poder crear un sistema de replicación y un sistema de bases de datos distribuidas con diferentes variantes con las que podemos satisfacer y resolver los diversos problemas que pueden surgir.

**La memoria debe ser especialmente detallada y exhaustiva sobre los pasos que el alumno ha realizado y mostrar evidencias de que ha funcionado el sistema.**

## **Bibliografía**

- Capítulo: 20.1. The pg\_hba.conf File
- Capítulo 25: Backup and Restore.
- Capítulo 26: High Availability, Load Balancing, and Replication.
- Appendix F: Additional Supplied Modules. F.33. Postgres\_fdw