

# Guía de Operaciones de OmniPGW

**OmniPGW - Plano de Control de la Puerta de Enlace de Paquetes (PGW-C)**

*por Omnitouch Network Services*

---

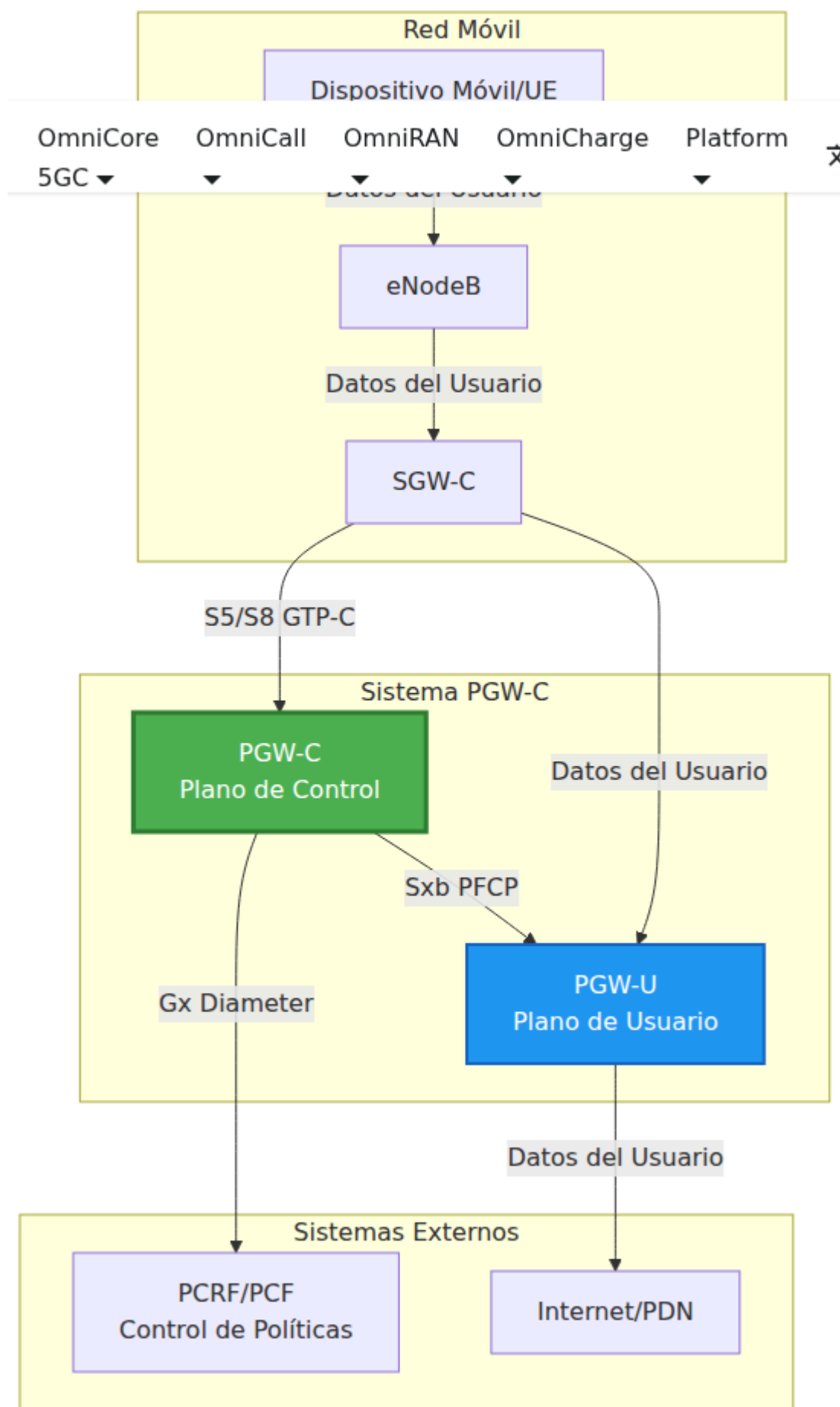
## Tabla de Contenidos

1. [Descripción General](#)
  2. [Arquitectura](#)
  3. [Interfaces de Red](#)
  4. [Conceptos Clave](#)
  5. [Introducción](#)
  6. [Configuración](#)
  7. [Interfaz Web - Panel de Operaciones en Tiempo Real](#)
  8. [Monitoreo y Métricas](#)
  9. [Documentación Detallada](#)
  10. [Recursos Adicionales](#)
- 

## Descripción General

**OmniPGW** es una implementación de alto rendimiento del Plano de Control de la Puerta de Enlace de Paquetes (PGW-C) para redes de Núcleo de Paquetes Evolucionado (EPC) LTE de 3GPP, desarrollado por Omnitouch Network Services. Gestiona las funciones del plano de control para sesiones de datos, incluyendo:

- **Gestión de Sesiones** - Creación, modificación y terminación de sesiones de datos de UE (Equipo de Usuario)
- **Asignación de Direcciones IP** - Asignación de direcciones IP a dispositivos móviles desde grupos configurados
- **Control de Políticas y Cargos** - Interfaz con PCRF para la aplicación de políticas y cargos
- **Coordinación del Plano de Usuario** - Control del PGW-U (Plano de Usuario) para el reenvío de paquetes



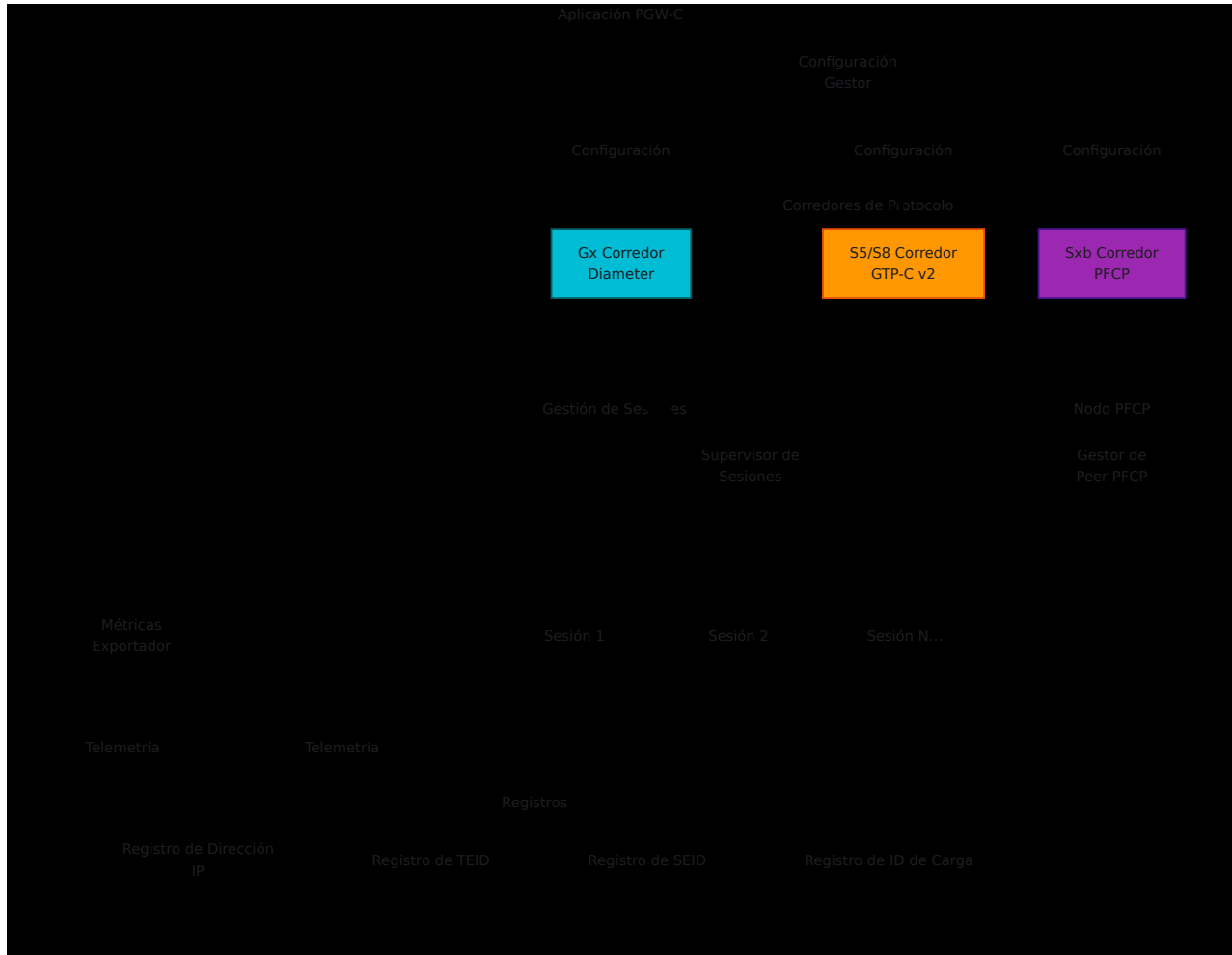
## Lo que hace PGW-C

- **Acepta solicitudes de sesión** de SGW-C a través de la interfaz S5/S8 (GTP-C)
  - **Asigna direcciones IP a UE** desde grupos de subred configurados
  - **Solicita decisiones de políticas** a PCRF a través de la interfaz Gx (Diameter)
  - **Programa reglas de reenvío** en PGW-U a través de la interfaz Sxb (PFCP)
  - **Gestiona la aplicación de QoS** a través de contextos de portadora y reglas de QoS
  - **Rastrea información de cargos** para sistemas de facturación
-



# Arquitectura

## Descripción General de Componentes



## Arquitectura de Procesos

PGW-C está construido sobre Elixir/OTP y utiliza una arquitectura de procesos supervisados:

- **Supervisor de Aplicación** - Supervisor de nivel superior que gestiona todos los componentes
- **Corredores de Protocolo** - Manejan mensajes de protocolo entrantes/salientes
- **Procesos de Sesión** - Un GenServer por cada conexión PDN activa
- **Registros** - Rastrea recursos asignados (IPs, TEIDs, SEIDs, etc.)

- **Gestor de Nodo PFCP** - Mantiene asociaciones PFCP con pares PGW-U

Cada componente está supervisado y se reiniciará automáticamente en caso de fallo, asegurando la fiabilidad del sistema.

---

## Interfaces de Red

PGW-C implementa tres interfaces principales de 3GPP:

### Interfaz S5/S8 (GTP-C v2)

**Propósito:** Señalización del plano de control entre SGW-C y PGW-C

**Protocolo:** GTP-C Versión 2 sobre UDP

**Mensajes Clave:**

- Solicitud/Respuesta de Creación de Sesión
- Solicitud/Respuesta de Eliminación de Sesión
- Solicitud/Respuesta de Creación de Portadora
- Solicitud/Respuesta de Eliminación de Portadora

**Configuración:** Ver [Configuración S5/S8](#)

### Interfaz Sxb (PFCP)

**Propósito:** Señalización del plano de control entre PGW-C y PGW-U

**Protocolo:** PFCP (Protocolo de Control de Reenvío de Paquetes) sobre UDP

**Mensajes Clave:**

- Solicitud/Respuesta de Configuración de Asociación
- Solicitud/Respuesta de Establecimiento de Sesión
- Solicitud/Respuesta de Modificación de Sesión
- Solicitud/Respuesta de Eliminación de Sesión

- Solicitud/Respuesta de Latido

**Configuración:** Ver [Documentación de la Interfaz PFCP/Sxb](#)

## Interfaz Gx (Diameter)

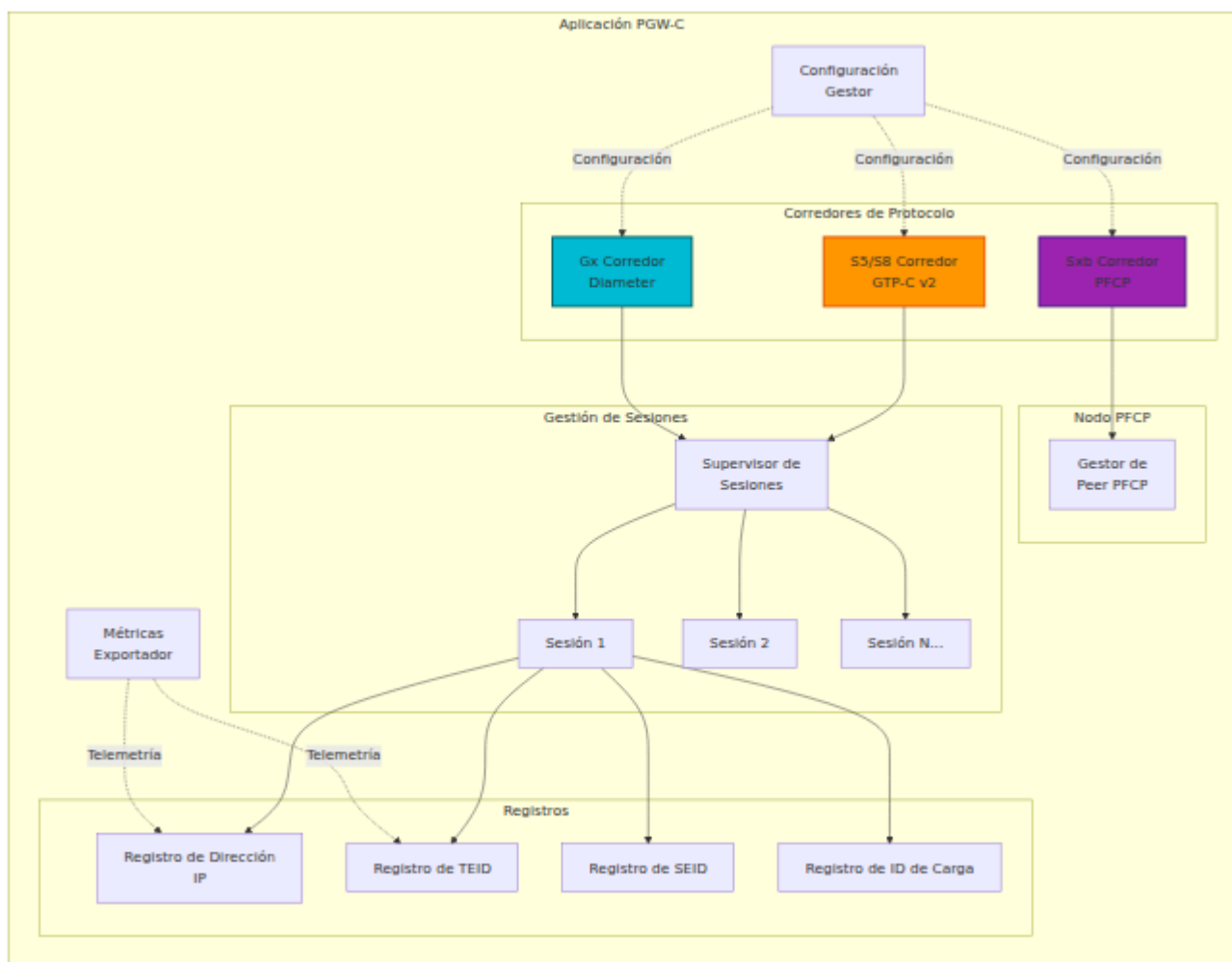
**Propósito:** Interfaz de la Función de Reglas de Políticas y Cargos (PCRF)

**Protocolo:** Diameter (IETF RFC 6733)

### Mensajes Clave:

- Solicitud/Respuesta de Control de Crédito Inicial (CCR-I/CCA-I)
- Solicitud/Respuesta de Control de Crédito de Terminación (CCR-T/CCA-T)

**Configuración:** Ver [Documentación de la Interfaz Diameter Gx](#)



# Conceptos Clave

## Sesión PDN

Una Sesión PDN (Red de Datos de Paquetes) representa la conexión de datos de un UE a una red externa (como Internet). Cada sesión tiene:

- **Dirección IP de UE** - Asignada desde un grupo de subred configurado
- **APN** (Nombre de Punto de Acceso) - Identifica la red externa
- **Contexto de Portadora** - Contiene parámetros de QoS e información de túnel
- **ID de Carga** - Identificador único para facturación
- **TEID** (ID de Punto de Finalización de Túnel) - Identificador de túnel de la interfaz S5/S8
- **SEID** (ID de Punto de Finalización de Sesión) - Identificador de sesión de la interfaz Sxb

## Contexto de Portadora

Una portadora representa un flujo de tráfico con características específicas de QoS:

- **Portadora Predeterminada** - Creada con cada sesión PDN
- **Portadoras Dedicadas** - Portadoras adicionales para necesidades específicas de QoS
- **EBI** (ID de Portadora EPS) - Identificador único para cada portadora
- **Parámetros de QoS** - QCI, ARP, tasas de bits (MBR, GBR)

## Reglas PFCP

El PGW-C programa el PGW-U con reglas de procesamiento de paquetes:

- **PDR** (Regla de Detección de Paquetes) - Coincide con paquetes (uplink/downlink)
- **FAR** (Regla de Acción de Reenvío) - Especifica el comportamiento de reenvío

- **QER** (Regla de Aplicación de QoS) - Aplica límites de tasa de bits
- **BAR** (Regla de Acción de Almacenamiento) - Controla el almacenamiento de paquetes

Ver [Documentación de la Interfaz PFCP](#) para más detalles.

## Asignación de Direcciones IP

Las direcciones IP de UE se asignan desde grupos de subred configurados:

- **Selección basada en APN** - Diferentes APNs pueden usar diferentes subredes
- **Asignación dinámica** - Selección aleatoria de IP del rango disponible
- **Asignación estática** - Soporte para direcciones IP solicitadas por UE
- **Detección de colisiones** - Asegura la asignación única de IP

Ver [Asignación de IP de UE](#) para configuración.

