INFORME DE GUÍA PRÁCTICA

I. PORTADA

Tema:	APE 4. REPLICACIÓN DE DATOS
Unidad de Organización Curricular:	PROFESIONAL
Nivel y Paralelo:	Quinto - A
Alumnos participantes:	Cholota Guaman Carlos Sebastian Mazabanda Pilamunga Diego Abraham Tixilema Puaquiza Kevin Alexander Tubon Chipantiza Danilo Alexander
Asignatura:	Sistemas de Base de Datos Distribuidos
Docente:	Ing. Rubén Caiza, Mg.

II. INFORME DE GUÍA PRÁCTICA

2.1 Objetivos

General:
Configurar una Réplica de Instantánea en una instancia diferente

Específicos:

- • Implementar tablas temporales (staging) para recibir y organizar datos externos de pacientes y consultas, simulando un proceso real de integración hospitalaria.
- Aplicar procesos de sincronización con MERGE, logrando actualizaciones selectivas de registros existentes e inserciones controladas de nuevos pacientes y consultas.
- Verificar y documentar los cambios realizados, asegurando trazabilidad, integridad referencial y reproducibilidad académica mediante evidencias y consultas de validación.

2.2 Modalidad

Presencial.

2.3 Tiempo de duración

Presenciales: 4
No presenciales: 0

2.4 Instrucciones

Conéctese al motor de base de datos
· Active la instancia principal o por defecto
· Configure la instancia para ser Distribuidor y Publicador
· Cree una Publicación de una tabla
· Cree una subscripción en la instancia Sitio_A y/o Sitio_B, a la publicación creada anteriormente
· Despliegue la publicación ? mostrar los registros
· Despliegue la subscripción y verifique que los datos son exactamente los mismos a la publicación

2.5 Listado de equipos, materiales y recursos

Listado de equipos y materiales generales empleados en la guía práctica:

- **Computador**

TAC (Tecnologías para el Aprendizaje y Conocimiento) empleados en la guía práctica:

☐Plataformas educativas
☐Simuladores y laboratorios virtuales
☐Aplicaciones educativas
☐Recursos audiovisuales
☐Gamificación
☒Inteligencia Artificial
Otros (Especifique): _____

2.6 Actividades por desarrollar

Detalladas en la guía proporcionada por el docente.

2.7 Resultados obtenidos

Ejercicios Prácticos en Google Cloud

Implementación de Instancias en Cloud SQL con Alta Disponibilidad (Multi-AZ/HA) y Gestión Avanzada de Réplicas de Lectura
Paso 1: Acceso a la Consola de Cloud SQL

Para iniciar el proceso de creación de instancias con configuración de alta disponibilidad, es necesario acceder al menú principal de la consola de administración de Google Cloud.
- Diríjase al Menú de navegación ubicado en la parte superior izquierda de la interfaz.
- Seleccione la opción Cloud SQL.
- Dentro de esta sección, haga clic en Instancias, donde se gestionan todas las bases de datos desplegadas en el entorno de Google Cloud.

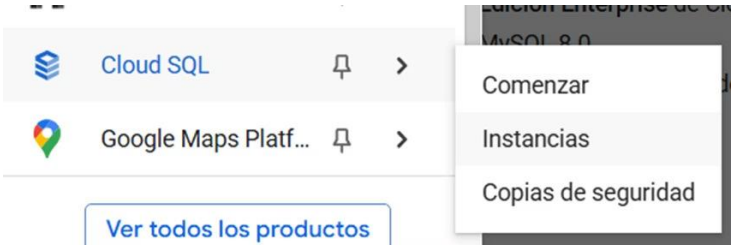


Ilustración 1.Google cloud

Paso 2: Creación de una Nueva Instancia

En la pantalla principal de Cloud SQL, seleccionar la opción Crear instancia.
Esta acción habilita el asistente de configuración, desde el cual se definen los parámetros iniciales de la instancia, incluyendo el motor de base de datos, la versión y las opciones de disponibilidad.

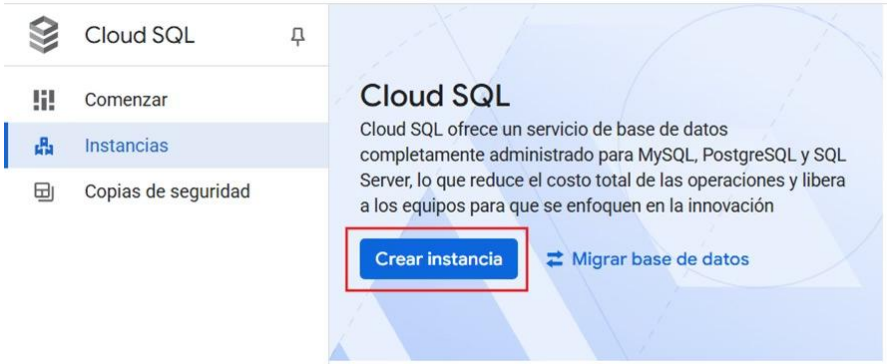


Ilustración 2.Creación de instancia

Paso 3: Selección del Sistema de Gestión de Base de Datos

En el asistente de creación de instancia, elegir el motor de base de datos que se utilizará.
Las opciones disponibles incluyen MySQL, PostgreSQL y SQL Server.
La selección debe responder a los requerimientos técnicos y de compatibilidad del proyecto.

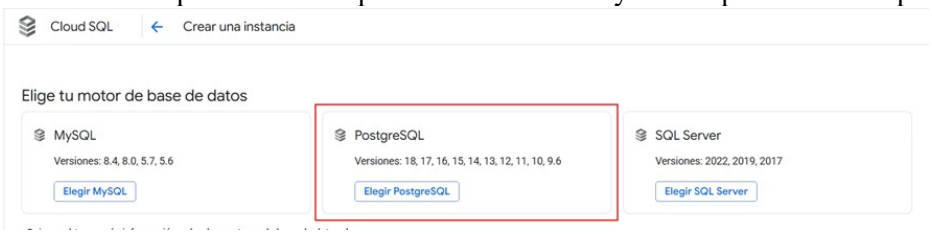


Ilustración 3.Seleccion de sistema

Paso 4: Habilitación de la API de Compute Engine

Antes de continuar con la configuración de alta disponibilidad, es necesario habilitar la API de Compute Engine, ya que esta proporciona la infraestructura subyacente para la creación de instancias en múltiples zonas.

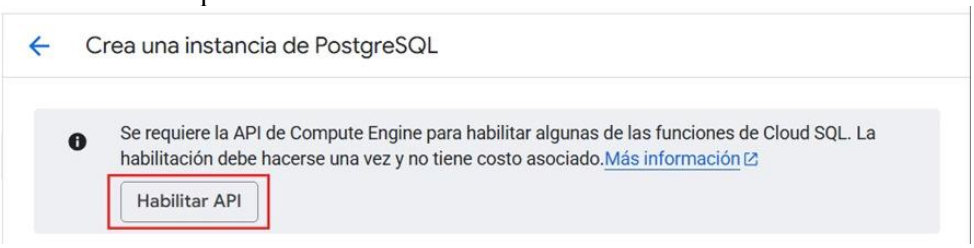


Ilustración 4.Habilitación de instancia

Paso 5: Selección de la Edición de Cloud SQL

En el asistente de configuración, elegir la edición de Cloud SQL que definirá las características fundamentales de la instancia:

- Enterprise Plus: Garantiza un SLA del 99.99%, con mantenimiento en menos de un segundo y capacidad de escalación vertical prácticamente sin tiempo de inactividad.

- Enterprise: Ofrece un SLA del 99.95%, con un máximo de 60 segundos de inactividad planificada durante tareas de mantenimiento

Ilustración 5.Selección de edición

Configuración de Instancia y Región
Define el nombre de tu instancia (mínimo 8 caracteres) y selecciona la región más cercana a tus servicios. Luego, seleccionar el ajuste de edición, en este caso: Zona de pruebas

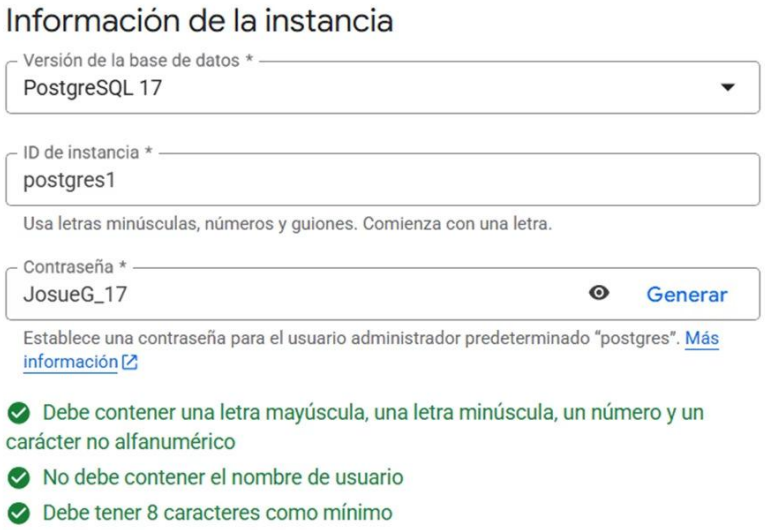


Ilustración 6.Configuración de instancia

Después, elige disponibilidad zonal múltiple (HA) que aplica conmutación por error automática a otra zona. Aunque aumenta costos, es esencial para garantizar continuidad operativa y cumplir con Multi-AZ.

Ilustración 7.Disponibilidad zonal

Configuración de Máquina y Almacenamiento

En la configuración de la instancia, definir los recursos de cómputo y almacenamiento:

- Tipo de máquina: Seleccionar según los requerimientos de procesamiento y memoria del proyecto.