---

# Introducción

## Requisitos Previos

- Elixir ~1.16
- Erlang/OTP 26+
- Conectividad de red a SGW-C, PGW-U y PCRF
- Comprensión de la arquitectura EPC LTE

## Iniciando OmniPGW

1. **Configurar ajustes de tiempo de ejecución** en `config/runtime.exs`
2. **Compilar la aplicación:**

```
mix deps.get
mix compile
```

### 3. Iniciar la aplicación:

```
mix run --no-halt
```

## Verificando la Operación

Verifique los registros para confirmar el inicio exitoso:

```
[info] Iniciando OmniPGW...  
[info] Iniciando Exportador de Métricas en 127.0.0.42:42069  
[info] Iniciando Corredor S5/S8 en 127.0.0.10  
[info] Iniciando Corredor Sxb en 127.0.0.20  
[info] Iniciando Corredor Gx  
[info] Iniciando Gestor de Nodo PFCP  
[info] OmniPGW iniciado con éxito
```

Acceda a las métricas en <http://127.0.0.42:42069/metrics> (dirección configurada).

---

## Configuración

Toda la configuración de tiempo de ejecución se define en `config/runtime.exs`. La configuración está estructurada en varias secciones:

### Descripción General de la Configuración



## Referencia Rápida de Configuración

| Sección         | Propósito                               | Documentación                               |
|-----------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|
| <b>metrics</b>  | Exportador de métricas de Prometheus    | <a href="#">Guía de Monitoreo</a>           |
| <b>diameter</b> | Interfaz Gx a PCRF                      | <a href="#">Configuración Diameter Gx</a>   |
| <b>s5s8</b>     | Interfaz GTP-C a SGW-C                  | <a href="#">Configuración S5/S8</a>         |
| <b>sxb</b>      | Interfaz PFCP a PGW-U                   | <a href="#">Configuración PFCP</a>          |
| <b>ue</b>       | Pools de direcciones IP de UE           | <a href="#">Configuración de Pool de IP</a> |
| <b>pco</b>      | Opciones de Configuración de Protocolo  | <a href="#">Configuración PCO</a>           |
| <b>CDR</b>      | Cargos fuera de línea e informes de uso | <a href="#">Formato CDR</a>                 |

Consulte la [Guía Completa de Configuración](#) para información detallada.

---

## Interfaz Web - Panel de Operaciones en Tiempo Real

OmniPGW incluye una **Interfaz Web** integrada para monitoreo y operaciones en tiempo real, proporcionando visibilidad instantánea del estado del sistema sin necesidad de herramientas de línea de comandos o consultas de métricas.

## Accediendo a la Interfaz Web

```
http://<omnipgw-ip>:<web-port>/
```

### Páginas Disponibles:



| Página                       | URL              | Propósito                                           | Tasa de Actualización |
|------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------|
| <b>Búsqueda de UE</b>        | /ue_search       | Profundizar en sesiones de suscriptores específicas | Bajo demanda          |
| <b>Sesiones PGW</b>          | /pgw_sessions    | Ver todas las sesiones PDN activas                  | 2 segundos            |
| <b>Historial de Sesiones</b> | /session_history | Registro de auditoría de eventos de sesión          | 5 segundos            |
| <b>Topología de Red</b>      | /topology        | Vista visual de la topología de la red              | 5 segundos            |
| <b>Pools de IP</b>           | /ip_pools        | Utilización del pool de direcciones IP de UE        | 2 segundos            |
| <b>Sesiones PFCP</b>         | /pfcpsessions    | Ver sesiones PFCP con PGW-U                         | 2 segundos            |
| <b>Estado de UPF</b>         | /upf_status      | Monitorear asociaciones de pares PFCP               | 2 segundos            |
| <b>Selección de UPF</b>      | /upf_selection   | Ver reglas de selección de UPF y estado de P-CSCF   | Estático              |
| <b>Pares Diameter</b>        | /diameter        | Monitorear conectividad PCRF                        | 1 segundo             |

| Página                   | URL            | Propósito                               | Tasa de Actualización |
|--------------------------|----------------|-----------------------------------------|-----------------------|
| <b>Monitor de P-CSCF</b> | /pcscf_monitor | Estado de descubrimiento DNS de P-CSCF  | 5 segundos            |
| <b>Simulador Gy</b>      | /gy_simulator  | Probar cargos en línea Gy/Ro            | Bajo demanda          |
| <b>Torres de Celular</b> | /cell_towers   | Navegar por la base de datos OpenCellID | Estático              |
| <b>Registros</b>         | /logs          | Transmisión de registros en tiempo real | En vivo               |

## Características Clave

### Actualizaciones en Tiempo Real:

- Todas las páginas se actualizan automáticamente (sin necesidad de recarga manual)
- Transmisión de datos en vivo desde los procesos de OmniPGW
- Indicadores de estado codificados por colores (verde/rojo)

### Búsqueda y Filtrado:

- Buscar sesiones por IMSI, IP, MSISDN o APN
- Filtrado instantáneo sin recarga de página

### Detalles Expandibles:

- Haga clic en cualquier fila para ver detalles completos
- Inspeccionar el estado completo de la sesión
- Ver configuración y capacidades del par

## **Sin Autenticación Requerida (Uso Interno):**

- Acceso directo desde la red de gestión
- Diseñado para uso del equipo de NOC/operaciones
- Vincular solo a la IP de gestión por seguridad

## **Flujos de Trabajo Operativos**

### **Solución de Problemas de Sesiones (Profundización):**

1. El usuario informa un problema de conexión
2. Abrir la página de Búsqueda de UE (/ue\_search)
3. Buscar por IMSI, MSISDN o dirección IP
4. Revisar detalles completos de la sesión:
  - a) Sesiones Activas - Verificar que la sesión exista con los parámetros correctos
  - b) Ubicación Actual - Verificar TAC, ID de Celda, ubicación geográfica
  - c) Información de Portadora - Verificar portadoras predeterminadas y dedicadas
    - QCI, MBR/GBR, Nombres de Reglas de Carga
    - Límites APN-AMBR
  - d) Información de Carga - ID de sesión Gy, estado de cuota
  - e) Información de Políticas - sesión Gx, reglas PCC instaladas
  - f) Eventos Recientes - historial de sesión y cambios de estado
5. Si no se encuentra la sesión → Verificar la página de Diameter para conectividad PCRF
6. Si hay problemas de ubicación → Verificar datos de torres de celular en la sección de Ubicación Actual

### **Búsqueda Rápida de Sesiones:**

1. El usuario informa un problema
2. Abrir la página de Sesiones PGW (/pgw\_sessions)
3. Buscar por IMSI o número de teléfono
4. Verificar que la sesión exista con detalles básicos:
  - Dirección IP de UE asignada
  - Parámetros de QoS
  - Puntos de finalización de túnel establecidos
5. Para un análisis detallado → Haga clic en la sesión para expandir o use Búsqueda de UE

### **Chequeo de Salud del Sistema:**

1. Abrir la página de Estado de UPF → Verificar que todos los pares PGW-U estén "Asociados"
2. Abrir la página de Diameter → Verificar que todos los pares PCRF estén "Conectados"
3. Abrir Sesiones PGW → Verificar el conteo de sesiones activas frente a la capacidad

### **Monitoreo de Capacidad:**

- Echar un vistazo al conteo de Sesiones PGW
- Comparar con la capacidad licenciada/esperada
- Identificar momentos de uso máximo
- Monitorear la distribución entre APNs

## **Interfaz Web vs. Métricas**

### **Utilice la Interfaz Web para:**

- Profundizar en la solución de problemas de suscriptores (Búsqueda de UE)
- Detalles de sesiones individuales e inspección de estado
- Estado en tiempo real de pares (PFCP, Diameter)
- Comprobaciones rápidas de salud en todas las interfaces
- Solución de problemas de usuarios específicos por IMSI/MSISDN/IP
- Verificación de ubicación geográfica (integración de Torres de Celular)
- Análisis de QoS de portadoras (MBR, GBR, QCI)

- Inspección de reglas de políticas y cargos
- Historial de sesiones y registros de auditoría
- Monitoreo de capacidad de pools de IP
- Verificación de configuración y reglas

### Utilice las Métricas de Prometheus para:

- Tendencias históricas
- Alertas y notificaciones
- Gráficos de planificación de capacidad
- Análisis de rendimiento
- Monitoreo a largo plazo

**Mejor Práctica:** Utilice ambos juntos - Interfaz Web para operaciones inmediatas, Prometheus para tendencias y alertas.

---

## Monitoreo y Métricas

Además de la Interfaz Web, OmniPGW expone métricas compatibles con Prometheus para monitoreo:

### Métricas Disponibles

- **Métricas de Sesión**

- `teid_registry_count` - Sesiones S5/S8 activas
- `seid_registry_count` - Sesiones PFCP activas
- `session_id_registry_count` - Sesiones Gx activas
- `address_registry_count` - Direcciones IP de UE asignadas
- `charging_id_registry_count` - IDs de carga activos

- **Métricas de Mensajes**

- `s5s8_inbound_messages_total` - Mensajes GTP-C recibidos
- `sxb_inbound_messages_total` - Mensajes PFCP recibidos

- `gx_inbound_messages_total` - Mensajes Diameter recibidos
- Distribuciones de duración del manejo de mensajes

- **Métricas de Errores**

- `s5s8_inbound_errors_total` - Errores de protocolo S5/S8
- `sxb_inbound_errors_total` - Errores de protocolo PFCP
- `gx_inbound_errors_total` - Errores de Diameter

## Accediendo a las Métricas

Las métricas se exponen a través de HTTP en el punto final configurado:

```
curl http://127.0.0.42:42069/metrics
```

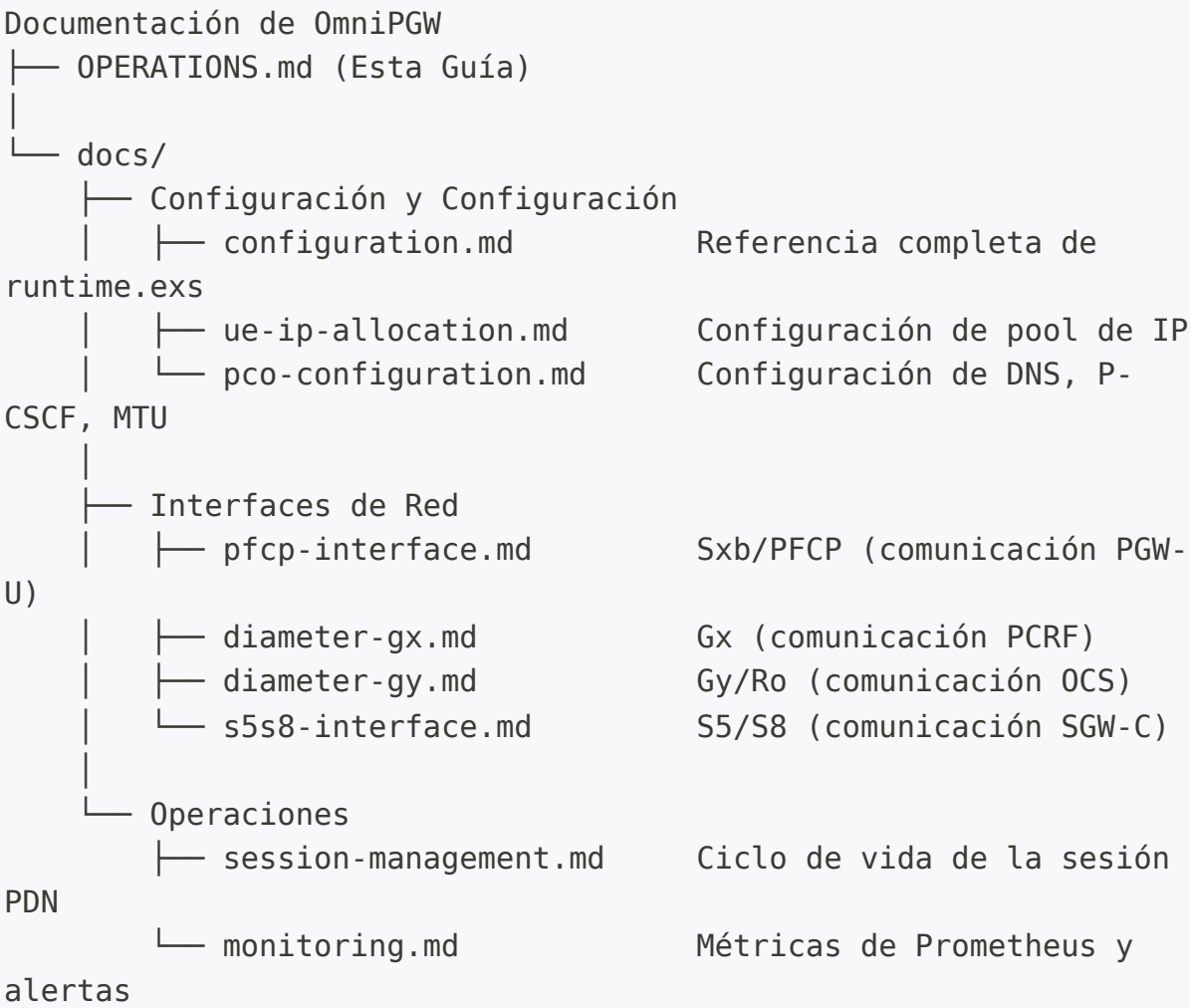
Consulte la **Guía de Monitoreo y Métricas** para la configuración del panel y alertas.

---

## Documentación Detallada

Esta sección proporciona una visión general completa de toda la documentación de OmniPGW. Los documentos están organizados por tema y caso de uso.

# Estructura de la Documentación



## Documentación por Tema

### □ Introducción

| Documento            | Descripción                                    | Propósito                      |
|----------------------|------------------------------------------------|--------------------------------|
| <b>OPERATIONS.md</b> | Guía principal de operaciones (este documento) | Visión general y inicio rápido |

### ⚙ Configuración

| Documento                   | Descripción                                               | Líneas |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------|--------|
| <b>configuration.md</b>     | Referencia completa de runtime.exs                        | 1,600+ |
| <b>ue-ip-allocation.md</b>  | Gestión y asignación de pool de IP de UE                  | 943    |
| <b>pco-configuration.md</b> | Opciones de Configuración de Protocolo (DNS, P-CSCF, MTU) | 344    |

## □ Interfaces de Red

| Documento                | Descripción                                        | Líneas |
|--------------------------|----------------------------------------------------|--------|
| <b>pfcg-interface.md</b> | Interfaz PFCP/Sxb a PGW-U                          | 1,355  |
| <b>diameter-gx.md</b>    | Interfaz Diameter Gx a PCRF (Control de Políticas) | 941    |
| <b>diameter-gy.md</b>    | Interfaz Diameter Gy/Ro a OCS (Carga en Línea)     | 1,100+ |
| <b>s5s8-interface.md</b> | Interfaz GTP-C S5/S8 a SGW-C                       | 456    |

## □ Operaciones y Monitoreo



| Documento                    | Descripción                                                        | Líneas |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>session-management.md</b> | Ciclo de vida y operaciones de la sesión PDN                       | 435    |
| <b>monitoring.md</b>         | Métricas de Prometheus, paneles de Grafana, alertas                | 807    |
| <b>data-cdr-format.md</b>    | Formato de archivo CDR, configuración de URR, carga fuera de línea | 847    |
| <b>qos-bearers.md</b>        | Gestión de QoS y portadoras, control de políticas                  | 448    |
| <b>troubleshooting.md</b>    | Procedimientos de solución de problemas y problemas comunes        | 687    |

## ▣ Características Avanzadas

| Documento                  | Descripción                                   | Líneas |
|----------------------------|-----------------------------------------------|--------|
| <b>pcscf-monitoring.md</b> | Descubrimiento y monitoreo de salud de P-CSCF | 894    |

## Características de la Documentación

### ▣ Diagramas Mermaid

Todos los documentos incluyen **gráficos de Mermaid** para una comprensión visual:

- Diagramas de arquitectura
- Diagramas de secuencia (flujos de mensajes)
- Máquinas de estado
- Topología de red

## □ Ejemplos Prácticos

Cada documento incluye:

- Ejemplos de configuración del mundo real
- Configuraciones listas para copiar y pegar
- Casos de uso comunes

## □ Solución de Problemas

Cada documento de interfaz incluye:

- Problemas comunes y soluciones
- Comandos de depuración
- Métricas para diagnóstico

## □ Referencias Cruzadas

Los documentos están extensamente interconectados para una fácil navegación.

# Rutas de Lectura

## Para Operadores de Red

1. [OPERATIONS.md](#) - Visión general (este documento)
2. [configuration.md](#) - Configuración
3. [monitoring.md](#) - Monitoreo
4. [session-management.md](#) - Operaciones diarias

## Para Ingenieros de Red

1. [OPERATIONS.md](#) - Visión general de la arquitectura (este documento)
2. [pfcg-interface.md](#) - Control del plano de usuario
3. [diameter-gx.md](#) - Control de políticas
4. [diameter-gy.md](#) - Carga en línea
5. [s5s8-interface.md](#) - Gestión de sesiones
6. [ue-ip-allocation.md](#) - Gestión de IP

## Para Configuración y Despliegue

1. [configuration.md](#) - Referencia completa
2. [ue-ip-allocation.md](#) - Pools de IP
3. [pco-configuration.md](#) - Parámetros de red
4. [monitoring.md](#) - Configurar monitoreo

## Estadísticas del Documento

- **Total de Documentos:** 14
- **Total de Líneas:** ~10,900+
- **Tamaño Total:** ~265 KB
- **Diagramas Mermaid:** 75+
- **Ejemplos de Código:** 150+

## Conceptos Clave Cubiertos

### Arquitectura

- □ Separación de plano de control/plano de usuario
- □ Arquitectura OTP/Elixir
- □ Supervisión de procesos
- □ Sesiones basadas en GenServer

### Protocolos

- □ PFCP (Protocolo de Control de Reenvío de Paquetes)
- □ GTP-C v2 (Protocolo de Túneles GPRS)
- □ Diameter (RFC 6733)

### Interfaces 3GPP

- □ Sxb (PGW-C ↔ PGW-U)
- □ Gx (PGW-C ↔ PCRF)
- □ Gy/Ro (PGW-C ↔ OCS)
- □ S5/S8 (SGW-C ↔ PGW-C)

## Operaciones

- ☐ Gestión de sesiones
  - ☐ Estrategias de asignación de IP
  - ☐ Aplicación de QoS
  - ☐ Integración de cargos
  - ☐ Monitoreo y alertas
- 

# Recursos Adicionales

## Especificaciones 3GPP

| Especificación | Título                                      |
|----------------|---------------------------------------------|
| TS 29.274      | GTP-C v2 (interfaz S5/S8)                   |
| TS 29.244      | PCF (interfaz Sx-b)                         |
| TS 29.212      | Interfaz Diameter Gx (Control de Políticas) |
| TS 32.299      | Aplicaciones de Carga Diameter (Gy/Ro)      |
| TS 32.251      | Cargos en dominio de Paquetes Conmutados    |
| TS 23.401      | Arquitectura EPC                            |

## Documentación Relacionada

- Archivo de configuración: [config/runtime.exs](#)
-

# Guía de Configuración de OmniPGW

**Referencia Completa para la Configuración de runtime.exs**

*por Omnitouch Network Services*

---

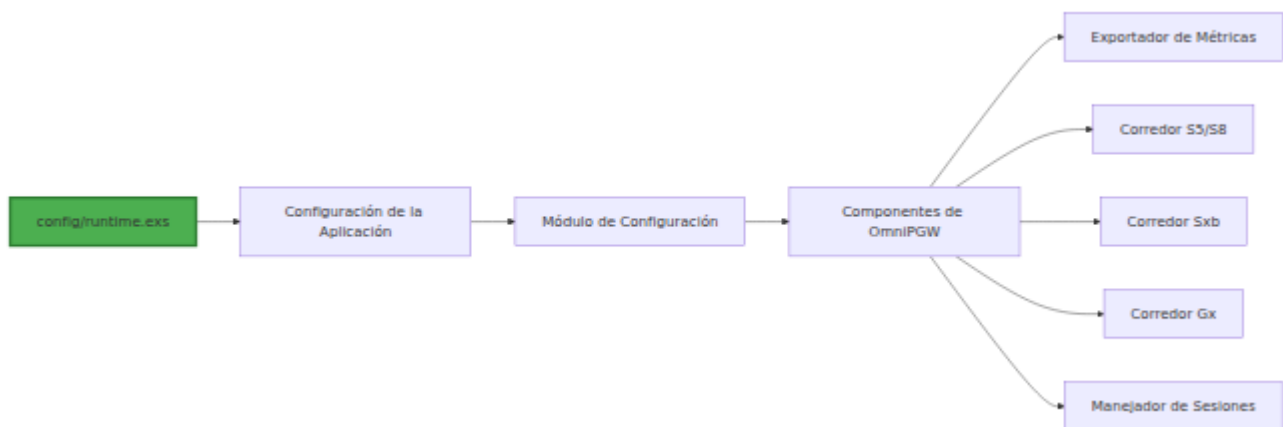
## Tabla de Contenidos

1. Descripción General
  2. Estructura del Archivo de Configuración
  3. Configuración de Métricas
  4. Configuración de Diameter/Gx
  5. Configuración de S5/S8
  6. Configuración de Gn/Gp (GGSN)
  7. Configuración de Sxb/PFCP
    - Estrategias de Selección de UPF
    - Balanceo de Carga con Grupos de UPF
    - Selección Basada en DNS
    - Modo de Prueba
  8. Configuración del Pool de IP de UE
  9. Configuración de PCO
  10. Configuración de la Interfaz Web
  11. Ejemplo Completo
  12. Validación de la Configuración
-

# Descripción General

OmniPGW utiliza **configuración en tiempo de ejecución** definida en `config/runtime.exs`. Este archivo se evalúa en el **inicio de la aplicación** y permite una configuración dinámica basada en variables de entorno o fuentes externas.

## Filosofía de Configuración



### Principios Clave:

- **Fuente Única de Verdad** - Toda la configuración en un solo archivo
  - **Seguridad de Tipo** - Configuración validada al inicio
  - **Flexibilidad de Entorno** - Soporte para desarrollo, pruebas, producción
  - **Valores Predeterminados Claros** - Valores predeterminados sensatos con sobrescrituras explícitas
-

# Estructura del Archivo de Configuración

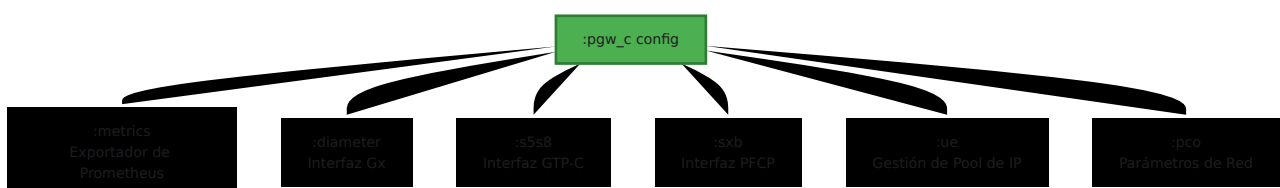
## Ubicación del Archivo

```
pgw_c/  
├─ config/  
│   ├─ config.exs      # Configuración base (importa  
runtime.exs)  
│   ├─ dev.exs         # Configuración específica de  
desarrollo  
│   └─ prod.exs        # Configuración específica de  
producción  
└─ runtime.exs        # ← Archivo de configuración principal
```

## Estructura de Nivel Superior

```
# config/runtime.exs  
import Config  
  
config :logger, level: :info  
  
config :pgw_c,  
  metrics: %{...},  
  diameter: %{...},  
  s5s8: %{...},  
  sxb: %{...},  
  ue: %{...},  
  pco: %{...}
```

## Secciones de Configuración



---

# Configuración de Métricas

## Propósito

Configurar el exportador de métricas de Prometheus para monitorear OmniPGW.

## Bloque de Configuración

```
config :pgw_c,  
  metrics: %{  
    # Habilitar/deshabilitar exportador de métricas  
    enabled: true,  
  
    # Dirección IP para enlazar el servidor HTTP  
    ip_address: "0.0.0.0",  
  
    # Puerto para el endpoint de métricas  
    port: 9090,  
  
    # Cada cuánto tiempo sondear los registros (milisegundos)  
    registry_poll_period_ms: 10_000  
  }
```



## Parámetros

| Parámetro                            | Tipo        | Predeterminado         | Descripción                                          |
|--------------------------------------|-------------|------------------------|------------------------------------------------------|
| <code>enabled</code>                 | Booleano    | <code>true</code>      | Habilitar exportador de métricas                     |
| <code>ip_address</code>              | Cadena (IP) | <code>"0.0.0.0"</code> | Dirección de enlace (0.0.0.0 = todas las interfaces) |
| <code>port</code>                    | Entero      | <code>9090</code>      | Puerto HTTP para el endpoint <code>/metrics</code>   |
| <code>registry_poll_period_ms</code> | Entero      | <code>10_000</code>    | Intervalo de sondeo para conteos de registro         |

## Ejemplos

### Producción - Enlazar a IP específica:

```
metrics: %{\n  enabled: true,\n  ip_address: "10.0.0.20",  # Red de gestión\n  port: 9090,\n  registry_poll_period_ms: 5_000  # Sondear cada 5 segundos\n}
```

### Desarrollo - Solo localhost:

```
metrics: %{
  enabled: true,
  ip_address: "127.0.0.1",
  port: 42069, # Puerto no estándar
  registry_poll_period_ms: 10_000
}
```

### Deshabilitar métricas:

```
metrics: %{
  enabled: false
}
```

## Accediendo a Métricas

```
# Endpoint predeterminado
curl http://<ip_address>:<port>/metrics

# Ejemplo
curl http://10.0.0.20:9090/metrics
```

**Ver:** [Guía de Monitoreo y Métricas](#) para documentación detallada sobre métricas.

---

# Configuración de Diameter/Gx

## Propósito

Configurar el protocolo Diameter para la interfaz Gx (comunicación PCRF).

# Bloque de Configuración

```
config :pgw_c,  
  diameter: %{  
    # Dirección IP para escuchar conexiones Diameter  
    listen_ip: "0.0.0.0",  
  
    # Identidad Diameter de OmniPGW (Origin-Host)  
    host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",  
  
    # Dominio Diameter de OmniPGW (Origin-Realm)  
    realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",  
  
    # Lista de pares PCRF  
    peer_list: [  
      %{  
        # Identidad Diameter PCRF  
        host: "pcrf.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",  
  
        # Dominio PCRF  
        realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",  
  
        # Dirección IP PCRF  
        ip: "10.0.0.30",  
  
        # Iniciar conexión con PCRF  
        initiate_connection: true  
      }  
    ]  
  }  
}
```

## Parámetros

| Parámetro              | Tipo             | Requerido | Descripción                            |
|------------------------|------------------|-----------|----------------------------------------|
| <code>listen_ip</code> | Cadena (IP)      | Sí        | Dirección de escucha Diameter          |
| <code>host</code>      | Cadena (FQDN)    | Sí        | Origin-Host de OmniPGW (debe ser FQDN) |
| <code>realm</code>     | Cadena (Dominio) | Sí        | Origin-Realm de OmniPGW                |
| <code>peer_list</code> | Lista            | Sí        | Configuraciones de pares PCRF          |

### Configuración de Pares:

| Parámetro                        | Tipo             | Requerido | Descripción                  |
|----------------------------------|------------------|-----------|------------------------------|
| <code>host</code>                | Cadena (FQDN)    | Sí        | Identidad Diameter PCRF      |
| <code>realm</code>               | Cadena (Dominio) | Sí        | Dominio PCRF                 |
| <code>ip</code>                  | Cadena (IP)      | Sí        | Dirección IP PCRF            |
| <code>initiate_connection</code> | Booleano         | Sí        | Si OmniPGW se conecta a PCRF |

## Formato FQDN

Las identidades Diameter **DEBEN** ser FQDN:

```
# CORRECTO
host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org"

# INCORRECTO
host: "omnipgw"           # No es un FQDN
host: "10.0.0.20"        # IP no permitida
```

## Formato 3GPP:

```
<hostname>.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.3gppnetwork.org
```

Ejemplos:

- omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org (MCC=001, MNC=001)
- pgw-c.epc.mnc260.mcc310.3gppnetwork.org (MCC=310, MNC=260 - T-Mobile EE. UU.)

## Ejemplos

### Un solo PCRF:

```
diameter: %{
  listen_ip: "0.0.0.0",
  host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  peer_list: [
    %{
      host: "pcrf.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      ip: "10.0.0.30",
      initiate_connection: true
    }
  ]
}
```

### Múltiples PCRFs (Redundancia):

```
diameter: %{
  listen_ip: "0.0.0.0",
  host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  peer_list: [
    %{
      host: "pcrf-primary.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      ip: "10.0.1.30",
      initiate_connection: true
    },
    %{
      host: "pcrf-backup.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      ip: "10.0.2.30",
      initiate_connection: true
    }
  ]
}
```

### Conexión Iniciada por PCRF:

```
diameter: %{
  listen_ip: "0.0.0.0",
  host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  peer_list: [
    %{
      host: "pcrf.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      ip: "10.0.0.30",
      initiate_connection: false # Esperar a que PCRF se conecte
    }
  ]
}
```

**Ver:** [Documentación de la Interfaz Diameter Gx](#)

---

# Configuración de S5/S8

## Propósito

Configurar la interfaz GTP-C para la comunicación con SGW-C.

## Bloque de Configuración

```
config :pgw_c,  
  s5s8: %{  
    # Dirección IPv4 local para la interfaz S5/S8  
    local_ipv4_address: "10.0.0.20",  
  
    # Opcional: Dirección IPv6 local  
    local_ipv6_address: nil,  
  
    # Opcional: Sobrescribir el puerto GTP-C predeterminado (2123)  
    local_port: 2123,  
  
    # Tiempo de espera de solicitud GTP-C en milisegundos  
    (predeterminado: 500ms)  
    # Tiempo de espera por intento al esperar respuestas GTP-C  
    request_timeout_ms: 500,  
  
    # Número de intentos de reintento para solicitudes GTP-C  
    (predeterminado: 3)  
    # Tiempo máximo total de espera = request_timeout_ms *  
    request_attempts  
    request_attempts: 3  
  }
```

## Parámetros

| Parámetro                       | Tipo          | Predeterminado    | Descripción                                               |
|---------------------------------|---------------|-------------------|-----------------------------------------------------------|
| <code>local_ipv4_address</code> | Cadena (IPv4) | Requerido         | Dirección IPv4 de la interfaz S5/S8                       |
| <code>local_ipv6_address</code> | Cadena (IPv6) | <code>nil</code>  | Dirección IPv6 de la interfaz S5/S8 (opcional)            |
| <code>local_port</code>         | Entero        | <code>2123</code> | Puerto UDP para GTP-C (puerto estándar 2123)              |
| <code>request_timeout_ms</code> | Entero        | <code>500</code>  | Tiempo de espera por intento de reintento en milisegundos |
| <code>request_attempts</code>   | Entero        | <code>3</code>    | Número de intentos de reintento antes de rendirse         |

## Detalles del Protocolo

- **Protocolo:** GTP-C Versión 2
- **Transporte:** UDP
- **Puerto Estándar:** 2123
- **Dirección:** Recibe de SGW-C

## Ejemplos

**Solo IPv4 (Común):**



```
s5s8: %{\n  local_ipv4_address: "10.0.0.20"\n}
```

### **IPv4 + IPv6 Dual-Stack:**

```
s5s8: %{\n  local_ipv4_address: "10.0.0.20",\n  local_ipv6_address: "2001:db8::20"\n}
```

### **Puerto Personalizado (No Estándar):**

```
s5s8: %{\n  local_ipv4_address: "10.0.0.20",\n  local_port: 2124 # Puerto personalizado\n}
```

### **Red de Alta Latencia:**

```
s5s8: %{\n  local_ipv4_address: "10.0.0.20",\n  request_timeout_ms: 1500, # 1.5 segundos por intento\n  request_attempts: 3      # Total: 4.5 segundos como máximo\n}
```

## **Configuración de Tiempo de Espera**

La interfaz S5/S8 utiliza tiempos de espera configurables para transacciones de solicitud/respuesta GTP-C (Crear Solicitud de Bearer, Eliminar Solicitud de Bearer).

### **Cálculo del Tiempo Total de Espera:**

Tiempo Máximo Total de Espera = request\_timeout\_ms × request\_attempts  
Predeterminado: 500ms × 3 = 1.5 segundos

### Directrices de Ajuste:

| Latencia de Red        | Tiempo de Espera Recomendado | Tiempo Total de Espera |
|------------------------|------------------------------|------------------------|
| Baja latencia (<50ms)  | 200-300ms                    | 600-900ms              |
| Normal (50-150ms)      | 500ms (predeterminado)       | 1.5s                   |
| Alta latencia (>150ms) | 1000-2000ms                  | 3-6s                   |
| Satélite/inestable     | 2000-3000ms                  | 6-9s                   |

### Cuándo Ajustar:

- **Aumentar el tiempo de espera** si se ven frecuentes errores de "Solicitud de Bearer creada a tiempo de espera" pero Wireshark muestra que las respuestas llegan
- **Disminuir el tiempo de espera** para una detección de fallos más rápida en entornos de baja latencia
- **Aumentar los intentos de reintento** para redes poco fiables con pérdida de paquetes

### Comportamiento del Tiempo de Espera:

- En caso de tiempo de espera, se registra un error: "Solicitud de Bearer creada a tiempo de espera"
- Error de Diameter devuelto al PCRF: Código de Resultado 5012 (UNABLE\_TO\_COMPLY)
- El Bearer permanece en almacenamiento temprano para limpieza cuando llega Charging-Rule-Remove

# Planificación de Red

## Selección de Dirección IP:

- Utilizar una red de gestión/señalización dedicada
- Asegurar la accesibilidad desde todos los nodos SGW-C
- Considerar redundancia (VRRP/HSRP) para HA

## Reglas de Firewall:

```
# Permitir GTP-C desde SGW-C  
iptables -A INPUT -p udp --dport 2123 -s <sgw_c_network> -j ACCEPT
```

---

# Configuración de Gn/Gp (GGSN)

## Propósito

Configurar la interfaz GTP-C v1 para la comunicación con SGSNs, habilitando la funcionalidad de GGSN para redes 2G/3G.