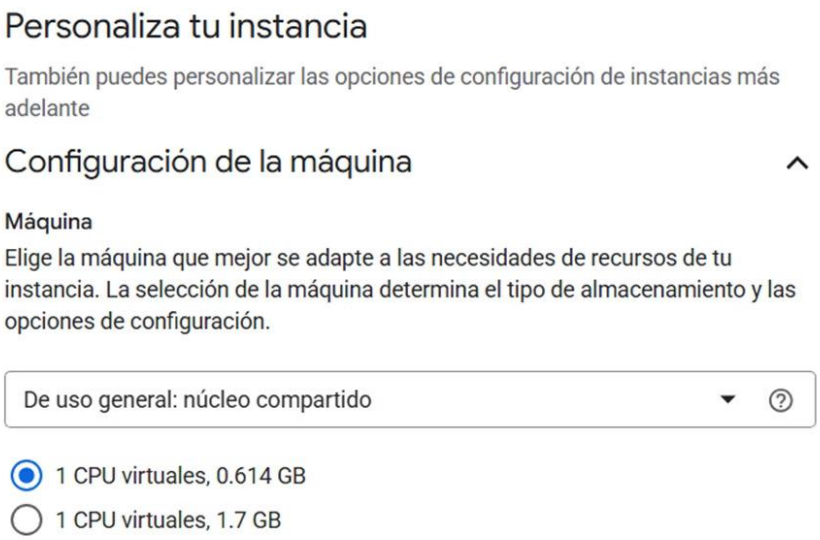


Ilustración 8.Configuración de maquina

- Disco de almacenamiento: Optar por SSD, recomendado por su menor latencia y mayor capacidad de consultas por segundo (QPS) en comparación con HDD.
- Capacidad: Establecer un tamaño entre 10 y 250 GB, o definir un valor personalizado según la carga esperada.
- Ajustes de crecimiento: Deshabilitar los aumentos automáticos de almacenamiento para mantener control sobre el espacio y evitar consumos inesperados.

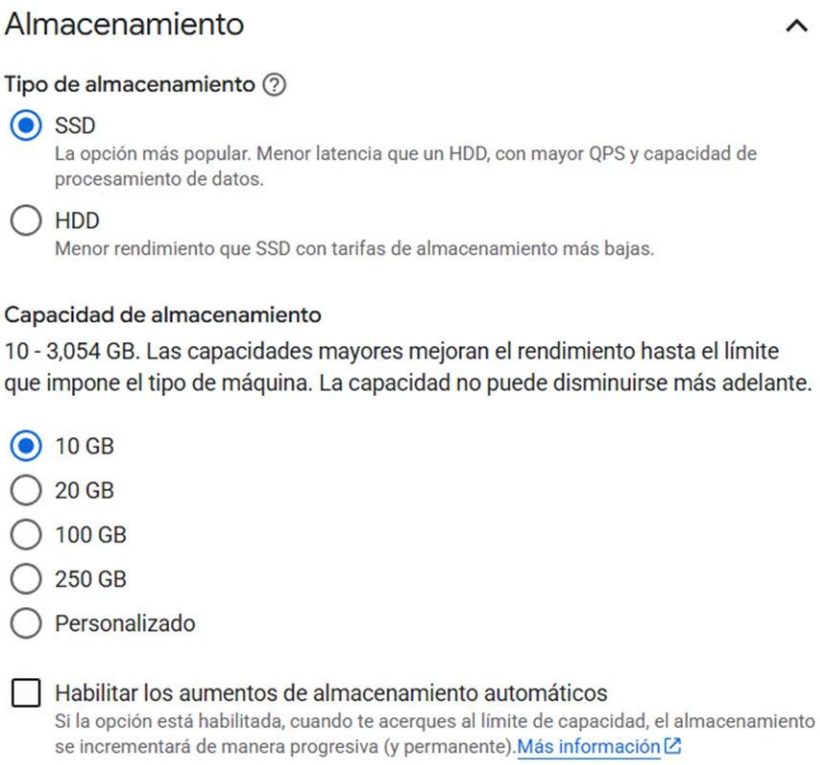


Ilustración 9.Capacidad de almacenamiento

Configuración de Conexiones y Seguridad

En la sección de red y seguridad de la instancia, establecer los siguientes parámetros:

- IP pública: Configurar una dirección IP pública para permitir el acceso externo a la base de datos.

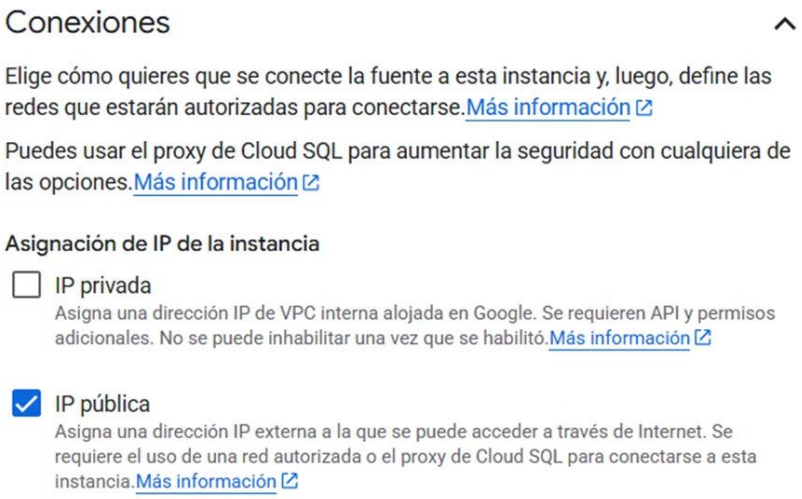


Ilustración 10.Seguridad de instancia

- Seguridad SSL: Habilitar la opción de SSL obligatorio en todas las conexiones públicas.
- Certificados: Asegurar que los clientes dispongan de certificados válidos para establecer conexiones seguras.

Ilustración 11.Opcion SSL

Configuración Adicional y Creación de Instancia
En la fase final de configuración:

- Eliminación de instancia: Definir las políticas de eliminación, asegurando que la instancia pueda ser removida de forma controlada cuando ya no sea necesaria.

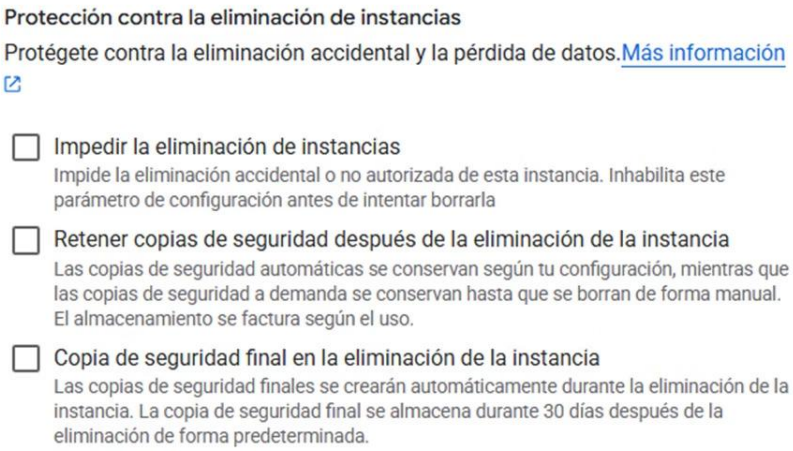


Ilustración 12.Configuracion de eliminación

- Creación de instancia: Una vez revisados todos los parámetros, hacer clic en Crear instancia.

- Tiempo de aprovisionamiento: El proceso de despliegue tarda aproximadamente 15 minutos, durante los cuales se habilitan los recursos y configuraciones seleccionadas.

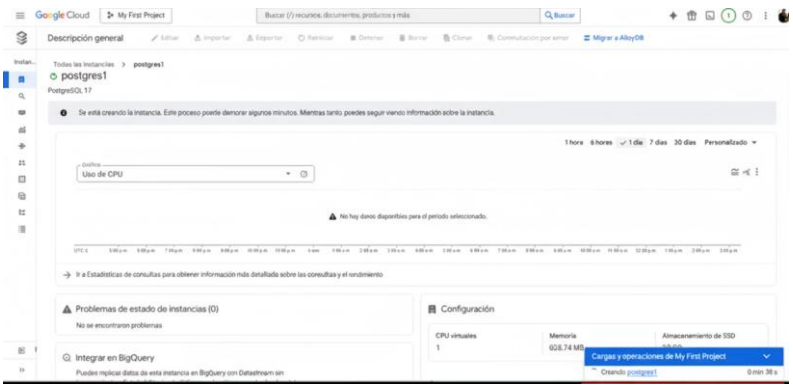


Ilustración 13.Habilitación de recursos

Configuración de Redes Autorizadas

En el menú lateral de la instancia, ingresar a la opción Conexiones y establecer las redes que tendrán acceso:

Ilustración 14.Configuración de redes

- Redes autorizadas: Definir rangos CIDR específicos para controlar qué direcciones IP pueden conectarse.
- Buenas prácticas: Evitar el uso de 0.0.0.0/0 en entornos de producción, ya que expone la base de datos a cualquier origen.
- Seguridad avanzada: Implementar el proxy de Cloud SQL como mecanismo recomendado para conexiones seguras y gestionadas.

Ilustración 15.Nueva red

Conexión desde pgAdmin

Para establecer conexión con la instancia de Cloud SQL (PostgreSQL) utilizando pgAdmin, seguir los pasos:

- Abrir pgAdmin en el equipo cliente.
- En el panel lateral, seleccionar Add New Server.
- En la pestaña General, asignar un nombre descriptivo al servidor.
- En la pestaña Connection, ingresar los parámetros de acceso:
  - Host: Dirección IP pública de la instancia de Cloud SQL.
  - Port: Puerto de conexión (por defecto, 5432).
  - Username: Usuario administrador definido en la creación de la instancia.
  - Password: Contraseña correspondiente al usuario.
- Habilitar la opción de SSL y cargar los certificados requeridos (cliente y CA), previamente descargados desde la consola de Cloud SQL.

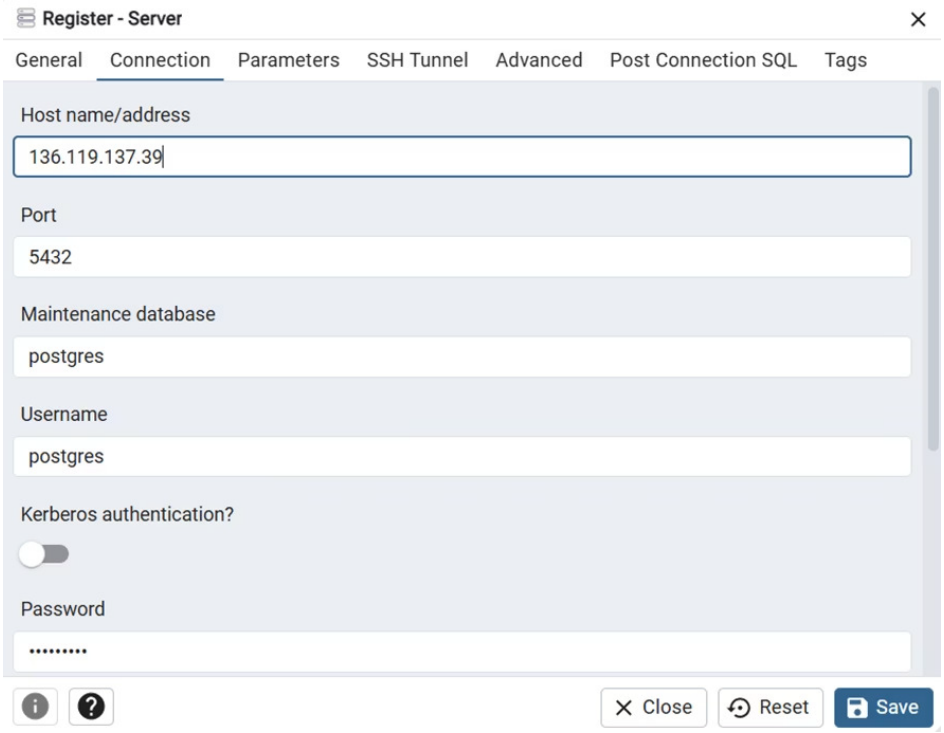


Ilustración 16.Conexión de postgresql (pgadmin)

Verificación de conexión a la instancia en Google Cloud.

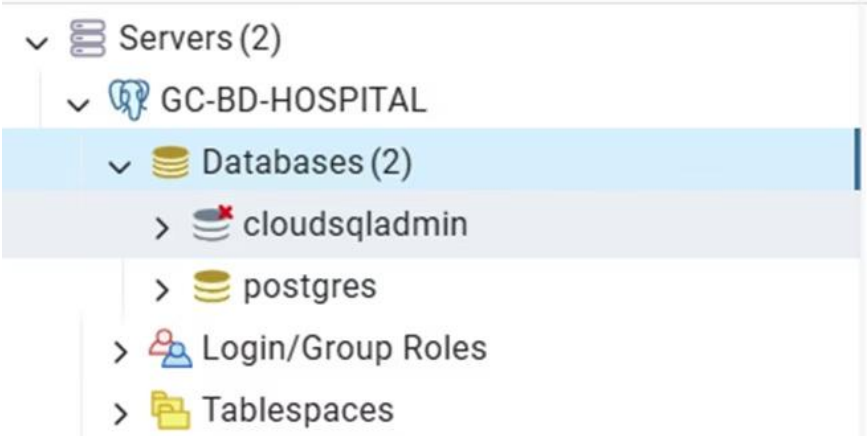


Ilustración 17.Verificación de instancia

Ejercicio 1: Multi-AZ y Failover

Objetivo: Comprender el funcionamiento de la replicación síncrona y los mecanismos de conmutación por error (failover) en Cloud SQL.

Instrucciones:
- Acceder a la instancia previamente creada en Cloud SQL con configuración de alta disponibilidad (Multi-AZ).
- Abrir el cliente de administración (pgAdmin).

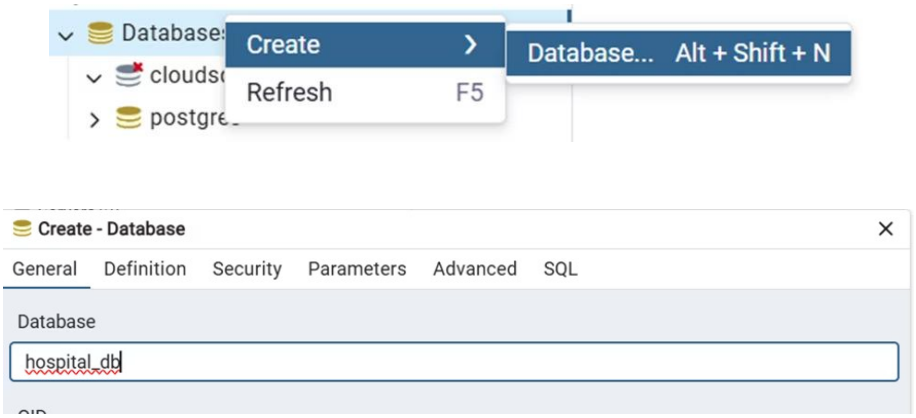


Ilustración 18.Creación de BD

Modelo de Base de Datos

El modelo de datos está compuesto por tres entidades principales: medico, paciente y consulta. Estas tablas representan la estructura lógica de un sistema hospitalario básico, permitiendo registrar profesionales médicos, pacientes atendidos y las consultas realizadas.

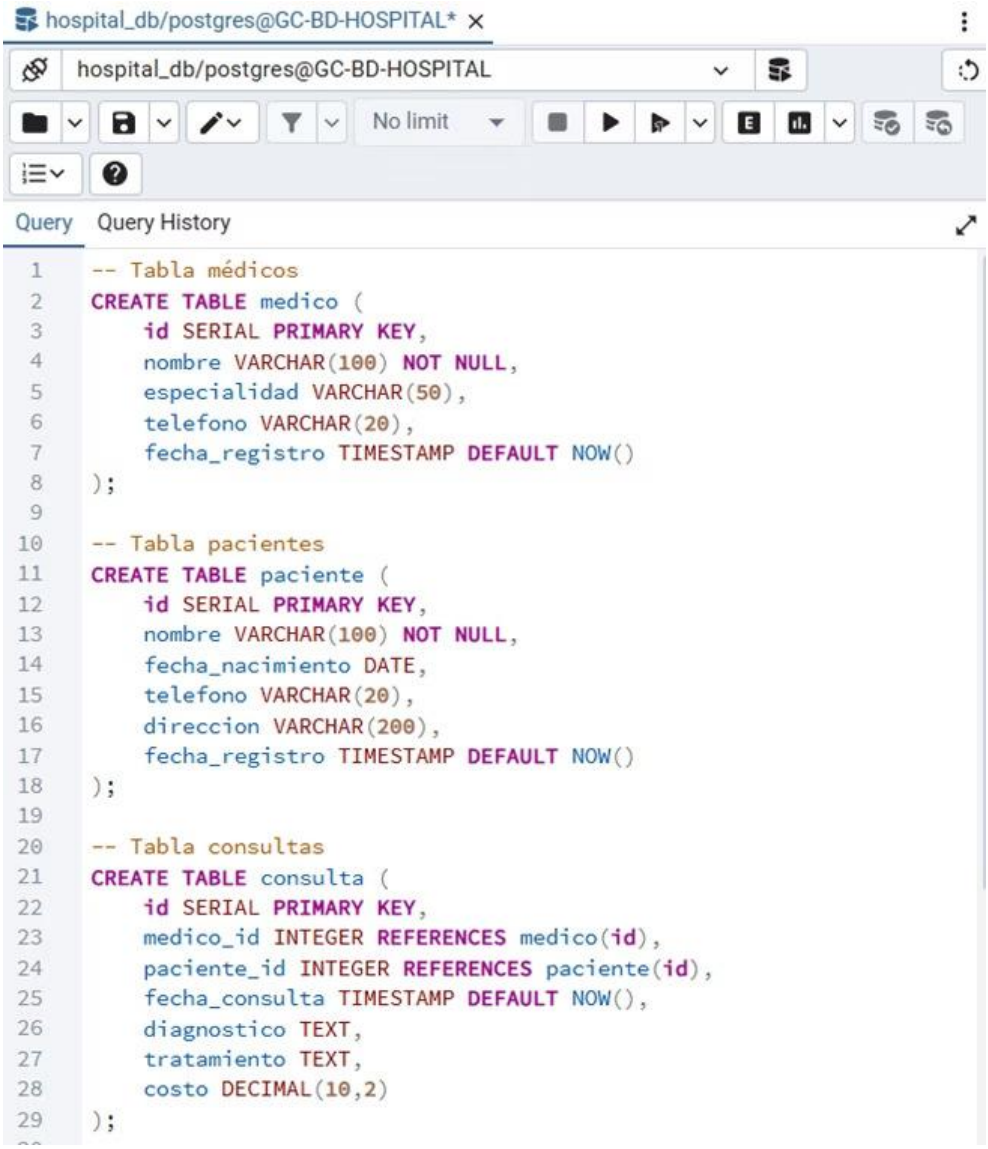


Ilustración 19.Creación de tablas

Sql

```
-- Creación de tabla: médicos
CREATE TABLE medico (
    id SERIAL PRIMARY KEY,
    nombre VARCHAR(100) NOT NULL,
    especialidad VARCHAR(50),
    telefono VARCHAR(20),
    fecha_registro TIMESTAMP DEFAULT NOW()
);

-- Creación de tabla: pacientes
CREATE TABLE paciente (
    id SERIAL PRIMARY KEY,
    nombre VARCHAR(100) NOT NULL,
    fecha_nacimiento DATE,
    telefono VARCHAR(20),
    direccion VARCHAR(200),
    fecha_registro TIMESTAMP DEFAULT NOW()
```

```
);

-- Creación de tabla: consultas médicas
CREATE TABLE consulta (
    id SERIAL PRIMARY KEY,
    medico_id INTEGER REFERENCES medico(id),
    paciente_id INTEGER REFERENCES paciente(id),
    fecha_consulta TIMESTAMP DEFAULT NOW(),
    diagnostico TEXT,
    tratamiento TEXT,
    costo DECIMAL(10,2)
);
```