## Bloque de Configuración

```
config :pgw_c,  
  gn: %{  
    # Dirección IPv4 local para la interfaz Gn  
    local_ipv4_address: "10.0.0.20",  
  
    # Opcional: Dirección IPv6 local (la mayoría de las redes  
    2G/3G son solo IPv4)  
    local_ipv6_address: nil,  
  
    # Puerto GTP-C (compartido con S5/S8)  
    local_port: 2123  
  },  
  
  # Servidores DNS devueltos en PC0 (compartidos con S5/S8)  
  dns: %{  
    primary_ipv4: {8, 8, 8, 8},  
    secondary_ipv4: {8, 8, 4, 4}  
  }
```

# Parámetros

| Parámetro                       | Tipo          | Predeterminado    | Descripción                                                      |
|---------------------------------|---------------|-------------------|------------------------------------------------------------------|
| <code>local_ipv4_address</code> | Cadena (IPv4) | Requerido         | Dirección IPv4 de la interfaz Gn (dirección GGSN)                |
| <code>local_ipv6_address</code> | Cadena (IPv6) | <code>nil</code>  | Dirección IPv6 de la interfaz Gn (opcional, raramente utilizada) |
| <code>local_port</code>         | Entero        | <code>2123</code> | Puerto UDP para GTP-C v1 (compartido con S5/S8)                  |

# Parámetros DNS

| Parámetro                   | Tipo  | Predeterminado            | Descripción                                   |
|-----------------------------|-------|---------------------------|-----------------------------------------------|
| <code>primary_ipv4</code>   | Tupla | <code>{8, 8, 8, 8}</code> | Servidor DNS primario para la respuesta PCO   |
| <code>secondary_ipv4</code> | Tupla | <code>{8, 8, 4, 4}</code> | Servidor DNS secundario para la respuesta PCO |

# Detalles del Protocolo

- **Protocolo:** GTP-C Versión 1 (3GPP TS 29.060)
- **Transporte:** UDP
- **Puerto Estándar:** 2123 (compartido con GTP-C v2)
- **Dirección:** Recibe de SGSNs

## Coexistencia con S5/S8

OmniPGW puede operar como PGW (4G) y GGSN (2G/3G) simultáneamente:

- Ambas interfaces comparten el puerto UDP 2123
- La versión GTP se detecta automáticamente a partir de los encabezados de mensaje
- La misma dirección IP puede servir tanto tráfico 4G como 2G/3G
- Infraestructura compartida: pools de IP, UPF/PFCP, carga en línea

**Ver:** [Documentación de la Interfaz Gn/Gp](#)

---

## Configuración de Sxb/PFCP

### Propósito

Configurar la interfaz PFCP para la comunicación con PGW-U (Plano de Usuario).

### Bloque de Configuración

```
config :pgw_c,  
  sxb: %{  
    # Dirección IP local para la comunicación PFCP  
    local_ip_address: "10.0.0.20",  
  
    # Opcional: Sobrescribir el puerto PFCP predeterminado (8805)  
    local_port: 8805  
  }
```

## Parámetros

| Parámetro                     | Tipo        | Predeterminado    | Descripción               |
|-------------------------------|-------------|-------------------|---------------------------|
| <code>local_ip_address</code> | Cadena (IP) | Requerido         | Dirección de escucha PFCP |
| <code>local_port</code>       | Entero      | <code>8805</code> | Puerto UDP PFCP           |

### Importante:

- **Todos los pares UPF se registran automáticamente** desde la configuración de `upf_selection` (reglas + pool de respaldo) al inicio
- Los UPFs registrados automáticamente utilizan valores predeterminados sensatos:
  - Nombre generado automáticamente: `"UPF-<ip>:<port>"`
  - Asociación PFCP pasiva (esperar a que UPF inicie)
  - Intervalo de latido de 5 segundos
- Las reglas de selección de UPF y los pools se configuran en la sección separada `upf_selection`. Ver [Estrategias de Selección de UPF](#) a continuación.
- Se admite el registro dinámico de UPF para UPFs descubiertos por DNS que no están en la configuración

## Ejemplos

### Configuración Mínima:

```
sxb: %{  
  local_ip_address: "10.0.0.20"  
}  
  
# Todos los UPFs en upf_selection se registrarán automáticamente  
con:  
# - Nombre generado automáticamente: "UPF-10.0.0.21:8805"  
# - Asociación PFCP pasiva (esperar a que UPF se conecte)  
# - Intervalo de latido de 5 segundos
```

### **Puerto PFCP Personalizado:**

```
sxb: %{  
  local_ip_address: "10.0.0.20",  
  local_port: 8806 # Puerto PFCP no estándar  
}
```

### **Ejemplo Completo con Selección de UPF:**



```
sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20"
},
upf_selection: %{
  rules: [
    %{
      name: "Pool IMS",
      priority: 10,
      match_field: :apn,
      match_regex: ~r/^ims$/,
      upf_pool: [
        %{remote_ip_address: "10.0.1.21", remote_port: 8805,
weight: 100},
        %{remote_ip_address: "10.0.1.22", remote_port: 8805,
weight: 100}
      ]
    }
  ],
  fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.2.21", remote_port: 8805, weight:
100}
  ]
}
# Todos los 3 UPFs (10.0.1.21, 10.0.1.22, 10.0.2.21) se registran
automáticamente
```

### **Selección Basada en DNS (Registro Dinámico):**

```
sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20"
},
upf_selection: %{
  dns_enabled: true,
  dns_query_priority: [:ecgi, :tai],
  dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",
  fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.2.21", remote_port: 8805, weight:
100}
  ]
}
# Los UPFs descubiertos por DNS se registrarán dinámicamente en el
primer uso
```

---

## Estrategias de Selección de UPF

**Importante:** La configuración de selección de UPF se ha simplificado. Todos los pares UPF se registran automáticamente desde la configuración de `upf_selection`.

### Estructura de Configuración

La selección de UPF se configura en la sección `upf_selection` que define:

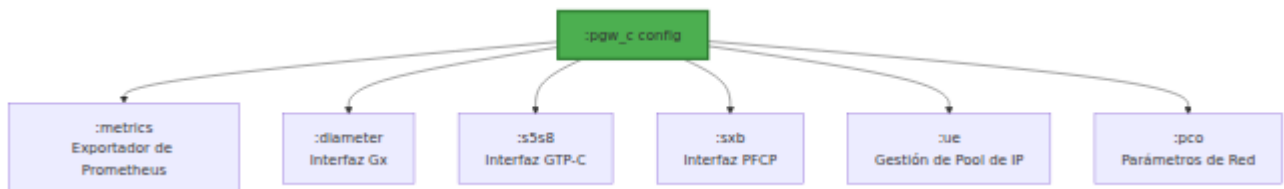
1. **Reglas Estáticas** - Enrutamiento basado en patrones con pools de balanceo de carga
2. **Configuraciones DNS** - Descubrimiento dinámico de UPF basado en ubicación
3. **Pool de Respaldo** - Pool predeterminado cuando no hay coincidencias de reglas y DNS falla

### Orden de Prioridad de Selección

1. **Reglas Estáticas** (Mayor Prioridad) - Enrutamiento basado en patrones con pools de balanceo de carga

2. **Selección Basada en DNS** (Menor Prioridad) - Descubrimiento dinámico de UPF basado en ubicación
3. **Pool de Respaldo** (Menor Prioridad) - Pool predeterminado cuando no hay coincidencias de reglas y DNS falla

## Flujo de Decisión de Selección de UPF



## Campos de Coincidencia Disponibles

Las reglas estáticas pueden coincidir en cualquiera de estos atributos de sesión:

| Campo de Coincidencia    | Descripción                                  | Patrón de Ejemplo                  |
|--------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------|
| :imsi                    | Identidad Internacional del Suscriptor Móvil | ^313380.*<br>(operador de EE. UU.) |
| :apn                     | Nombre del Punto de Acceso / DNN             | ^internet\. o<br>^ims\.            |
| :serving_network_plmn_id | Identificador de red de servicio             | ^313380\$                          |
| :sgw_ip_address          | Dirección IP de SGW                          | ^10\.100\..*                       |
| :uli_tai_plmn_id         | ID de PLMN del Área de Seguimiento           | ^313.*                             |
| :uli_ecgi_plmn_id        | ID de PLMN de la Celda E-UTRAN               | ^313.*                             |

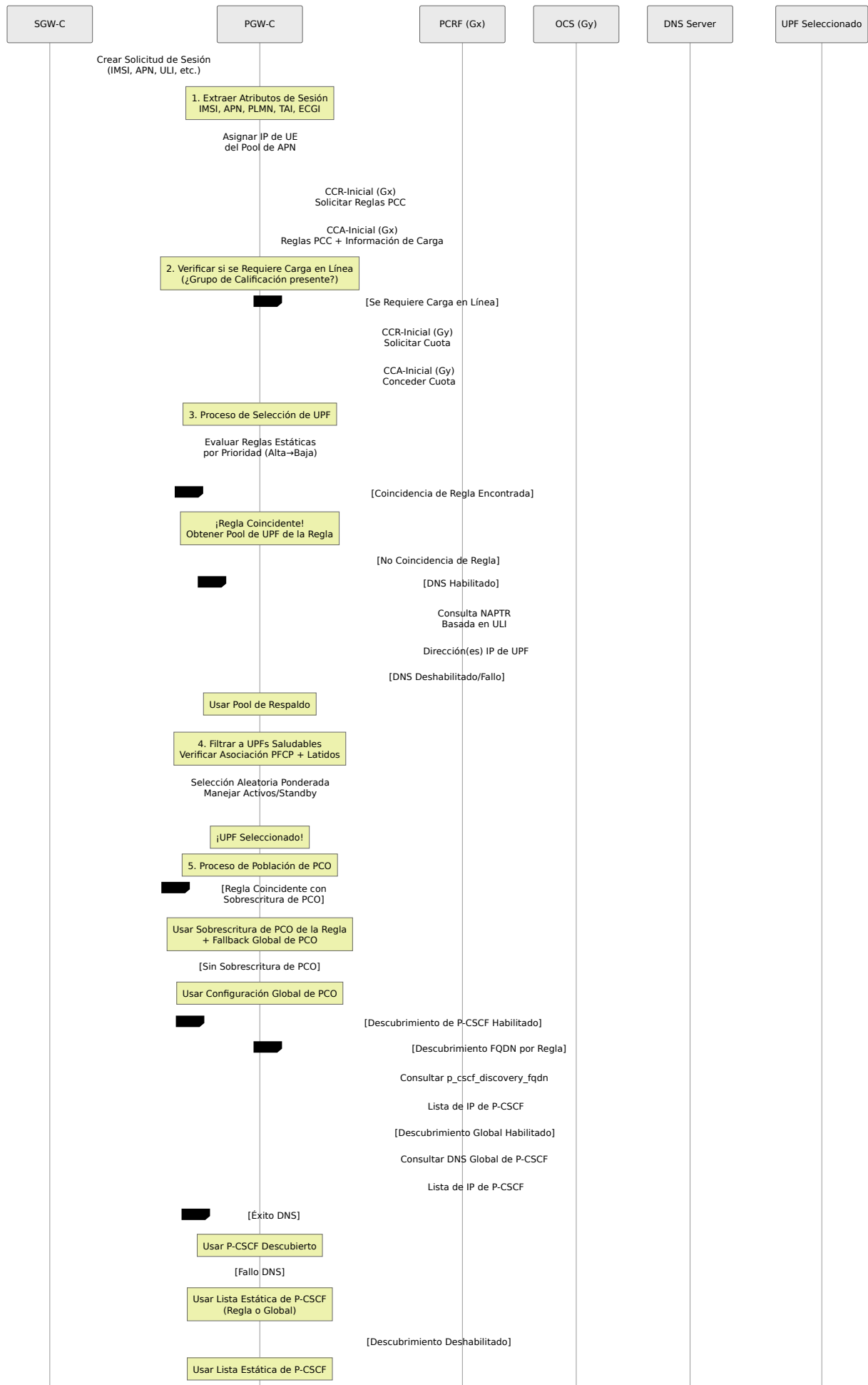
## Comparación de Métodos de Selección

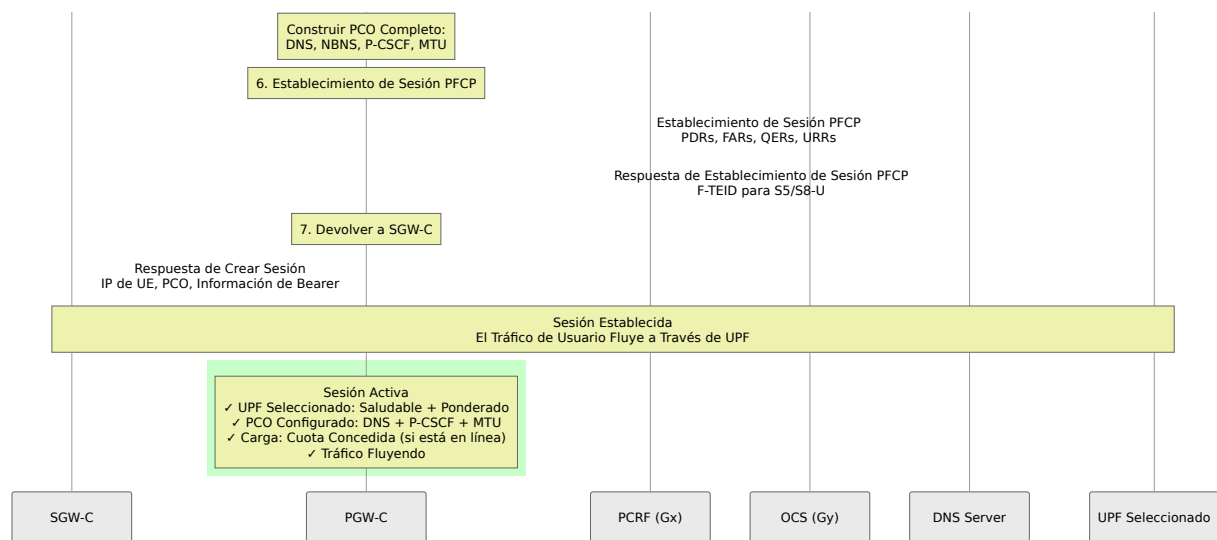
| Método                  | Cuándo Usar                 | Pros                                   | Contras                      |
|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|------------------------------|
| <b>Grupos de UPF</b>    | Despliegues de producción   | Balanceo de carga, HA, pesos flexibles | Requiere múltiples UPFs      |
| <b>Basado en APN</b>    | Diferenciación de servicios | Enrutar IMS/Internet por separado      | Configuración estática       |
| <b>Basado en IMSI</b>   | Escenarios de itinerancia   | Enrutamiento geográfico                | Complejidad de regex         |
| <b>Basado en DNS</b>    | MEC/Computación en el borde | Dinámico, consciente de la ubicación   | Requiere infraestructura DNS |
| <b>Pool de Respaldo</b> | Red de seguridad            | Siempre tener un UPF                   | Puede no ser óptimo          |
| <b>Modo de Prueba</b>   | Probar configuraciones      | Pruebas seguras                        | Sin tráfico real             |

---

## Flujo Completo de Establecimiento de Sesión

Este diagrama muestra el flujo completo de establecimiento de sesión incluyendo la selección de UPF y la población de PCO:





## Puntos Clave de Decisión:

### 1. Prioridad de Selección de UPF:

- Reglas Estáticas (Coincidencia de Patrón) → Descubrimiento DNS → Pool de Respaldo
- Filtrado de salud aplicado en todas las etapas
- Lógica Activa/Standby para alta disponibilidad
- **Ver:** **Interfaz PFCP** para detalles de comunicación de UPF

### 2. Prioridad de Población de PCO:

- Sobrescritura de PCO de Regla → Descubrimiento DNS de P-CSCF → Configuración Global de PCO
- Fusión por campo (las reglas sobrescriben campos específicos, global proporciona valores predeterminados)
- **Ver:** **Configuración de PCO** para parámetros detallados de PCO

### 3. Prioridad de Descubrimiento de P-CSCF:

- FQDN por Regla → Descubrimiento DNS Global → PCO Estático de Regla → PCO Estático Global
- **Ver:** **Monitoreo de P-CSCF** para métricas de descubrimiento y seguimiento de salud

### 4. Integración de Carga:

- PCRF determina si se requiere carga en línea (Grupo de Calificación + Online=1)
- OCS concede cuota antes del establecimiento de la sesión
- PGW-C rastrea la cuota y solicita más a través de CCR-Update
- **Ver:** [Interfaz Diameter Gx](#) y [Interfaz Diameter Gy](#) para detalles de carga

## Ejemplo Completo de Configuración

Aquí hay un ejemplo completo que muestra la selección de UPF de múltiples pools con registro automático de pares:



```

config :pgw_c,
  # Interfaz PFCP - Todos los UPFs se registran automáticamente
  desde upf_selection
  sxb: %{
    local_ip_address: "127.0.0.20"
  },

  # Lógica de Selección de UPF - Todos los UPFs definidos aquí se
  registran automáticamente
  upf_selection: %{
    # Configuraciones de selección basadas en DNS
    dns_enabled: false,
    dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],
    dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",
    dns_timeout_ms: 5000,

    # Reglas de selección estática (evaluadas en orden de
    prioridad)
    rules: [
      # Regla 1: Tráfico IMS - Mayor Prioridad
      %{
        name: "Tráfico IMS",
        priority: 20,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^ims",
        upf_pool: [
          weight: 80,
          %{remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805,
          weight: 20}
          %{remote_ip_address: "10.100.2.22", remote_port: 8805,
          weight: 20}
        ]
      },

      # Regla 2: APN Empresarial
      %{
        name: "Tráfico Empresarial",
        priority: 15,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^(enterprise|corporate)\\.apn",
        upf_pool: [
          weight: 100,
          %{remote_ip_address: "10.100.3.21", remote_port: 8805,
          weight: 100}
        ]
      }
    ]
  }