Verificación de configuración en modo de alta disponibilidad

La verificación de parámetros de replicación y conmutación por error confirma que la instancia opera bajo un esquema de alta disponibilidad. Se consulta el catálogo del sistema de PostgreSQL para validar los ajustes críticos relacionados con WAL, replicación y standby.

```
1  SELECT name, setting
2  FROM pg_settings
3  WHERE name IN (
4      'synchronous_commit',
5      'wal_level',
6      'max_wal_senders',
7      'hot_standby'
8  );
```

Data Output | Messages | Notifications

Showing rows: 1 to 4 | Page No: 1

	name text	setting text
1	hot_standby	on
2	max_wal_senders	10
3	synchronous_commit	on
4	wal_level	replica

Ilustración 20.Modo alta disponibilidad

Sql

```
SELECT name, setting
FROM pg_settings
WHERE name IN (
    'synchronous_commit',
    'wal_level',
    'max_wal_senders',
    'hot_standby'
);
```

Replicación Síncrona y Monitoreo en Cloud SQL (PostgreSQL)

La replicación síncrona es un componente esencial en arquitecturas de alta disponibilidad (HA), como las implementadas en entornos Multi-AZ. Este mecanismo asegura que cada transacción confirmada en la instancia primaria también se haya escrito en al menos una réplica sincronizada antes de finalizar

La replicación síncrona en acción: cada INSERT tarda 5-10ms extra esperando confirmación del standby.

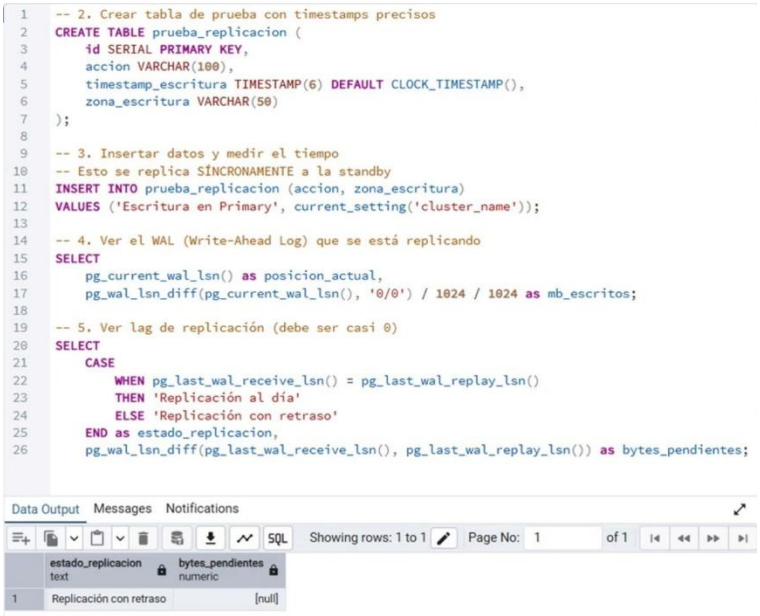


Ilustración 21.Replicación síncrona

Sql

```
CREATE TABLE prueba_replicacion (
    id SERIAL PRIMARY KEY,
    accion VARCHAR(100),
    timestamp_escritura TIMESTAMP(6) DEFAULT CLOCK_TIMESTAMP(),
    zona_escritura VARCHAR(50)
);


INSERT INTO prueba_replicacion (accion, zona_escritura)
VALUES ('Escritura en Primary', current_setting('cluster_name'));




SELECT
    pg_current_wal_lsn() AS posicion_actual,
    pg_wal_lsn_diff(pg_current_wal_lsn(),  '0/0')  /  1024  /  1024  AS
mb_escritos;


SELECT
    CASE
        WHEN pg_last_wal_receive_lsn() = pg_last_wal_replay_lsn()
        THEN 'Replicación al día'
        ELSE 'Replicación con retraso'
    END AS estado_replicacion,
    pg_wal_lsn_diff(pg_last_wal_receive_lsn(),
pg_last_wal_replay_lsn()) AS bytes_pendientes;
```

Simulación de Carga y Comportamiento en Arquitectura Multi-AZ

La siguiente prueba permite observar el impacto de la replicación síncrona en una instancia de Cloud SQL configurada con alta disponibilidad (Multi-AZ). Se utiliza una función en PL/pgSQL que simula múltiples inserciones en la tabla , midiendo el tiempo de escritura por cada operación.

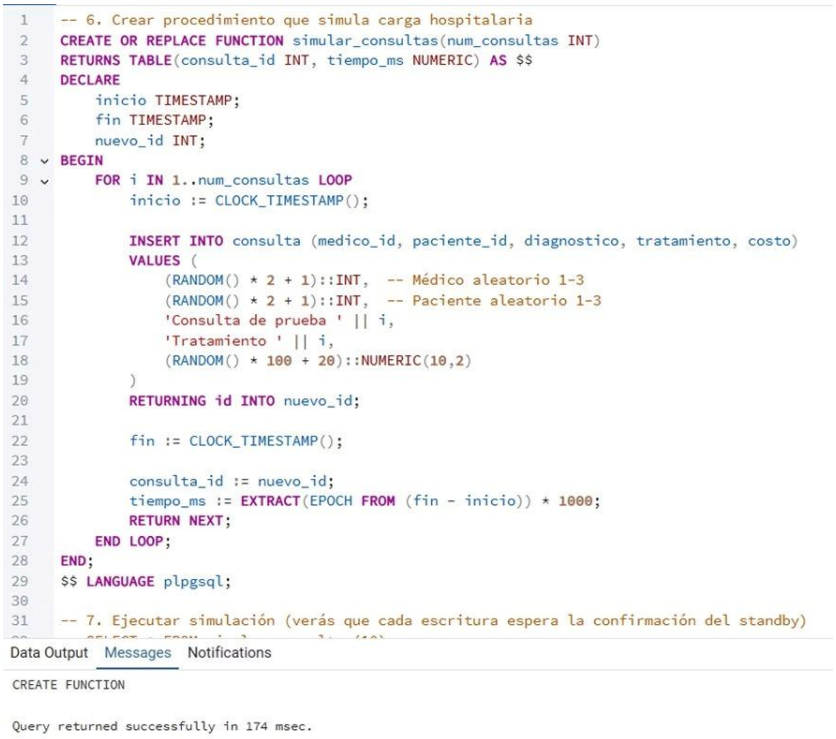


Ilustración 22.Simulación de carga

Sql

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION simular_consultas(num_consultas INT)
RETURNS TABLE(consulta_id INT, tiempo_ms NUMERIC) AS $$
DECLARE
    inicio TIMESTAMP;
    fin TIMESTAMP;
    nuevo_id INT;
BEGIN
    FOR i IN 1..num_consultas LOOP
        inicio := CLOCK_TIMESTAMP();

        INSERT INTO consulta (medico_id, paciente_id, diagnostico,
tratamiento, costo)
        VALUES (
            (RANDOM() * 2 + 1)::INT,  -- Médico aleatorio 1-3
            (RANDOM() * 2 + 1)::INT,  -- Paciente aleatorio 1-3
            'Consulta de prueba ' || i,
            'Tratamiento ' || i,
            (RANDOM() * 100 + 20)::NUMERIC(10,2)
        )
        RETURNING id INTO nuevo_id;

        fin := CLOCK_TIMESTAMP();
```

```
        consulta_id := nuevo_id;
        tiempo_ms := EXTRACT(EPOCH FROM (fin - inicio)) * 1000;
        RETURN NEXT;
    END LOOP;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Ejecución y Observación

Cada INSERT tarda un poco más (~5-10ms extra) porque espera confirmación del standby.

Sql

```
-- Ejecutar simulación con 10 consultas
SELECT * FROM simular_consultas(10);
```

```
31  -- 7. Ejecutar simulación (verás que cada escritura espera la confirmación del standby)
32  SELECT * FROM simular_consultas(10);
```

Data Output | Messages | Notifications

Showing rows: 1 to 10 | Page No: 1 of 1

	consulta_id integer	tiempo_ms numeric
1	4	1.603000
2	5	0.178000
3	6	0.125000
4	7	0.141000
5	8	0.105000
6	9	0.122000
7	10	0.032000
8	11	0.023000
9	12	0.022000
10	13	0.020000

Ilustración 23.Confirmación de stanby

Cada fila retornada incluye el id de la consulta insertada y el tiempo en milisegundos que tomó la operación. En entornos Multi-AZ, se espera que cada INSERT incurra en una latencia adicional de 5 a 10 ms, debido a la espera de confirmación del standby

Simulación de Failover en Arquitectura Multi-AZ

La conmutación por error (failover) es el proceso mediante el cual una instancia secundaria toma el control cuando la primaria deja de estar disponible. En Cloud SQL con alta disponibilidad, este proceso es automático y transparente, pero puede ser monitoreado y probado manualmente para fines académicos o de validación.

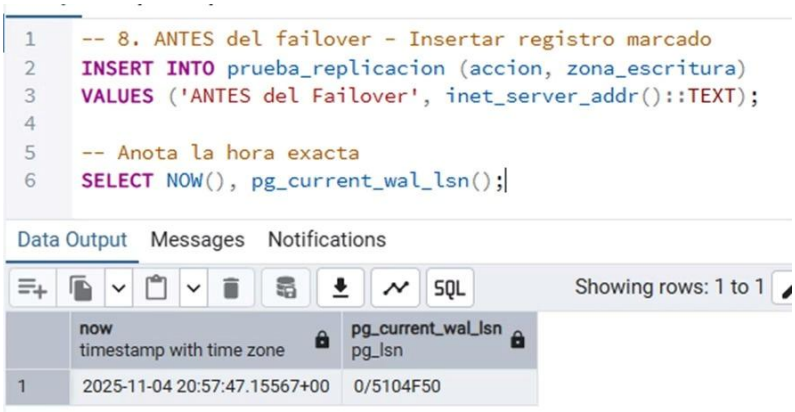


Ilustración 24.Simulación de failover

Este registro sirve como punto de control para verificar que la réplica recibió y aplicó la transacción antes del evento de failover.

```sql
-- Insertar registro marcado antes del failover
INSERT INTO prueba_replicacion (accion, zona_escritura)
VALUES ('ANTES del Failover', inet_server_addr()::TEXT);

-- Registrar hora exacta y posición del WAL
SELECT NOW(), pg_current_wal_lsn();
```

Conmutación por Error Manual (Failover) en Cloud SQL

La conmutación por error manual permite validar el comportamiento de la arquitectura Multi-AZ en condiciones controladas. Este procedimiento fuerza el traspaso

Acceder a la consola de Google Cloud Platform.

1. Ingresar al menú de la instancia configurada con HA.
2. Seleccionar la opción “Realizar conmutación por error”.

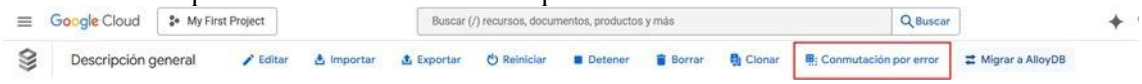


Ilustración 25.Conmutación por error

3. En la ventana emergente, ingresar el ID de la instancia (por ejemplo, postgres1).

4. Confirmar la operación haciendo clic en Activar conmutación por error.

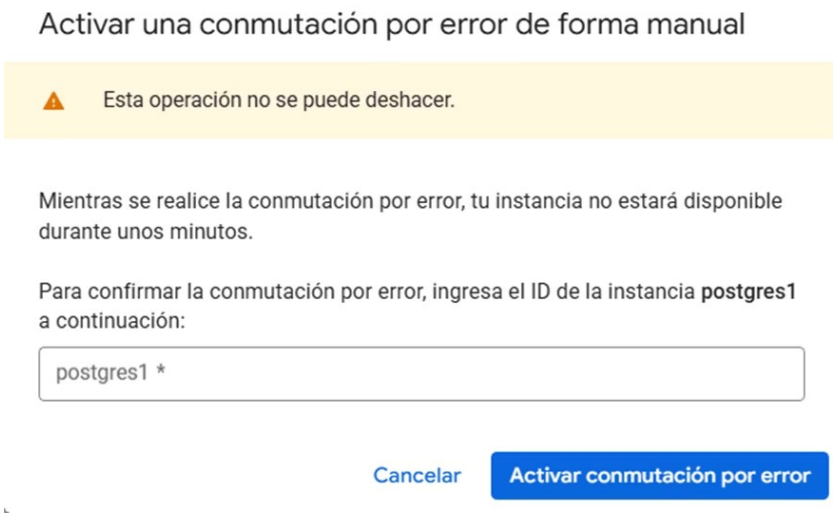


Ilustración 26.Activar comunicación por error

Durante el proceso, la instancia no estará disponible por aproximadamente 60 segundos. Esta operación no se puede deshacer.

Verificación Post-Failover en Arquitectura Multi-AZ

Tras ejecutar una conmutación por error manual en Cloud SQL, se realiza una verificación estructurada para validar la integridad de datos, continuidad operativa y comportamiento de la infraestructura.

Evidencia de Persistencia

- No hay pérdida de datos: Todos los registros insertados antes del failover, incluyendo los marcados como ANTES del Failover, están presentes en la instancia activa posterior al evento.
- Esto confirma que la replicación síncrona funcionó correctamente, asegurando que el standby recibió y aplicó los WAL antes de asumir el rol primario.

```sql
-- 9. DESPUÉS del failover - Reconecta y verifica
-- Deberías reconectarte automáticamente

INSERT INTO prueba_replicacion (accion, zona_escritura)
VALUES ('DESPUÉS del Failover', inet_server_addr()::TEXT);

-- 10. Ver la evidencia completa
SELECT
    id,
    accion,
    timestamp_escritura,
    zona_escritura,
    timestamp_escritura - LAG(timestamp_escritura) OVER (ORDER BY id) as tiempo_entre_escrituras
FROM prueba_replicacion
ORDER BY id DESC
LIMIT 10;
```

Data Output | Messages | Notifications

Showing rows: 1 to 3 | Page No: 1 of 1

	id [PK] integer	accion character varying (100)	timestamp_escritura timestamp without time zone (6)	zona_escritura character varying (50)	tiempo_entre_escrituras interval
1	35	DESPUÉS del Failover	2025-11-04 21:04:20.067301	136.119.137.39/32	00:06:32.910907
2	2	ANTES del Failover	2025-11-04 20:57:47.156394	136.119.137.39/32	00:04:21.10275
3	1	Escritura en Primary	2025-11-04 20:53:26.053644		[null]

Ilustración 27.Evidencia de persistencia

Cambio de Zona
- IP o zona activa: Puede variar tras el failover, dependiendo de cómo Google Cloud redistribuye la instancia.
- El campo zona_escritura muestra la IP activa en cada momento, permitiendo rastrear el nodo que ejecutó la escritura.

```sql
SELECT inet_server_addr();  -- Verifica la IP activa post-failover
```

Tiempo de Interrupción
- El análisis de timestamp_escritura y la función LAG() permite calcular el tiempo entre escrituras.
- Se observa un gap de aproximadamente 60 segundos, correspondiente al tiempo de indisponibilidad durante el failover.

```sql
SELECT
    id,
    accion,
    timestamp_escritura,
    zona_escritura,
    timestamp_escritura - LAG(timestamp_escritura) OVER (ORDER BY id)
AS tiempo_entre_escrituras
FROM prueba_replicacion
ORDER BY id DESC
LIMIT 10;
```

-Tras el failover, la instancia responde normalmente a nuevas operaciones INSERT, SELECT, etc.
- La función de simulación y los registros posteriores (DESPUÉS del Failover) confirman que el sistema recupera su estado operativo sin intervención adicional.

Ejercicio 2: Réplicas de Lectura para Escalado de Consultas
Este ejercicio demuestra cómo utilizar read replicas en Cloud SQL para distribuir la carga de consultas y mejorar el rendimiento en entornos con alta demanda de lectura, como sistemas hospitalarios.

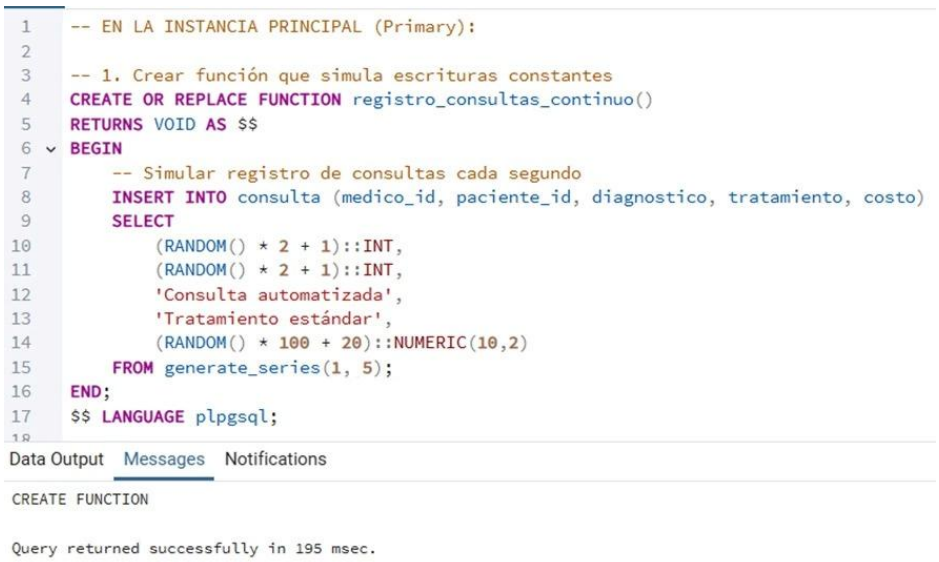


Ilustración 28.Replicas por escalado

Sql

```
-- 1. Crear función que simula escrituras constantes
CREATE OR REPLACE FUNCTION registro_consultas_continuo()
RETURNS VOID AS $$
BEGIN
    -- Simular registro de 5 consultas por ejecución
    INSERT INTO consulta (medico_id, paciente_id, diagnostico,
tratamiento, costo)
    SELECT
        (RANDOM() * 2 + 1)::INT,
        (RANDOM() * 2 + 1)::INT,
        'Consulta automatizada',
        'Tratamiento estándar',
        (RANDOM() * 100 + 20)::NUMERIC(10,2)
    FROM generate_series(1, 5);
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

-- 2. Ejecutar la función para insertar registros
SELECT registro_consultas_continuo();

-- 3. Verificar que hay datos en la tabla
SELECT COUNT(*) FROM consulta;
```

Validación desde la Réplica de Lectura

Una vez que la réplica está sincronizada:

Ilustración 29.Validación desde la replica de lectura

```sql
SELECT COUNT(*) FROM consulta;
```

- Si el conteo coincide con la instancia primaria, se confirma que la réplica recibe los datos correctamente.
- Las réplicas de lectura permiten ejecutar consultas intensivas (SELECT, JOIN, AGGREGATE) sin afectar el rendimiento de escritura de la instancia principal.