```

```

    },

    # Regla 3: Tráfico de Internet - Balanceado
    %{
        name: "Tráfico de Internet",
        priority: 5,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^internet",
        upf_pool: [
            %{remote_ip_address: "10.100.1.21", remote_port: 8805,
weight: 33},
            %{remote_ip_address: "10.100.1.22", remote_port: 8805,
weight: 33},
            %{remote_ip_address: "10.100.1.23", remote_port: 8805,
weight: 34}
        ]
    }
],

    # Pool de Respaldo - Usado cuando no hay coincidencias de
reglas y DNS falla
    fallback_pool: [
        %{remote_ip_address: "127.0.0.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
    ]
}

```

## Características Clave

### Formato Actual:

- **Registro Automático:** Todos los UPFs de `upf_selection` se registran automáticamente al inicio
- **Configuración Centralizada:** Toda la selección de UPF y configuración de pares en una sección
- **Pools Requeridos:** Todas las reglas utilizan el formato `upf_pool` (incluso para un solo UPF)
- **Fallback Estructurado:** `fallback_pool` dedicado con distribución ponderada
- **Integración DNS:** Configuraciones DNS junto con reglas de selección

- **Registro Dinámico:** UPFs descubiertos por DNS se registran automáticamente en el primer uso
- **Monitoreo de Salud:** Todos los UPFs configurados se monitorean con latidos de 5 segundos

### Migración desde el Formato Anterior:

- Eliminado: campo `sxb.peer_list` (ya no es necesario)
- Eliminado: `selection_list` incrustado en configuraciones de pares
- Todas las definiciones de UPF ahora van en las reglas y el pool de respaldo de `upf_selection`

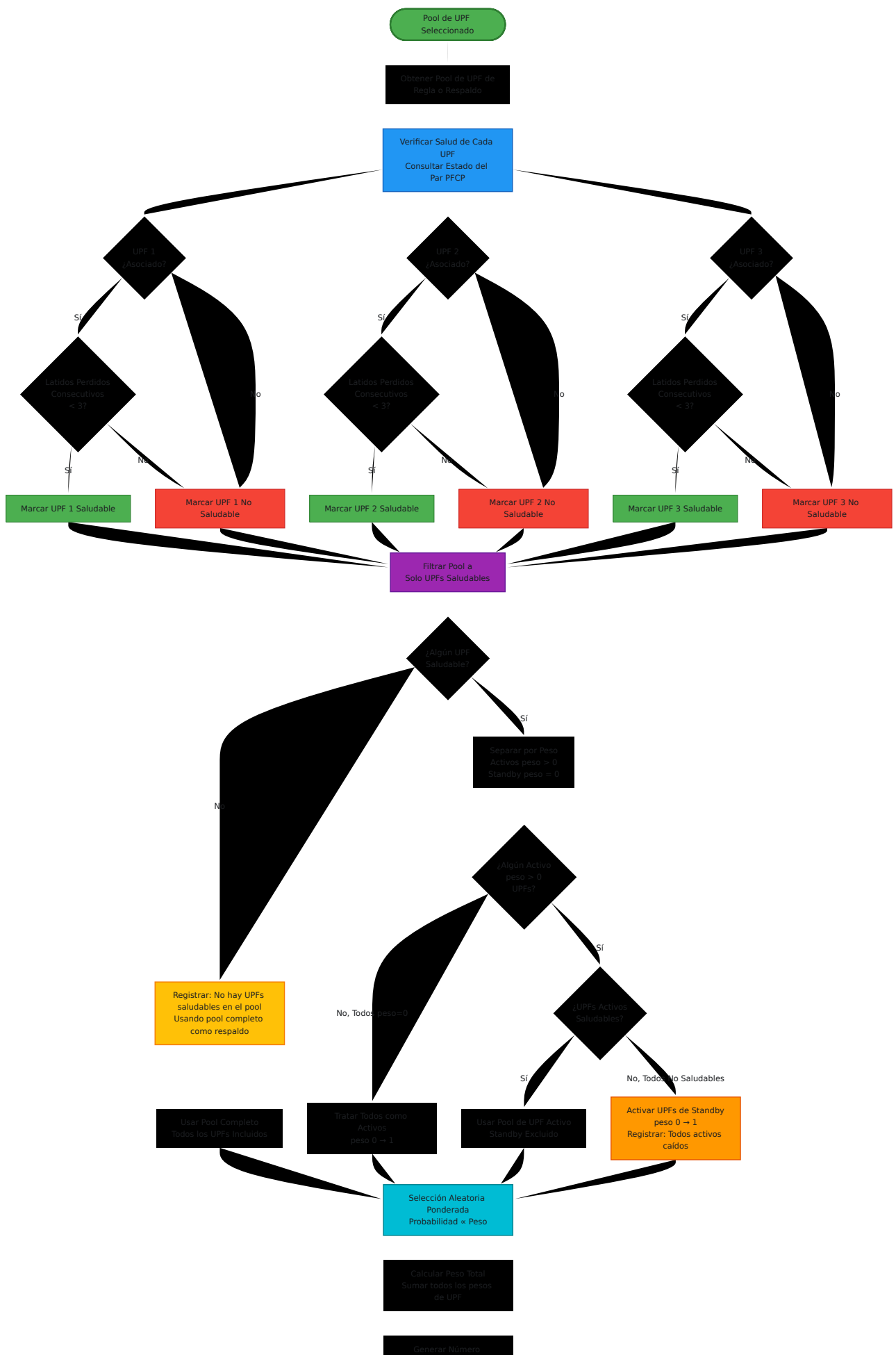
### Cómo Funcionan los Pools de UPF:

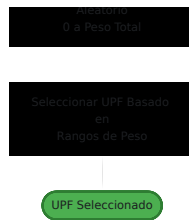
1. **Selección Consciente de Salud:** Solo los UPFs saludables reciben tráfico
  - Saludable = Asociación PFCP activa + menos de 3 latidos consecutivos perdidos
  - Los UPFs no saludables se filtran automáticamente
  - Se recurre a todos los UPFs si ninguno es saludable (fallo rápido)
2. **Soporte Activo/Standby:** Usar `weight: 0` para UPFs de standby
  - **UPFs Activos** (peso > 0): Reciben tráfico cuando son saludables
  - **UPFs de Standby** (peso == 0): Solo reciben tráfico cuando todos los UPFs activos están caídos
  - Los UPFs de standby se tratan como `weight: 1` cuando se activan
3. **Selección Aleatoria Ponderada:** Cada sesión se asigna aleatoriamente a un UPF saludable basado en pesos
  - En el ejemplo anterior: 70% van a .21, 20% a .22, 10% a .23
  - Peso más alto = más sesiones asignadas a ese UPF
  - Pesos iguales = distribución equitativa
4. **Registro Automático:** Todos los UPFs en pools se registran automáticamente al inicio
  - Nombres generados automáticamente: `"UPF-<ip>:<port>"`

- Configuraciones predeterminadas: asociación PFCP pasiva, latidos de 5 segundos
- Seguimiento de salud inmediato para todos los UPFs configurados

# Selección Consciente de Salud con

**Activo/Standby**





### Ejemplo de Selección Aleatoria Ponderada:

```
Pool: [  
  UPF-A: peso 50, saludable ✓  
  UPF-B: peso 30, saludable ✓  
  UPF-C: peso 20, saludable ✓  
]
```

Peso Total:  $50 + 30 + 20 = 100$

Rangos de Peso:

UPF-A: 0-49 (50%)  
UPF-B: 50-79 (30%)  
UPF-C: 80-99 (20%)

Número aleatorio: 63 → Selecciona UPF-B  
Número aleatorio: 15 → Selecciona UPF-A  
Número aleatorio: 91 → Selecciona UPF-C

### Ejemplo de Failover Activo/Standby:



Pool Inicial: [

UPF-A: peso 100, saludable ✓ (Activo)

UPF-B: peso 0, saludable ✓ (Standby)

]

Escenario 1: UPF-A Saludable

→ Usar Pool Activo: [UPF-A: 100]

→ Todo el tráfico a UPF-A

Escenario 2: UPF-A Falla

→ No hay UPFs activos saludables

→ Activar Standby: [UPF-B: 1]

→ Todo el tráfico se transfiere a UPF-B

→ Registrar: "Todos los UPFs activos caídos, activando UPFs de standby"

Escenario 3: Ambos No Saludables

→ No hay UPFs saludables

→ Usar pool completo: [UPF-A: 100, UPF-B: 0]

→ Seleccionar con pesos (intentar conexión, puede fallar)

→ Registrar: "No hay UPFs saludables en el pool, usando pool completo como respaldo"

## **Patrones de Peso Comunes:**

```

# Distribución equitativa (25% cada uno)
upf_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.1.1", remote_port: 8805, weight: 1},
    %{remote_ip_address: "10.0.1.2", remote_port: 8805, weight: 1},
    %{remote_ip_address: "10.0.1.3", remote_port: 8805, weight: 1},
    %{remote_ip_address: "10.0.1.4", remote_port: 8805, weight: 1}
]

# Carga primaria/respaldo (90% / 10%)
upf_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.1.21", remote_port: 8805, weight:
90},
    %{remote_ip_address: "10.0.1.22", remote_port: 8805, weight: 10}
]

# Activo/Standby (100% primario, 0% standby hasta que el primario
falle)
upf_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.1.21", remote_port: 8805, weight:
100}, # Activo
    %{remote_ip_address: "10.0.1.22", remote_port: 8805, weight: 0}
# Standby (solo cuando el activo está caído)
]

# Resultado: Activo recibe 100%. Si el activo falla, los standby
reciben 50/50%.

# Pruebas A/B (50% / 50%)
upf_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.1.100", remote_port: 8805, weight:
50}, # Versión antigua
    %{remote_ip_address: "10.0.1.200", remote_port: 8805, weight:
50} # Nueva versión
]

```

## Casos de Uso:

- **Failover Activo/Standby:** Usar `weight: 0` para UPFs de standby calientes que solo se activan cuando los primarios fallan
- **HA Consciente de Salud:** Failover automático cuando los UPFs pierden asociación PFCP o fallan latidos

- **Escalado Horizontal:** Distribuir carga entre múltiples UPFs para aumentar la capacidad
- **Alta Disponibilidad:** Distribución automática previene la sobrecarga de un solo UPF
- **Despliegues Graduales:** Usar pesos para implementaciones canarias (por ejemplo, 95% antiguo, 5% nuevo)
- **Optimización de Costos:** Enrutar más tráfico a UPFs de mayor capacidad
- **Distribución Geográfica:** Balancear sesiones entre UPFs de borde

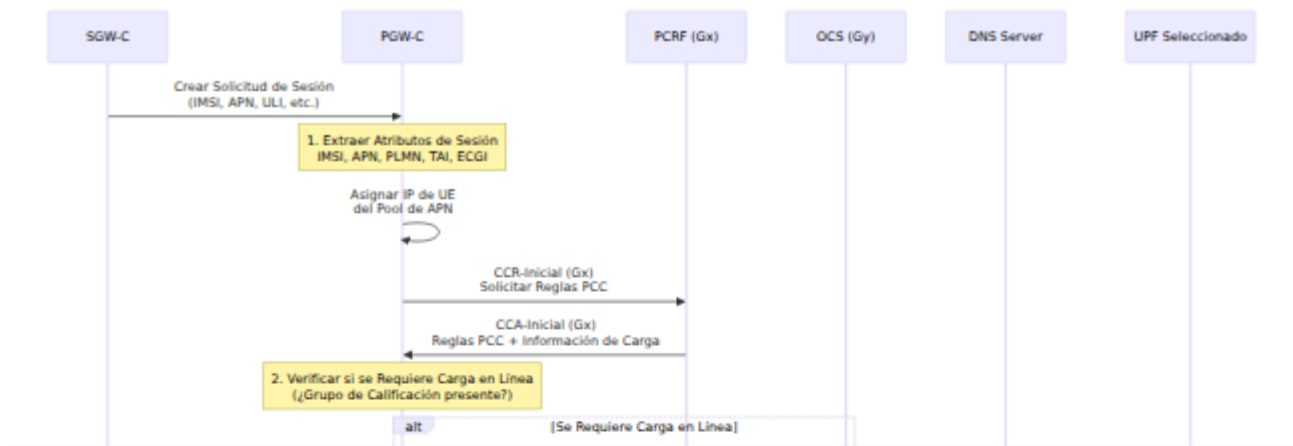
### **Sobrescrituras de PCO (Opciones de Configuración de Protocolo):**

Cada regla de selección de UPF puede especificar opcionalmente valores de PCO personalizados que sobrescriben la configuración de PCO predeterminada para sesiones coincidentes. Esto permite que diferentes APNs o tipos de tráfico reciban diferentes parámetros de red.

### **Cómo Funcionan las Sobrescrituras de PCO:**

1. **Sobrescrituras Parciales:** Solo especificar los campos de PCO que desea sobrescribir
2. **Fallback Predeterminado:** Los campos no especificados utilizan valores de la configuración principal de `pco`
3. **Específico de Regla:** Cada regla puede tener diferentes sobrescrituras de PCO
4. **Fusión de Prioridad:** PCO de regla tiene prioridad sobre PCO global

# **Jerarquía de Población de PCO**



OmniCore  
5GC ▼

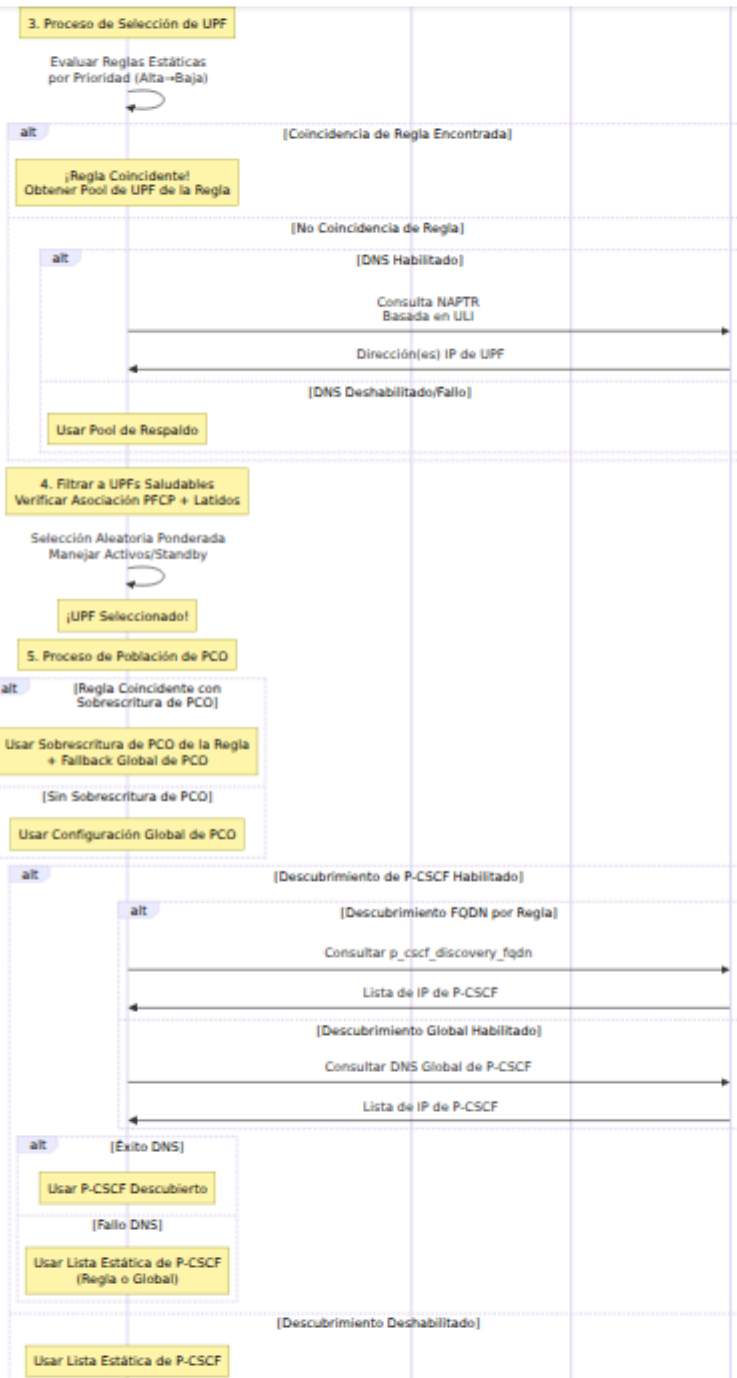
OmniCall  
▼

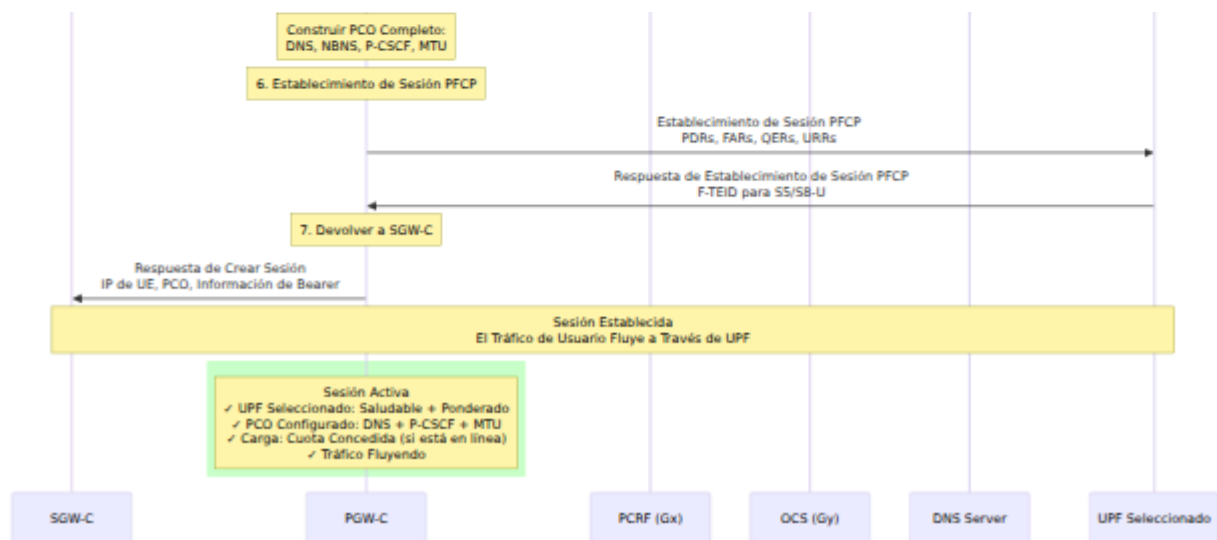
OmniRAN  
▼

OmniCharge  
▼

Platform  
▼

🌐 Español ▼





## Orden de Prioridad para Cada Campo de PCO:

1. **Sobrescritura de PCO de Regla** (Mayor Prioridad)
2. **Descubrimiento DNS de P-CSCF** (solo para direcciones P-CSCF)
3. **Configuración Global de PCO** (Menor Prioridad / Respaldo)

## Ejemplo: La Regla IMS Sobrescribe DNS, La Regla Empresarial Sobrescribe Todo

Sesión IMS (coincidida con la regla "Tráfico IMS"):

- └ Servidores DNS: DE GLOBAL (no sobrescrito en la regla)
- └ P-CSCF: DE DESCUBRIMIENTO DNS (p\_cscf\_discovery\_fqdn establecido en la regla)
  - └ Respaldo: DE LA REGLA si DNS falla
- └ MTU: DE GLOBAL (no sobrescrito en la regla)

Sesión Empresarial (coincidida con la regla "Tráfico Empresarial"):

- └ Servidores DNS: DE LA REGLA (192.168.1.10, 192.168.1.11)
- └ P-CSCF: DE GLOBAL (no sobrescrito en la regla)
- └ MTU: DE LA REGLA (1500)

Sesión Predeterminada (sin regla coincidente):

- └ Servidores DNS: DE GLOBAL
- └ P-CSCF: DE GLOBAL o DNS si el descubrimiento global está habilitado
- └ MTU: DE GLOBAL

## Campos de Sobrescritura de PCO Disponibles:

- `primary_dns_server_address` - Dirección IP del servidor DNS primario
- `secondary_dns_server_address` - Dirección IP del servidor DNS secundario
- `primary_nbns_server_address` - Dirección IP del servidor WINS primario
- `secondary_nbns_server_address` - Dirección IP del servidor WINS secundario
- `p_cscf_ipv4_address_list` - Lista de direcciones IP de servidores P-CSCF (para IMS) - Ver [Configuración de PCO](#) y [Monitoreo de P-CSCF](#) para descubrimiento dinámico de P-CSCF
- `ipv4_link_mtu_size` - Tamaño de MTU en bytes

### Descubrimiento de P-CSCF por Regla:

Además de las sobrescrituras de PCO, las reglas de selección de UPF pueden especificar el descubrimiento dinámico de P-CSCF:

- `p_cscf_discovery_fqdn` - (Cadena) FQDN para descubrimiento de P-CSCF basado en DNS (por ejemplo, `"pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org"`)

Cuando se establece este parámetro:

1. PGW-C realiza una búsqueda DNS para el FQDN especificado durante el establecimiento de la sesión
2. El servidor DNS devuelve una lista de direcciones IP de P-CSCF
3. Las direcciones P-CSCF descubiertas se envían a UE a través de PCO
4. Si la búsqueda DNS falla, se recurre a `p_cscf_ipv4_address_list` de la sobrescritura de PCO (si se especifica) o a la configuración global de PCO
5. Ver [Monitoreo de P-CSCF](#) para tasas de éxito/fallo de descubrimiento

Esto es particularmente útil para:

- **APNs IMS** - Diferentes redes IMS con diferentes servidores P-CSCF
- **Despliegues multi-inquilino** - Diferentes empresas con infraestructura dedicada de P-CSCF
- **Enrutamiento geográfico** - DNS devuelve el P-CSCF más cercano según la ubicación de UE
- **Alta disponibilidad** - DNS devuelve automáticamente solo servidores P-CSCF saludables

### Ejemplo: Tráfico IMS con P-CSCF Personalizado:

```
rules: [  
  {%  
    name: "Tráfico IMS",  
    priority: 20,  
    match_field: :apn,  
    match_regex: "^ims",  
    upf_pool: [  
      {%remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805,  
weight: 80},  
      {%remote_ip_address: "10.100.2.22", remote_port: 8805,  
weight: 20}  
    ],  
    # Descubrimiento de P-CSCF: Consultar dinámicamente DNS para  
    direcciones de P-CSCF  
    # La búsqueda DNS devuelve las IPs actuales de P-CSCF basadas  
    en este FQDN  
    p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org",  
    # Las sesiones IMS obtienen servidores P-CSCF personalizados  
    (usados como respaldo si DNS falla)  
    pco: {%  
      p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"]  
      # DNS, NBNS, MTU usarán valores predeterminados de la  
      configuración principal de pco  
    }  
  }  
]
```

### Ejemplo: Tráfico Empresarial con DNS Personalizado:



```

rules: [
  %{
    name: "Tráfico Empresarial",
    priority: 15,
    match_field: :apn,
    match_regex: "^(enterprise|corporate)\.apn",
    upf_pool: [
      %{remote_ip_address: "10.100.3.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
    ],
    # Las sesiones empresariales obtienen DNS corporativo y MTU
personalizado
    pco: %{
      primary_dns_server_address: "192.168.1.10",
      secondary_dns_server_address: "192.168.1.11",
      ipv4_link_mtu_size: 1500
      # P-CSCF, NBNS usarán valores predeterminados de la
configuración principal de pco
    }
  }
]

```

### **Ejemplo: Sobrescritura Completa (Todos los Campos de PCO):**

```

rules: [
  %{
    name: "APN IoT - Totalmente Personalizado",
    priority: 10,
    match_field: :apn,
    match_regex: "^iot\\.m2m",
    upf_pool: [
      %{remote_ip_address: "10.100.5.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
    ],
    # Las sesiones IoT obtienen PCO completamente personalizado
    pco: %{
      primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
      secondary_dns_server_address: "8.8.4.4",
      primary_nbns_server_address: "10.0.0.100",
      secondary_nbns_server_address: "10.0.0.101",
      p_cscf_ipv4_address_list: [], # Sin P-CSCF para IoT
      ipv4_link_mtu_size: 1280      # MTU más pequeño para
dispositivos restringidos
    }
  }
]

```

## Casos de Uso:

- **IMS/VoLTE:** Proporcionar servidores P-CSCF específicos de operador para servicios de voz
- **APNs Empresariales:** Enrutar tráfico corporativo a través de servidores DNS de la empresa
- **IoT/M2M:** Usar DNS público y MTU optimizado para dispositivos de bajo ancho de banda
- **Itinerancia:** Proporcionar servidores DNS locales para suscriptores visitantes
- **Diferenciación de Servicios:** Diferentes parámetros de red por tipo de servicio

## Selección de UPF Basada en DNS:

Habilitar la selección dinámica de UPF basada en la Información de Ubicación del Usuario (ULI) utilizando consultas NAPTR de DNS. Las configuraciones DNS

ahora se configuran dentro de la sección `upf_selection`.

**Nota:** Esto proporciona selección de UPF basada en geografía o topología. Ver [Interfaz PFCP](#) para configuración de asociación PFCP con UPFs descubiertos dinámicamente y [Gestión de Sesiones](#) para flujos de establecimiento de sesiones.

```
upf_selection: %{  
  # Habilitar selección basada en DNS  
  dns_enabled: true,  
  
  # Tipos de ubicación para consultar en orden de prioridad  
  dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],  
  
  # Sufijo DNS para consultas NAPTR 3GPP  
  dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",  
  
  # Tiempo de espera de consulta DNS en milisegundos  
  dns_timeout_ms: 5000,  
  
  # ... reglas y fallback_pool ...  
}
```

La selección basada en DNS funciona de la siguiente manera:

1. **Prioridad:** La selección DNS se utiliza solo cuando **NO coinciden reglas estáticas** (menor prioridad)
2. **Generación de Consulta:** Construye consultas NAPTR de DNS basadas en la ubicación de UE:
  - Consulta ECGI: `eci-<hex>.ecgi.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.epc.3gppnetwork.org`
  - Consulta TAI: `tac-lb<hex>.tac-hb<hex>.tac.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.epc.3gppnetwork.org`
  - Las consultas RAI, SAI, CGI siguen un formato similar a 3GPP TS 23.003
3. **Jerarquía de Respaldo:** Intenta cada tipo de ubicación en orden de prioridad hasta que se encuentre una coincidencia
4. **Coincidencia de Pares:** Los resultados de DNS se filtran contra la lista de pares configurados

5. **Selección:** Elige el par coincidente (actualmente la primera coincidencia, la selección basada en carga vendrá pronto)

### Ejemplo de Registros DNS (configurar en su servidor DNS):

```
; Registro NAPTR para TAC 100 en PLMN 313-380
tac-lb64.tac-hb00.tac.epc.mnc380.mcc313.epc.3gppnetwork.org IN
NAPTR 10 50 "a" "x-3gpp-upf:x-sxb" "" upf-edge-1.example.com.

; Registro A para el UPF
upf-edge-1.example.com IN A 10.100.1.21
```

### Casos de Uso:

- **Computación en el Borde (MEC):** Enrutar sesiones a los UPFs de borde más cercanos geográficamente
- **Descubrimiento Dinámico de UPF:** Agregar/quitar UPFs de su red sin reconfigurar PGW-C
- **Balanceo de Carga:** Distribuir carga entre UPFs según la ubicación
- **Segmentación de Red:** Enrutar diferentes segmentos a diferentes UPFs por ubicación

## Monitoreo de Salud de UPF

**Selección Consciente de Salud Automática:** El PGW-C monitorea continuamente la salud de todos los UPFs y excluye automáticamente los UPFs no saludables de la selección.

### Criterios de Verificación de Salud

Un UPF se considera **saludable** cuando se cumplen TODAS las siguientes condiciones:

1. **Asociación PFCP Activa:** El UPF tiene una asociación PFCP establecida
2. **Responsividad de Latido:** Menos de 3 latidos consecutivos perdidos
3. **Proceso Vivo:** El proceso de GenServer del par UPF está en ejecución

Un UPF se considera **no saludable** si CUALQUIERA de las siguientes es verdadera:

- La asociación PFCP no está establecida (`associated: false`)
- 3 o más tiempos de espera de latidos consecutivos
- El proceso de par UPF ha fallado o no responde

## Mecanismo de Monitoreo

**Para UPFs Configurados** (en `upf_selection`):

- El seguimiento de salud comienza inmediatamente al arrancar
- La asociación PFCP se monitorea continuamente
- Los latidos se envían cada 5 segundos
- El contador `missed_heartbeats_consecutive` rastrea fallos consecutivos
- Todos los UPFs de las reglas y el pool de respaldo se registran automáticamente

**Para UPFs Descubiertos por DNS** (registro dinámico):

- Se asume que son saludables hasta el primer intento de sesión
- Se registran automáticamente en el primer uso
- El seguimiento de salud comienza después del registro

## Comportamiento de Selección

**Modo Activo/Standby** (cuando se usa `weight: 0`):

1. Filtrar solo UPFs saludables
2. Separar en **activos** (peso > 0) y **standby** (peso == 0)
3. Usar UPFs activos si alguno es saludable
4. Activar UPFs de standby (tratar como peso 1) si todos los activos son no saludables
5. Recurre al pool completo si no existen UPFs saludables

**Modo Balanceado por Carga** (todos los pesos > 0):

1. Filtrar solo UPFs saludables

2. Realizar selección aleatoria ponderada entre UPFs saludables
3. Recurre al pool completo si no existen UPFs saludables

### Registro:

```
[debug] Usando pool de UPF activo (2/3 UPFs saludables, 1 standby)
[info] Todos los UPFs activos caídos, activando UPFs de standby (1
UPFs de standby, tratando peso 0 como 1)
[warning] No hay UPFs saludables en el pool (3 en total), usando
pool completo como respaldo
```

### Verificando la Salud de UPF

#### Programáticamente:

```
# Verificar si un UPF específico es saludable
iex> PGW_C.PFCP_Node.is_peer_healthy?({10, 100, 1, 21})
true

# Obtener información detallada de salud
iex> PGW_C.PFCP_Node.get_peer_health({10, 100, 1, 21})
%{
  associated: true,
  missed_heartbeats: 0,
  healthy: true,
  registered: true
}
```

#### A través de la Interfaz Web:

- Navegar a `/upf_selection` en el panel de control
- Ver el estado de salud en tiempo real para todos los UPFs en cada pool
- Insignias de estado: ☐ Activo-UP, ☐ Standby-Listo, ☐ Activo-CAÍDO, ☐ No Asociado
- Insignias de rol: ACTIVO (peso > 0), STANDBY (peso == 0), DINÁMICO (descubierto por DNS, no en config)
- Contador de fallos de latido mostrado para UPFs asociados

### Mejores Prácticas de Monitoreo de Salud

1. **Configurar UPFs en upf\_selection:** Todos los UPFs en reglas y pools de respaldo se monitorean automáticamente

```
upf_selection: %{\n  rules: [\n    %{\n      name: "Tráfico de Internet",\n      priority: 10,\n      match_field: :apn,\n      match_regex: "^internet",\n      upf_pool: [\n        %{\n          remote_ip_address: "10.100.1.21", remote_port: 8805,\n          weight: 100\n        }\n      ]\n    },\n    %{\n      fallback_pool: [\n        %{\n          remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805,\n          weight: 100\n        }\n      ]\n    }\n  ]\n}\n#\n# Todos los UPFs automáticamente obtienen:\n# - Latidos de 5 segundos\n# - Monitoreo de salud desde el inicio\n# - Nombres generados automáticamente
```

2. **Usar UPFs de standby:** Configurar standby calientes con `weight: 0` para failover automático

```
upf_pool: [\n  %{\n    remote_ip_address: "10.1.1.1", remote_port:
```

# Formato de Registro de Datos de Carga (CDR)

## Carga Offline para PGW-C

*OmniPGW de Omnitouch Network Services*

---

## Tabla de Contenidos

1. Descripción General
  2. Formato de Archivo CDR
  3. Campos CDR
  4. Eventos CDR
  5. Estructura del Archivo
  6. Configuración
  7. Flujo de Generación de CDR
  8. Detalles de los Campos
  9. Ejemplos
  10. Integración
- 

## Descripción General

El **formato de CDR de Datos (Registro de Datos de Carga)** proporciona capacidades de carga offline para el Plano de Control del Gateway de Paquetes (PGW-C). Se generan CDRs para registrar eventos de sesión de portadora, uso de datos e información del suscriptor para fines de facturación y análisis.

Este formato común es compatible con los CDRs de SGW-C, asegurando consistencia en los registros de carga a través de la infraestructura EPC.



## Características Clave

- **Formato basado en CSV** - Valores separados por comas, simples y legibles para humanos
- **Registro basado en eventos** - Captura eventos de inicio, actualización y finalización de portadoras
- **Medición de volumen** - Registra el uso de datos de enlace ascendente y descendente
- **Rotación automática** - Rotación de archivos configurable basada en intervalos de tiempo
- **Cumplimiento con 3GPP** - Sigue 3GPP TS 32.251 (carga de dominio PS) y TS 32.298 (codificación de CDR)

## Casos de Uso

| Caso de Uso                | Descripción                                       |
|----------------------------|---------------------------------------------------|
| Carga Offline              | Generar CDRs para facturación postpaga            |
| Análisis                   | Analizar patrones de uso de suscriptores          |
| Rastro de Auditoría        | Rastrear todos los eventos de sesión de portadora |
| Planificación de Capacidad | Monitorear la utilización de recursos de red      |
| Solución de Problemas      | Depurar problemas de sesión y portadora           |

---

# Formato de Archivo CDR

## Convención de Nombres de Archivos

<epoch\_timestamp>

### Ejemplo:

1726598022

El nombre del archivo es la marca de tiempo de época Unix (en segundos) de cuando se creó el archivo.

## Ubicación del Archivo

### Directorio predeterminado:

- PGW-C: `/var/log/pgw_c/cdrs/`

Configurable a través del parámetro `cdr_directory` en `config/runtime.exs`.