Creación de Réplica de Lectura desde la Consola de Cloud SQL

La creación de réplicas de lectura permite escalar horizontalmente las operaciones de consulta, mejorar la disponibilidad y distribuir la carga entre múltiples nodos. En Cloud SQL, este proceso puede realizarse fácilmente desde la interfaz gráfica.

1. Acceder a la consola de **Google Cloud Platform**.
2. Seleccionar la instancia principal (por ejemplo, postgres1).
3. En el menú lateral, ingresar a la sección **"Réplicas"**.

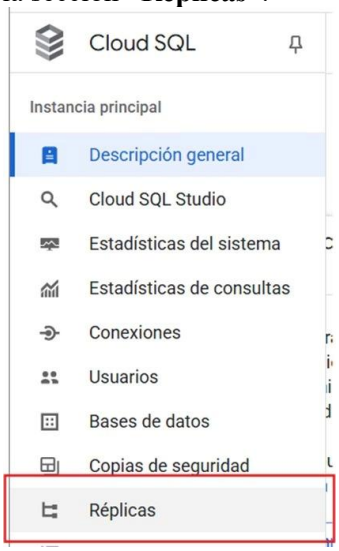


Ilustración 30.Sección replicas

4. Hacer clic en el botón **"Crear réplica"**.

Ilustración 31.Crear replica

5. Configurar los parámetros de la réplica:
   Parámetros de Configuración
   Tipo de réplica
   Seleccionar "Réplica de lectura" para mayor control sobre el nodo.
   Alternativa: Grupo de lectura para balanceo automático y administración simplificada.
   ID de instancia
   Definir un nombre válido, por ejemplo: .
   Requiere letras minúsculas, números y guiones, iniciando con una letra.

Ilustración 32.Definición de nombre

   Región
   Elegir una región cercana a los servicios consumidores, por ejemplo:
   Seleccionar "Varias zonas (con alta disponibilidad)" para habilitar conmutación por error automática.
   Zona principal: .
   Zona secundaria: cualquier otra dentro de la región.

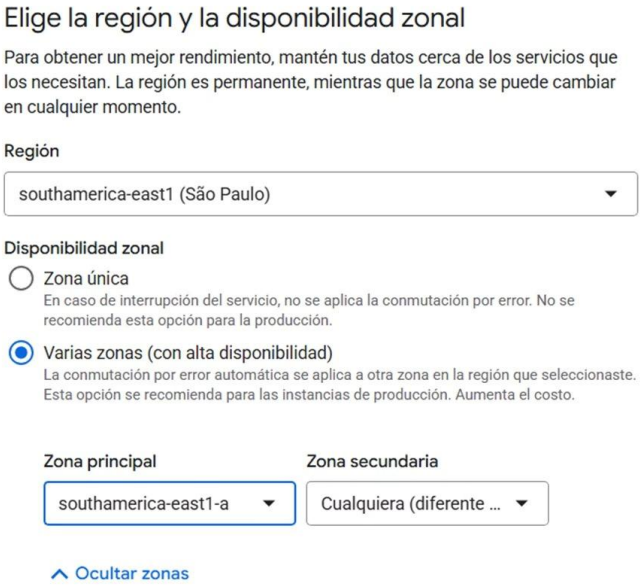


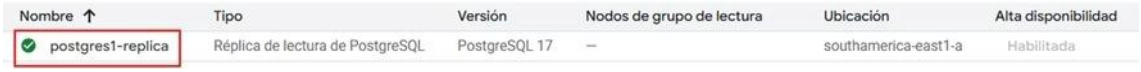
Ilustración 33.Elección de región

6. Confirmar la creación y esperar el aprovisionamiento.

La réplica puede tardar varios minutos en estar disponible. Una vez activa, permite ejecutar consultas de solo lectura.

Verificación de Réplica de Lectura en Cloud SQL

Una vez creada la réplica de lectura, se realiza una verificación técnica para confirmar su disponibilidad, conectividad y sincronización con la instancia principal.



Cadena de conexión para conexión a réplica

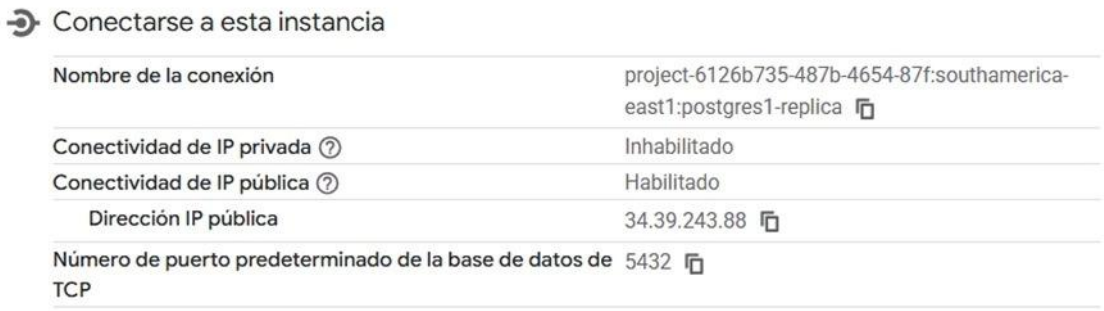


Ilustración 34.Cadena de conexión

Verifica conectividad desde pgAdmin con cadena de conexión específica (IP pública 34.39.243.88:5432).

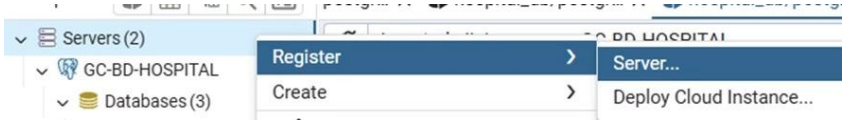


Ilustración 35.Registro de servidor

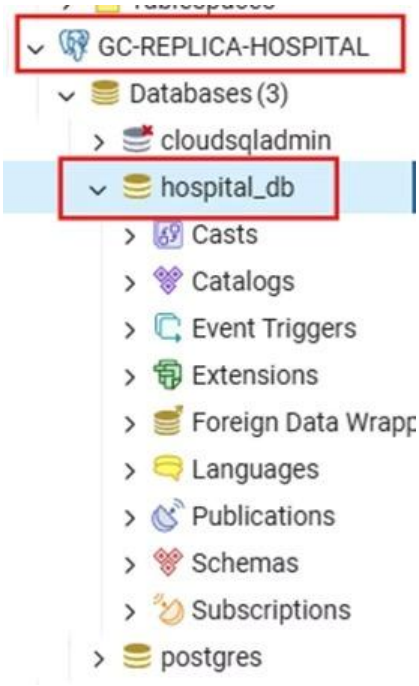


Ilustración 36.Verificación de conectividad

Verificación de Réplica de Lectura en Cloud SQL

Una vez creada la réplica de lectura, es fundamental validar su comportamiento operativo y confirmar que cumple con las restricciones propias de una instancia de solo lectura.

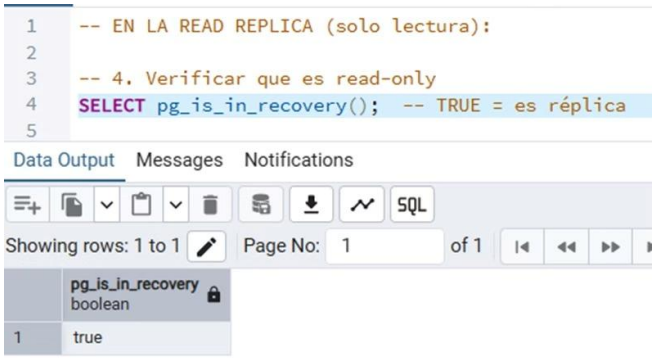


Ilustración 37.Verificación de replica

Verificación de Disponibilidad de Datos en Réplica de Lectura

Para confirmar que la réplica de lectura está sincronizada y disponible, se ejecutan consultas SELECT sobre tablas replicadas desde la instancia principal. Esto valida que los datos se replican automáticamente y que la réplica responde correctamente a operaciones de lectura.

Consultas de Verificación

```
-- 6. Queries de lectura pesadas (aquí se descarga el primary)
-- Reporte: Consultas por médico
SELECT
    m.nombre as medico,
    m.especialidad,
    COUNT(c.id) as total_consultas,
    AVG(c.costo) as costo_promedio,
    SUM(c.costo) as ingreso_total
FROM medico m
LEFT JOIN consulta c ON m.id = c.medico_id
GROUP BY m.id, m.nombre, m.especialidad
ORDER BY total_consultas DESC;
```

Data Output | Messages | Notifications

Showing rows: 1 to 3 | Page No: 1 of 1

	medico character varying (100)	especialidad character varying (50)	total_consultas bigint	costo_promedio numeric	ingreso_total numeric
1	Dr. Luis Rojas	Traumatología	9	68.9800000000000000	620.82
2	Dra. Ana Flores	Pediatría	9	58.2088888888888889	523.88
3	Dr. Carlos Méndez	Cardiología	5	45.5460000000000000	227.73

```
-- Reporte: Pacientes frecuentes
SELECT
    p.nombre,
    p.telefono,
    COUNT(c.id) as num_consultas,
    MAX(c.fecha_consulta) as ultima_consulta,
    SUM(c.costo) as gasto_total
FROM paciente p
LEFT JOIN consulta c ON p.id = c.paciente_id
GROUP BY p.id, p.nombre, p.telefono
HAVING COUNT(c.id) > 0
ORDER BY num_consultas DESC;
```

Data Output | Messages | Notifications

Showing rows: 1 to 3 | Page No: 1 of 1

	nombre character varying (100)	telefono character varying (20)	num_consultas bigint	ultima_consulta timestamp without time zone	gasto_total numeric
1	José Pérez	0992-333-444	13	2025-11-04 21:26:50.064806	835.27
2	Laura Sánchez	0993-555-666	5	2025-11-04 21:26:50.064806	337.05
3	María González	0991-111-222	5	2025-11-04 21:26:50.064806	200.11

Ilustración 38.Verificación de disponibilidad

1. Consultas por médico

Sql

```
SELECT
    m.nombre AS medico,
    m.especialidad,
    COUNT(c.id) AS total_consultas,
    AVG(c.costo) AS costo_promedio,
    SUM(c.costo) AS ingreso_total
FROM medico m
LEFT JOIN consulta c ON m.id = c.m

SELECT
    p.nombre,
    p.telefono,
    COUNT(c.id) AS num_consultas,
    MAX(c.fecha_consulta) AS ultima_consulta,
    SUM(c.costo) AS gasto_total
FROM paciente p
LEFT JOIN consulta c ON p.id = c.paciente_id
```

```
GROUP BY p.id, p.nombre, p.telefono
HAVING COUNT(c.id) > 0
ORDER BY num_consultas DESC;
```

Ejercicio 3: MERGE para Actualización Masiva

Escenario: Sistema externo envía actualizaciones de pacientes y nuevas consultas

Se está realizando un proceso de sincronización de datos entre una tabla temporal (staging) y la tabla principal de pacientes en una base de datos
hospitalaria.