## Encabezado del Archivo

Cada archivo CDR comienza con un encabezado de varias líneas que contiene metadatos:

```
# Archivo CDR de Datos:
# Hora de Inicio del Archivo: HH:MM:SS (unix_timestamp)
# Hora de Fin del Archivo: HH:MM:SS (unix_timestamp)
# Nombre del Gateway: <gateway_name>
#
epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,eci
```

### Campos del Encabezado:

- **Hora de Inicio del Archivo** - Cuándo se creó el archivo CDR (legible para humanos y marca de tiempo Unix)
  - **Hora de Fin del Archivo** - Cuándo ocurrirá la rotación del archivo (legible para humanos y marca de tiempo Unix)
  - **Nombre del Gateway** - Identificador para la instancia PGW-C (configurado a través del parámetro `pgw_name`)
  - **Encabezados de Columna** - Nombres de campos CSV para los registros de datos
-

# Campos CDR

## Resumen de Campos

| Posición | Nombre del Campo | Tipo   | Descripción                                              |
|----------|------------------|--------|----------------------------------------------------------|
| 0        | epoch            | entero | Marca de tiempo del evento (segundos de época Unix)      |
| 1        | imsi             | cadena | Identidad Internacional de Suscriptor Móvil              |
| 2        | event            | cadena | Tipo de evento CDR (por ejemplo, "default_bearer_start") |
| 3        | charging_id      | entero | Identificador de carga único para la portadora           |
| 4        | msisdn           | cadena | Número ISDN de la Estación Móvil (número de teléfono)    |
| 5        | ue_imei          | cadena | Identidad Internacional de Equipo Móvil                  |
| 6        | timezone_raw     | cadena | Zona horaria del UE (reservado, actualmente vacío)       |
| 7        | plmn             | entero | Identificador de la Red Móvil Pública                    |
| 8        | tac              | entero | Código de Área de Seguimiento                            |
| 9        | eci              | entero | Identificador de Celda E-UTRAN                           |

| Posición | Nombre del Campo | Tipo   | Descripción                                      |
|----------|------------------|--------|--------------------------------------------------|
| 10       | sgw_ip           | cadena | Dirección IP del plano de control S5/S8 de SGW-C |
| 11       | ue_ip            | cadena | Dirección IP del UE (formato IPv4)               |
| 12       | pgw_ip           | cadena | Dirección IP del plano de control S5/S8 de PGW-C |
| 13       | apn              | cadena | Nombre del Punto de Acceso                       |
| 14       | qci              | entero | Identificador de Clase de QoS                    |
| 15       | octets_in        | entero | Volumen de datos de enlace descendente (bytes)   |
| 16       | octets_out       | entero | Volumen de datos de enlace ascendente (bytes)    |

## Eventos CDR

### Tipos de Eventos

Se generan CDRs para tres tipos de eventos:

| Tipo de Evento                    | Formato                                 | Descripción                      | Cuándo se Genera                                               |
|-----------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>Inicio de Portadora</b>        | <code>&lt;type&gt;_bearer_start</code>  | Establecimiento de portadora     | Se envía la Respuesta de Creación de Sesión                    |
| <b>Actualización de Portadora</b> | <code>&lt;type&gt;_bearer_update</code> | Informe de uso durante la sesión | Informes de uso periódicos descargados por el plano de usuario |
| <b>Fin de Portadora</b>           | <code>&lt;type&gt;_bearer_end</code>    | Terminación de portadora         | Solicitud/Respuesta de Eliminación de Sesión                   |

### Tipos de Portadora:

- `default` - Portadora predeterminada (una por conexión PDN)
- `dedicated` - Portadora dedicada (cero o más por conexión PDN)

## Ejemplos de Eventos

|                                      |                                                    |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <code>default_bearer_start</code>    | - Portadora predeterminada establecida             |
| <code>default_bearer_update</code>   | - Actualización de uso de portadora predeterminada |
| <code>default_bearer_end</code>      | - Portadora predeterminada terminada               |
| <code>dedicated_bearer_start</code>  | - Portadora dedicada establecida                   |
| <code>dedicated_bearer_update</code> | - Actualización de uso de portadora dedicada       |
| <code>dedicated_bearer_end</code>    | - Portadora dedicada terminada                     |

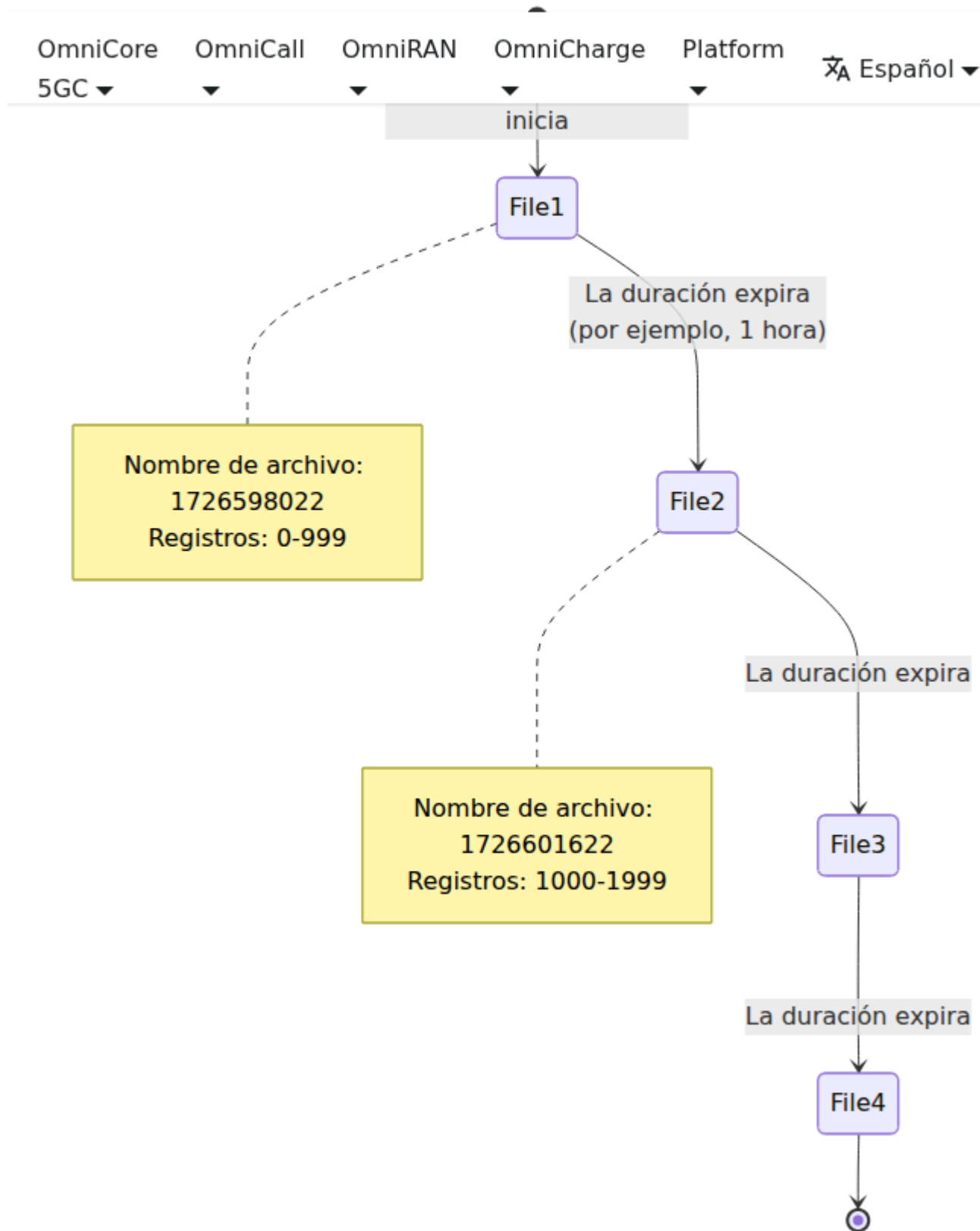
# Estructura del Archivo

## Ejemplo de Archivo CDR

```
# Archivo CDR de Datos:  
# Hora de Inicio del Archivo: 18:53:42 (1726598022)  
# Hora de Fin del Archivo: 19:53:42 (1726601622)  
# Nombre del Gateway: sgw-c-prod-01  
# epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,e  
1726598022,310260123456789,default_bearer_start,12345,15551234567,123  
1726598322,310260123456789,default_bearer_update,12345,15551234567,12  
1726598622,310260123456789,default_bearer_update,12345,15551234567,12  
1726598922,310260123456789,default_bearer_end,12345,15551234567,12345
```

## Rotación de Archivos

Los archivos CDR se rotan automáticamente según la duración configurada:



### Proceso de Rotación:

1. Cerrar el archivo CDR actual
2. Crear un nuevo archivo con la marca de tiempo actual
3. Escribir el encabezado en el nuevo archivo



4. Continuar registrando CDRs en el nuevo archivo

---

# Configuración

## Parámetros de Configuración

La generación de CDR de PGW-C se configura en `config/runtime.exs`:

| Parámetro                          | Tipo   | Descripción                                                                    | Predeterminado |          |
|------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------|
| <code>pgw_name</code>              | cadena | Identificador de la instancia PGW (aparece en los encabezados de CDR)          | "omni-pgw01"   | Usa o II |
| <code>cdr_file_duration</code>     | entero | Intervalo de rotación de archivos (ms)                                         | 3600000        | 360      |
| <code>cdr_directory</code>         | cadena | Ruta del directorio de salida de CDR                                           | "/tmp/pgw_c"   | /v       |
| <code>usage_report_interval</code> | entero | Intervalo de informe URR (ms) - con qué frecuencia PGW-U envía informes de uso | 60000          | 600      |

## Ejemplos de Configuración

**Configuración Mínima (config/runtime.exs):**

```

config :pgw_c,
  # Configuración del archivo CDR
  pgw_name: "omni-pgw01",
  cdr_file_duration: 3_600_000,          # 1 hora
  cdr_directory: "/var/log/pgw_c/cdrs",

  # Configuración de URR (dispara informes de uso desde PGW-U)
  usage_report_interval: 60_000          # 60 segundos

```

## Producción:

```

config :pgw_c,
  pgw_name: "pgw-c-prod-01",
  cdr_file_duration: 3_600_000,          # Rotación de 1 hora
  cdr_directory: "/var/log/pgw_c/cdrs",
  usage_report_interval: 60_000          # Actualizaciones de 1
minuto

```

## Desarrollo:

```

config :pgw_c,
  pgw_name: "pgw-c-dev",
  cdr_file_duration: 300_000,            # Rotación de 5 minutos
para pruebas
  cdr_directory: "/tmp/pgw_c_cdrs",
  usage_report_interval: 30_000          # Actualizaciones de 30
segundos para pruebas más rápidas

```

## Alto Volumen:

```

config :pgw_c,
  pgw_name: "pgw-c-prod-heavy",
  cdr_file_duration: 1_800_000,          # Rotación de 30 minutos
  cdr_directory: "/mnt/fast-storage/cdrs",
  usage_report_interval: 300_000          # Actualizaciones de 5
minutos (reducir sobrecarga)

```

# URR (Reglas de Informe de Uso)

PGW-C utiliza **URRs de PFCP (Reglas de Informe de Uso)** para activar informes de uso desde PGW-U. Cuando se alcanza un umbral de URR o expira el tiempo, PGW-U envía una Solicitud de Informe de Sesión que contiene datos de uso, lo que activa la generación de CDR.

## Cómo Funciona la Configuración de URR:

1. `usage_report_interval` (en ms) se convierte a segundos para el umbral de tiempo de PFCP
2. PGW-C crea URR con umbral de tiempo durante el establecimiento de la sesión
3. PGW-U envía informes de uso periódicos en el intervalo configurado
4. Cada informe de uso activa un evento CDR `bearer_update`
5. El informe de uso final (en la eliminación de la sesión) activa un evento CDR `bearer_end`

**Ejemplo:** `usage_report_interval: 60_000` significa:

- PGW-U informa el uso cada 60 segundos
- Eventos de actualización de CDR generados cada 60 segundos
- Seguimiento granular del uso para facturación

## Definición del Tipo de URR:

```
# lib/core/session/types.ex
defmodule PGW_C.Session.Types.URR do
  typedstruct do
    field :urr_id, non_neg_integer()
    field :measurement_method, :duration | nil
    field :reporting_triggers, :time_threshold | nil
    field :time_threshold, non_neg_integer() | nil # segundos
  end
end
```

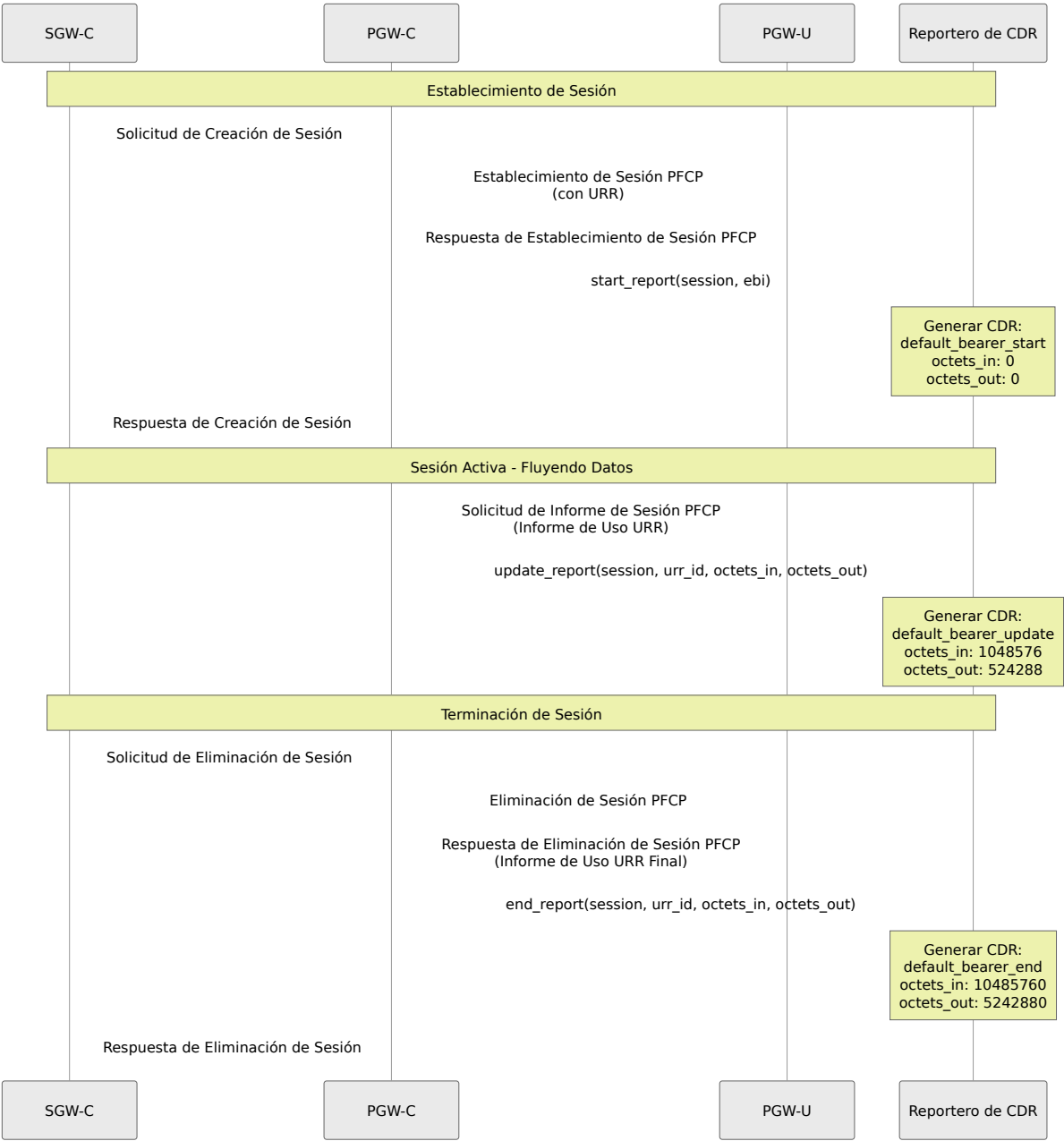
Consulta la [Documentación de la Interfaz PFCP](#) para detalles de PFCP de URR y `lib/core/session/impl/procedures.ex:468` para la creación de URR durante el

establecimiento de la sesión.