Paso 1. Preparación

Se crearon tablas temporales (staging) para pacientes y consultas

Se insertaron datos de prueba en las tablas temporales.

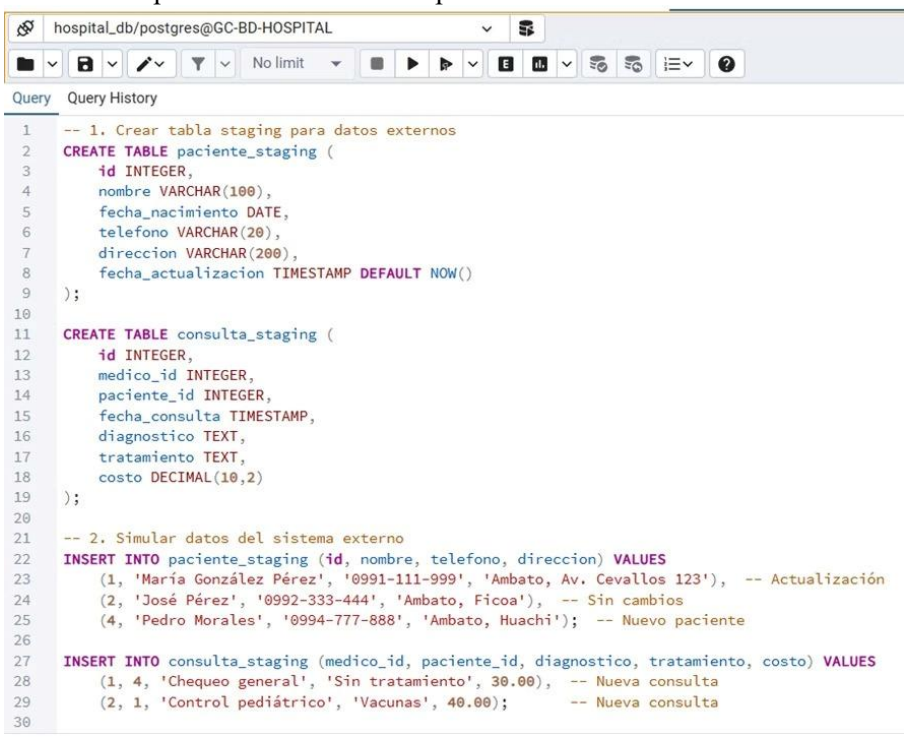


Ilustración 39.Merge para actualización

Sql

```
CREATE TABLE paciente_staging (
    id INTEGER,
    nombre VARCHAR(100),
    fecha_nacimiento DATE,
    telefono VARCHAR(20),
    direccion VARCHAR(200),
    fecha_actualizacion TIMESTAMP DEFAULT NOW()
);

CREATE TABLE consulta_staging (
    id INTEGER,
    medico_id INTEGER,
    paciente_id INTEGER,
    fecha_consulta TIMESTAMP,
    diagnostico TEXT,
    tratamiento TEXT,
    costo DECIMAL(10,2)
```

```
);
```

Paso 2: Situación Actual (Antes del MERGE)

Antes de ejecutar el proceso de sincronización entre las tablas temporales (staging) y las tablas principales del sistema hospitalario, se realiza una verificación del estado actual de los datos en la tabla paciente. Esta inspección permite identificar qué registros serán actualizados, cuáles permanecerán sin cambios y cuáles serán insertados como nuevos.

Ilustración 40.Antes de ejecutar el proceso de sincronización

```sql
-- Ver estado actual de la tabla paciente antes del MERGE
SELECT 'ANTES DEL MERGE – Pacientes:' as estado;
SELECT * FROM paciente ORDER BY id;

-- Ver estado actual de la tabla consulta antes del MERGE
SELECT COUNT(*) AS total_consultas FROM consulta;
```

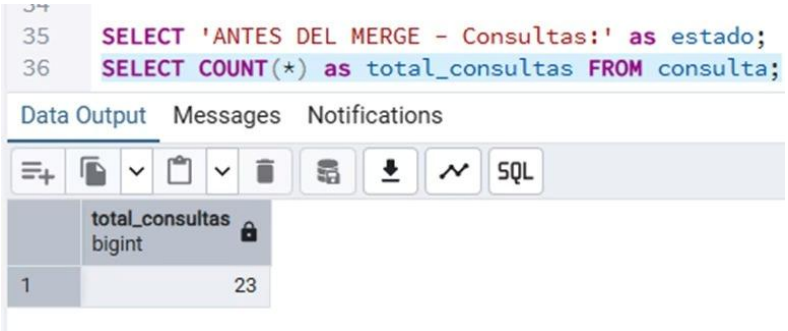


Ilustración 41.Ver estado actual de la tabla consulta antes del merge

Resultados del MERGE en Pacientes

Tras ejecutar la instrucción MERGE entre las tablas paciente_staging y paciente, se obtienen los siguientes resultados que reflejan el impacto del proceso de sincronización:

Resumen del MERGE

- 1 actualización
- ID 1: Se actualizó el nombre, teléfono y dirección de María González, ahora registrada como María González Pérez.
- También se actualizó el campo fecha_registro por cambio en el nombre.
- 1 inserción
- ID 4: Se insertó el nuevo paciente Pedro Morales, proveniente del sistema externo.
- 2 sin cambios
- ID 2: José Pérez no presentó diferencias; se mantuvo sin modificación.
- ID 3: Laura Sánchez no fue incluida en paciente_staging, por lo tanto no fue afectada.

```sql
-- 4. Ejecutar MERGE para sincronizar pacientes
MERGE INTO paciente AS target
USING paciente_staging AS source
ON target.id = source.id
WHEN MATCHED THEN
    UPDATE SET
        nombre = source.nombre,
        telefono = source.telefono,
        direccion = source.direccion,
        fecha_registro = CASE
            WHEN target.nombre != source.nombre THEN NOW()
            ELSE target.fecha_registro
        END
WHEN NOT MATCHED THEN
    INSERT (id, nombre, fecha_nacimiento, telefono, direccion, fecha_registro)
    VALUES (source.id, source.nombre, source.fecha_nacimiento, source.telefono, source.direccion, NOW());
```

Data Output | Messages | Notifications

```
MERGE 3

Query returned successfully in 157 msec.
```

Ilustración 42.Resultados del MERGE

```sql
Sql
MERGE INTO paciente AS target
USING paciente_staging AS source
ON target.id = source.id

-- Si el paciente ya existe, actualiza sus datos
WHEN MATCHED THEN
    UPDATE SET
        nombre = source.nombre,
        telefono = source.telefono,
        direccion = source.direccion,
        fecha_registro = CASE
            WHEN target.nombre != source.nombre THEN NOW()
            ELSE target.fecha_registro
        END

-- Si el paciente no existe, insértalo como nuevo
WHEN NOT MATCHED THEN
    INSERT (id, nombre, fecha_nacimiento, telefono, direccion,
fecha_registro)
    VALUES (
        source.id,
        source.nombre,
        source.fecha_nacimiento,
        source.telefono,
        source.direccion,
        NOW());
```

Verificación de Cambios Post-MERGE

Tras ejecutar el proceso de sincronización entre y , se realiza una verificación detallada para identificar qué registros fueron modificados, insertados o permanecieron sin cambios.

```
-- 5. Ver cambios
SELECT
    id,
    nombre,
    telefono,
    direccion,
    fecha_registro,
    CASE
        WHEN fecha_registro > NOW() - INTERVAL '1 minute' THEN '✅ ACTUALIZADO'
        ELSE '   Sin cambios'
    END as estado
FROM paciente
ORDER BY id;
```

Data Output | Messages | Notifications

Showing rows: 1 to 4

	id [PK] integer	nombre character varying (100)	telefono character varying (20)	direccion character varying (200)	fecha_registro timestamp without time zone	estado text
1	1	María González Pérez	0991-111-999	Ambato, Av. Cevallos 123	2025-11-04 22:11:09.031755	✅ ACTUALIZADO
2	2	José Pérez	0992-333-444	Ambato, Ficoa	2025-11-04 20:44:20.527109	Sin cambios
3	3	Laura Sánchez	0993-555-666	Ambato, La Merced	2025-11-04 20:44:20.527109	Sin cambios
4	4	Pedro Morales	0994-777-888	Ambato, Huachi	2025-11-04 22:11:09.031755	✅ ACTUALIZADO

Consulta de Verificación

sql

```sql
SELECT
    id,
    nombre,
    telefono,
    direccion,
    fecha_registro,
    CASE
        WHEN fecha_registro > NOW() - INTERVAL '1 minute' THEN '✅ ACTUALIZADO'
        ELSE '❌ Sin cambios'
    END AS estado
FROM paciente
ORDER BY id;
```

La verificación post-MERGE confirma que:
- Los cambios se aplicaron correctamente y de forma selectiva.
- La lógica condicional para actualizar fecha_registro funcionó según lo esperado.
- El sistema preserva la integridad de registros no afectados.

Este paso cierra el ciclo de sincronización con trazabilidad completa, validando la eficacia del proceso en entornos hospitalarios que integran datos externos

Resultados del MERGE en Consultas

Tras ejecutar el proceso de sincronización entre consulta_staging y la tabla principal consulta, se aplicó una lógica de negocio que valida la existencia de médicos y pacientes antes de actualizar o insertar registros. El resultado fue exitoso y se procesaron 2 registros.

Actualizaciones
- Se actualizó al menos 1 consulta existente, modificando campos como diagnóstico, tratamiento y costo.

Inserciones
- Se insertó al menos 1 nueva consulta, correspondiente a un paciente y médico válidos que no tenían registros previos con ese id.

Filtrado de registros inválidos
- La cláusula WHERE p.id IS NOT NULL AND m.id IS NOT NULL garantiza que solo se procesen consultas con médicos y pacientes existentes en el sistema.

Sql

```
MERGE INTO consulta AS target
USING (
    SELECT cs.*, p.id AS paciente_existe, m.id AS medico_existe
    FROM consulta_staging cs
    LEFT JOIN paciente p ON cs.paciente_id = p.id
    LEFT JOIN medico m ON cs.medico_id = m.id
    WHERE p.id IS NOT NULL AND m.id IS NOT NULL
) AS source
ON target.id = source.id
WHEN MATCHED THEN
    UPDATE SET
        diagnostico = source.diagnostico,
        tratamiento = source.tratamiento,
        costo = source.costo
WHEN NOT MATCHED THEN
    INSERT (medico_id, paciente_id, fecha_consulta, diagnostico,
tratamiento, costo)
    VALUES (
        source.medico_id,
        source.paciente_id,
        source.fecha_consulta,
        source.diagnostico,
        source.tratamiento,
        source.costo
    );
```

Este MERGE avanzado permite:
- Sincronización segura de datos clínicos desde sistemas externos.
- Validación de integridad referencial, evitando registros huérfanos.
- Actualización eficiente de consultas existentes y inserción controlada de nuevas atenciones.

Visualización de Merge

Visualización del resultado del MERGE aplicado a la tabla consulta, mostrando los 10 registros más recientes. Esta vista permite verificar que las nuevas consultas fueron insertadas correctamente y que los datos están sincronizados con médicos y pacientes válidos.

```sql
-- 7. Verificar resultado final
SELECT
    c.id,
    m.nombre as medico,
    p.nombre as paciente,
    c.diagnostico,
    c.costo,
    c.fecha_consulta
FROM consulta c
JOIN medico m ON c.medico_id = m.id
JOIN paciente p ON c.paciente_id = p.id
ORDER BY c.fecha_consulta DESC
LIMIT 10;
```

Data Output | Messages | Notifications

Showing rows:

	id integer	medico character varying (100)	paciente character varying (100)	diagnostico text	costo numeric (10,2)	fecha_consulta timestamp without time zone
1	25	Dra. Ana Flores	María González Pérez	Control pediátrico	40.00	[null]
2	24	Dr. Carlos Méndez	Pedro Morales	Chequeo general	30.00	[null]
3	22	Dra. Ana Flores	José Pérez	Consulta automatizada	30.59	2025-11-04 21:26:50.064806
4	19	Dr. Luis Rojas	María González Pérez	Consulta automatizada	63.87	2025-11-04 21:26:50.064806
5	20	Dr. Carlos Méndez	Laura Sánchez	Consulta automatizada	66.33	2025-11-04 21:26:50.064806
6	21	Dr. Luis Rojas	Laura Sánchez	Consulta automatizada	86.65	2025-11-04 21:26:50.064806
7	23	Dr. Carlos Méndez	María González Pérez	Consulta automatizada	30.98	2025-11-04 21:26:50.064806
8	17	Dr. Luis Rojas	José Pérez	Consulta automatizada	61.31	2025-11-04 21:26:10.285233
9	18	Dra. Ana Flores	José Pérez	Consulta automatizada	28.81	2025-11-04 21:26:10.285233
10	15	Dr. Luis Rojas	María González Pérez	Consulta automatizada	45.21	2025-11-04 21:26:10.285233

Sql

```sql
MERGE INTO consulta AS target
USING (
    SELECT
        cs.*,
        p.id AS paciente_existe,
        m.id AS medico_existe
    FROM consulta_staging cs
    LEFT JOIN paciente p ON cs.paciente_id = p.id
    LEFT JOIN medico m ON cs.medico_id = m.id
    WHERE p.id IS NOT NULL AND m.id IS NOT NULL   -- Solo registros válidos
) AS source
ON target.id = source.id

-- Si la consulta ya existe, actualiza diagnóstico, tratamiento y costo
WHEN MATCHED THEN
    UPDATE SET
        diagnostico = source.diagnostico,
        tratamiento = source.tratamiento,
        costo = source.costo

-- Si la consulta no existe, insértala como nueva
WHEN NOT MATCHED THEN
    INSERT (medico_id, paciente_id, fecha_consulta, diagnostico, tratamiento, costo)
```

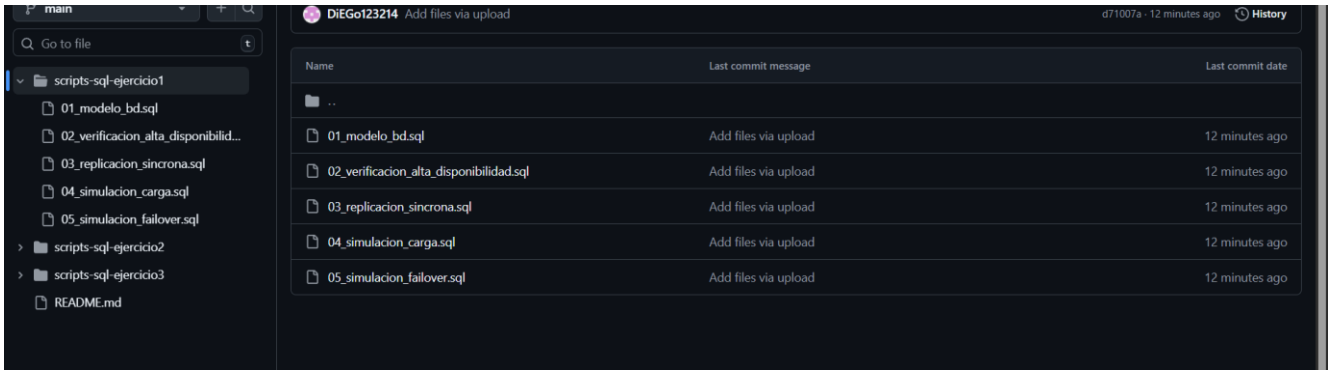
```
    VALUES (
        source.medico_id,
        source.paciente_id,
        source.fecha_consulta,
        source.diagnostico,
        source.tratamiento,
        source.costo
    );
```

Médicos y pacientes están correctamente vinculados, lo que confirma que la lógica de negocio del MERGE filtró registros inválidos

2.8 Habilidades blandas empleadas en la práctica

☒ Liderazgo
☒ Trabajo en equipo
☐ Comunicación asertiva
☐ La empatía
☐ Pensamiento crítico
☐ Flexibilidad
☐ La resolución de conflictos
☐ Adaptabilidad
☐ Responsabilidad

- El trabajo en equipo se realizó de forma colaborativa utilizando un repositorio de GitHub
  https://github.com/DiEGo123214/APE4.-REPLICACION-DE-DATOS



2.9 Conclusiones

- Cloud SQL con réplicas de lectura es una solución eficaz para escalar operaciones de consulta en entornos hospitalarios.
- El uso de MERGE con staging tables asegura una integración segura y controlada de datos externos.
- La arquitectura propuesta combina rendimiento, disponibilidad y consistencia eventual, cumpliendo con los requisitos de sistemas críticos de salud.
- El enfoque metodológico (scripts, evidencias, validaciones) garantiza reproducibilidad académica y aporta un marco sólido para futuros proyectos de integración de datos.

2.10 Recomendaciones

Las réplicas de lectura deben ser monitoreadas de forma constante para asegurar que la sincronización con la instancia primaria se mantenga estable. Es recomendable ejecutar las consultas pesadas únicamente en estas réplicas, descargando así la carga de la base principal y mejorando el rendimiento general del sistema.

En los procesos de MERGE es importante mantener reglas de negocio claras que validen la existencia de médicos y pacientes antes de insertar nuevas consultas. Esto garantiza la integridad referencial y evita registros huérfanos, además de asegurar que las actualizaciones se apliquen solo cuando existan cambios reales en los datos.

Finalmente, se recomienda reforzar la seguridad mediante el uso de IP privada, cifrado en tránsito y en reposo, y asignación de permisos mínimos necesarios a los usuarios. Estas medidas, junto con pruebas de carga y documentación clara de evidencias, consolidan un sistema hospitalario robusto, escalable y confiable

2.11 Referencias bibliográficas

[1] A. Silberschatz, H. F. Korth, and S. Sudarshan, Database System Concepts, 7th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2020.

[2] J. R. Caiza, "Grupo 3 Google Cloud," Materiales de las Clases, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. [Online]. Available: https://utaedu-my.sharepoint.com/personal/jr_caiza_uta_edu_ec/_layouts/15/Doc.aspx?sourcedoc={94232b21-cace-40b7-a07b-33131d8940b1}&action=edit&wd=target%28Materiales%20de%20las%20Clases.one%7Cc5436bf-9456-424d-bfc4-f167013c92d3%2FGrupo%203%20Google%20Cloud%7C0ebc3462-fb9f-4c57-9f40-ae4d9247b261%2F%29&wdorigin=NavigationUrl. [Accessed: Dec. 2, 2025].

2.12 Anexos