# Flujo de Generación de CDR

## Eventos CDR del Ciclo de Vida de la Portadora

### Generación de CDR de PGW-C:



# Eventos de Generación de CDR

## 1. Inicio de Portadora:

- **Cuándo:** Se envía la Respuesta de Creación de Sesión
- **Propósito:** Registra el establecimiento de la portadora con uso cero
- **octets\_in:** 0
- **octets\_out:** 0

## 2. Actualización de Portadora:

- **Cuándo:** Se recibe la Solicitud de Informe de Sesión PFCP de PGW-U (informe de uso URR)
- **Propósito:** Registra el uso de datos incremental
- **octets\_in:** Bytes descendentes acumulativos desde el inicio de la portadora
- **octets\_out:** Bytes ascendentes acumulativos desde el inicio de la portadora
- **Disparador:** Expira el umbral de tiempo de URR (configurado a través de `usage_report_interval`)

## 3. Fin de Portadora:

- **Cuándo:** Se recibe la Respuesta de Eliminación de Sesión PFCP de PGW-U (con el informe de uso final)
  - **Propósito:** Registra el uso final de datos antes de la terminación de la sesión
  - **octets\_in:** Total final de bytes descendentes
  - **octets\_out:** Total final de bytes ascendentes
- 

# Detalles de los Campos

## 1. epoch (Marca de Tiempo)

**Tipo:** Marca de tiempo de época Unix (segundos)

**Descripción:** El momento en que ocurrió el evento CDR

### Ejemplo:

1726598022 → 2025-09-17 18:53:42 UTC

## 2. imsi (Identidad del Suscriptor)

**Tipo:** Cadena (hasta 15 dígitos)

**Formato:** MCCMNC + MSIN

**Descripción:** Identidad Internacional de Suscriptor Móvil que identifica de manera única al suscriptor

### Ejemplo:

310260123456789

MCC MNC MSIN  
(310) (260) (123456789)

**Fuente:** Contexto del UE, recibido en la Solicitud de Creación de Sesión

### 3. event (Tipo de Evento CDR)

**Tipo:** Cadena

**Formato:** <bearer\_type>\_bearer\_<event>

**Valores:**

- default\_bearer\_start
- default\_bearer\_update
- default\_bearer\_end

- `dedicated_bearer_start`
- `dedicated_bearer_update`
- `dedicated_bearer_end`

**Determinación:**

- Si EBI (ID de Portadora EPS) es igual a LBI (ID de Portadora Vinculada): `default`
- Si EBI no es igual a LBI: `dedicated`

**Fuente:** Contexto de la portadora (comparación EBI vs LBI)

---

## 4. charging\_id (Identificador de Carga)

**Tipo:** Entero sin signo de 32 bits

**Descripción:** Identificador único para la correlación de carga a través de los elementos de la red

**Ejemplo:**

12345

**Fuente:** Asignado por PGW-C, recibido en la Respuesta de Creación de Sesión

**Uso:**

- Correlaciona eventos de carga a través de SGW y PGW
  - Utilizado en interfaces de carga Diameter Gy/Gz
  - Único por portadora
- 

## 5. msisdn (Número de Teléfono)

**Tipo:** Cadena (formato E.164)



**Descripción:** Número ISDN de la Estación Móvil (número de teléfono del suscriptor)

**Formato:** Código de país + número nacional

### Ejemplo:

15551234567  
 └──┬──────────┘  
 CC Nacional  
 (1) (5551234567)

**Fuente:** Contexto del UE, típicamente del HSS a través del MME

## 6. ue\_imei (Identidad del Equipo)

**Tipo:** Cadena (15 dígitos)

**Formato:** TAC (8) + SNR (6) + Spare (1)

**Descripción:** Identidad Internacional de Equipo Móvil (identificador del dispositivo)

### Ejemplo:

123456789012345  
└───┬───┘ └──┬──┘ └─┘  
TAC SNR S

**Fuente:** Contexto del UE, recibido del MME

## 7. timezone\_raw (Zona Horaria del UE)

**Tipo:** Cadena (actualmente reservado/vacío)

**Descripción:** Campo reservado para información de la zona horaria del UE

**Estado Actual:** No poblado (campo vacío en CSV)

**Uso Futuro:** Puede incluir el desplazamiento de la zona horaria y la bandera de horario de verano

**Ejemplo:**

, (campo vacío)

---

## 8. plmn (Identificador de Red)

**Tipo:** Entero (formato legado)

**Descripción:** Identificador de la Red Móvil Pública codificado como hexadecimal little-endian

**Proceso de Codificación:**

```
MCC: 505, MNC: 57
↓
"50557"
↓
Intercambiar pares: "055570"
↓
Hex a decimal: 0x055570 = 349552
```

**Ejemplo:**

349552 → MCC: 505, MNC: 57

**Fuente:** Información de ubicación del UE del MME

**Nota:** Este es un formato de codificación legado para compatibilidad hacia atrás

---

## 9. tac (Código de Área de Seguimiento)

**Tipo:** Entero sin signo de 16 bits

**Descripción:** El Código de Área de Seguimiento identifica el área de seguimiento donde se encuentra el UE

**Rango:** 0 - 65535

**Ejemplo:**

1234

**Fuente:** Información de ubicación del UE, recibida del MME en la Solicitud de Creación de Sesión

**Uso:**

- Identifica el área de gestión de movilidad
- Utilizado para paginación y actualizaciones de ubicación
- Parte de TAI (Identidad de Área de Seguimiento)

---

## 10. eci (Identificador de Celda E-UTRAN)

**Tipo:** Entero sin signo de 28 bits

**Descripción:** El Identificador de Celda E-UTRAN identifica de manera única la celda que sirve al UE

**Formato:** ID de eNodeB (20 bits) + ID de Celda (8 bits)

**Rango:** 0 - 268,435,455

**Ejemplo:**

5678

**Fuente:** Información de ubicación del UE del MME

**Uso:**

- Identifica la torre de celda y sector específicos
- Utilizado para la transferencia y gestión de movilidad
- Información de ubicación granular

---

## 11. **sgw\_ip** (IP del Plano de Control de SGW)

**Tipo:** Cadena (dirección IPv4 o IPv6)

**Descripción:** Dirección IP del plano de control S5/S8 de SGW-C (F-TEID)

**Formato:** Decimal con puntos (IPv4) o hexadecimal con dos puntos (IPv6)

**Ejemplo:**

```
10.0.0.15      (IPv4)
2001:db8::15   (IPv6)
```

**Fuente:** Configuración local, asignada a la interfaz S5/S8

---

## 12. **ue\_ip** (Dirección IP del UE)

**Tipo:** Cadena (formato IPv4|IPv6)

**Descripción:** Dirección IP asignada al UE para la conexión PDN

**Formato:** <ipv4>|<ipv6>

**Ejemplos:**

```
172.16.1.100|      (solo IPv4)
|2001:db8::1       (solo IPv6)
172.16.1.100|2001:db8::1 (dual-stack)
```

**Fuente:** Asignación de Dirección PDN (PAA) de PGW-C

**Notas:**

- IPv4 vacío: No se asignó dirección IPv4
  - IPv6 vacío: No se asignó dirección IPv6
  - Ambas presentes: Conexión PDN de doble pila
- 

## 13. pgw\_ip (IP del Plano de Control de PGW)

**Tipo:** Cadena (dirección IPv4 o IPv6)

**Descripción:** Dirección IP del plano de control S5/S8 de PGW-C (F-TEID remoto)

**Formato:** Decimal con puntos (IPv4) o hexadecimal con dos puntos (IPv6)

**Ejemplo:**

|              |        |
|--------------|--------|
| 10.0.0.20    | (IPv4) |
| 2001:db8::20 | (IPv6) |

**Fuente:** Recibido en la Respuesta de Creación de Sesión de PGW-C

---

## 14. apn (Nombre del Punto de Acceso)

**Tipo:** Cadena (hasta 100 caracteres)

**Descripción:** Nombre del Punto de Acceso que identifica la red externa (PDN)

**Formato:** Formato de etiqueta similar a DNS

**Ejemplos:**

```
internet
ims
mms
enterprise.corporate
```

**Fuente:** Recibido en la Solicitud de Creación de Sesión del MME

**Uso:**

- Determina a qué red externa conectarse
- Impulsa políticas y reglas de carga
- Puede determinar el grupo de direcciones IP

---

## 15. qci (Identificador de Clase de QoS)

**Tipo:** Entero sin signo de 8 bits

**Descripción:** El Identificador de Clase de QoS define la calidad de servicio de la portadora

**Rango:** 1 - 9 (estandarizado), 128-254 (específico del operador)

**Valores de QCI Estandarizados:**

| QCI | Tipo de Recurso | Prioridad | Retraso de Paquete | Pérdida de Paquete | Servicio de Ejemplo      |
|-----|-----------------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------------|
| 1   | GBR             | 2         | 100 ms             | $10^{-2}$          | Voz Conversacional       |
| 2   | GBR             | 4         | 150 ms             | $10^{-3}$          | Video Conversacional     |
| 3   | GBR             | 3         | 50 ms              | $10^{-3}$          | Juegos en Tiempo Real    |
| 4   | GBR             | 5         | 300 ms             | $10^{-6}$          | Video No Conversacional  |
| 5   | No-GBR          | 1         | 100 ms             | $10^{-6}$          | Señalización IMS         |
| 6   | No-GBR          | 6         | 300 ms             | $10^{-6}$          | Video (almacenado)       |
| 7   | No-GBR          | 7         | 100 ms             | $10^{-3}$          | Voz, Video, Juegos       |
| 8   | No-GBR          | 8         | 300 ms             | $10^{-6}$          | Video (almacenado)       |
| 9   | No-GBR          | 9         | 300 ms             | $10^{-6}$          | Portadora Predeterminada |

### Ejemplo:

9 → Portadora predeterminada (mejor esfuerzo)

**Fuente:** Parámetros de QoS de la portadora de PGW-C

## 16. octets\_in (Volumen Descendente)

**Tipo:** Entero sin signo de 64 bits

**Descripción:** Número de bytes transmitidos en la dirección descendente (red → UE)

**Unidades:** Bytes

**Ejemplo:**

1048576 → 1 MB descendente

**Fuente:** Medición de Volumen PFCP de PGW-U (a través de informes de uso URR)

**Notas:**

- Acumulativo para eventos `update`
  - Total final para eventos `end`
  - Siempre 0 para eventos `start`
  - Informes activados por el umbral de tiempo de URR (configurado a través de `usage_report_interval`)
- 

## 17. octets\_out (Volumen Ascendente)

**Tipo:** Entero sin signo de 64 bits

**Descripción:** Número de bytes transmitidos en la dirección ascendente (UE → red)

**Unidades:** Bytes

**Ejemplo:**

524288 → 512 KB ascendente



**Fuente:** Medición de Volumen PFCP de PGW-U (a través de informes de uso URR)

**Notas:**

- Acumulativo para eventos `update`
  - Total final para eventos `end`
  - Siempre 0 para eventos `start`
  - Informes activados por el umbral de tiempo de URR (configurado a través de `usage_report_interval`)
- 

## Ejemplos

### Ejemplo 1: Sesión Básica con Actualización Única

**Línea de Tiempo:**

1. Portadora establecida
2. 5 minutos después: Actualización de uso (10 MB descendente, 5 MB ascendente)
3. Sesión terminada

**Salida de CDR:**

```
# Archivo CDR de Datos:
# Hora de Inicio del Archivo: 10:00:00 (1726570800)
# Hora de Fin del Archivo: 11:00:00 (1726574400)
# Nombre del Gateway: pgw-c-01
# epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,e
1726570800,310260111111111,default_bearer_start,10001,1555111111,111
1726571100,310260111111111,default_bearer_update,10001,1555111111,11
1726571400,310260111111111,default_bearer_end,10001,1555111111,11111
```

---

## Ejemplo 2: Sesión de Doble Pila con Múltiples Actualizaciones

### Línea de Tiempo:

1. Portadora de doble pila establecida (IPv4 + IPv6)
2. Múltiples actualizaciones de uso
3. Sesión terminada

### Salida de CDR:

```
1726570800,3102602222222222,default_bearer_start,10002,15552222222,2222
1726571100,3102602222222222,default_bearer_update,10002,15552222222,2222
1726571400,3102602222222222,default_bearer_update,10002,15552222222,2222
1726571700,3102602222222222,default_bearer_update,10002,15552222222,2222
1726572000,3102602222222222,default_bearer_end,10002,15552222222,222222
```

---

## Ejemplo 3: Sesión con Portadora Dedicada

### Línea de Tiempo:

1. Portadora predeterminada establecida (QCI 9)
2. Portadora dedicada creada para video (QCI 6)
3. Actualizaciones de uso para ambas portadoras
4. Portadora dedicada eliminada
5. Portadora predeterminada terminada

### Salida de CDR:

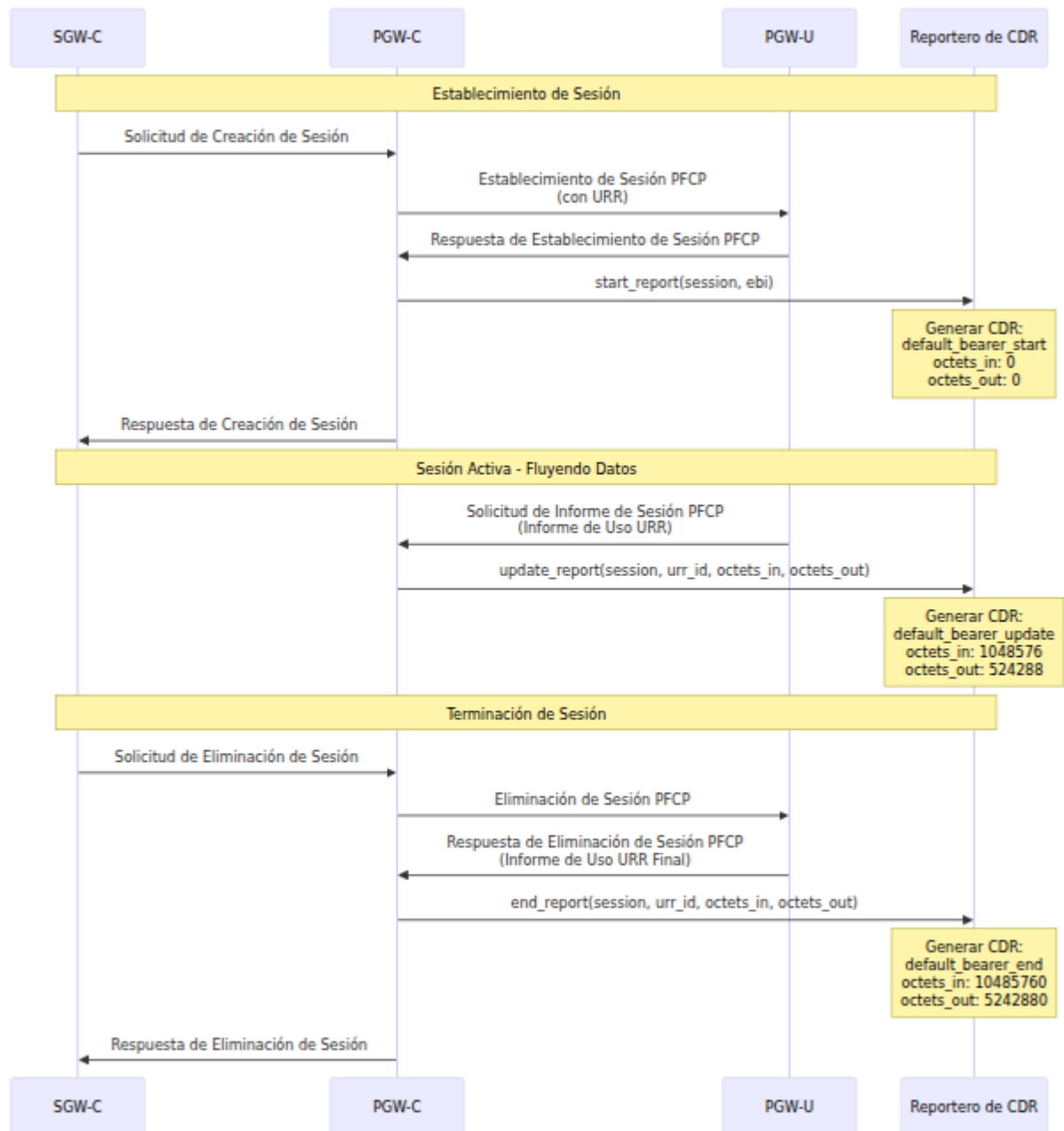
```
1726570800,3102603333333333,default_bearer_start,10003,15553333333,3333
1726571100,3102603333333333,dedicated_bearer_start,10004,15553333333,3333
1726571400,3102603333333333,default_bearer_update,10003,15553333333,3333
1726571400,3102603333333333,dedicated_bearer_update,10004,15553333333,3333
1726571700,3102603333333333,dedicated_bearer_end,10004,15553333333,3333
1726572000,3102603333333333,default_bearer_end,10003,15553333333,333333
```

**Análisis:**

- La portadora predeterminada (10003) transporta tráfico de fondo (10 MB descendente, 4 MB ascendente)
  - La portadora dedicada (10004) transporta tráfico de video (200 MB descendente, 2 MB ascendente)
  - Diferentes valores de QCI (9 frente a 6) reflejan un tratamiento de QoS diferente
-

# Integración

## Pipeline de Procesamiento de CDR



## Métodos de Recolección de CDR

### 1. Recolección Basada en Archivos:

```
# Monitorear directorio CDR (PGW-C)
inotifywait -m /var/log/pgw_c/cdrs/ -e close_write | while read
path action file; do
    # Rotación de archivo completada, procesar CDR
    process_cdr "$path$file"
done
```

## 2. Transmisión en Tiempo Real:

```
# Seguir y transmitir al pipeline de procesamiento
tail -F /var/log/pgw_c/cdrs/* | process_cdr_stream
```

---

# Documentación Relacionada

- [Gestión de Sesiones](#) - Ciclo de vida de la sesión y disparadores de CDR
- [Interfaz PFCP](#) - Informe de uso desde PGW-U a través de URRs
- [Guía de Monitoreo](#) - Métricas de generación de CDR y alertas
- [Guía de Configuración](#) - Parámetros de configuración de CDR y URR
- [Interfaz Diameter Gx](#) - Control de políticas para valores de QCI en CDRs
- [Interfaz Diameter Gy](#) - Integración de carga online

---

# Referencias 3GPP

- TS 32.251 - Carga de dominio de Paquetes (PS)
- TS 29.274 - Sistema de Paquetes Evolucionado (EPS) de 3GPP; protocolo GTP-C
- TS 29.244 - Interfaz entre nodos de CP y UP (PFCP) - **soporte URR**
- TS 32.298 - Codificación de CDR

---

**Formato de CDR** - *Registros de Carga Offline para PGW-C*

*Desarrollado por Omnitouch Network Services*

**Versión de Documentación: 1.0 Última Actualización: 2025-12-28**

# Documentación de la Interfaz Gx de Diameter

Función de Reglas de Políticas y Cargos (PCRF)

---

## Tabla de Contenidos

- Descripción General
  - Conceptos Básicos de la Interfaz Gx
  - Protocolo Diameter
  - Mensajes de Control de Crédito
  - Reglas de Políticas y Cargos
  - Configuración
  - Flujos de Mensajes
  - Manejo de Errores
  - Resolución de Problemas
- 

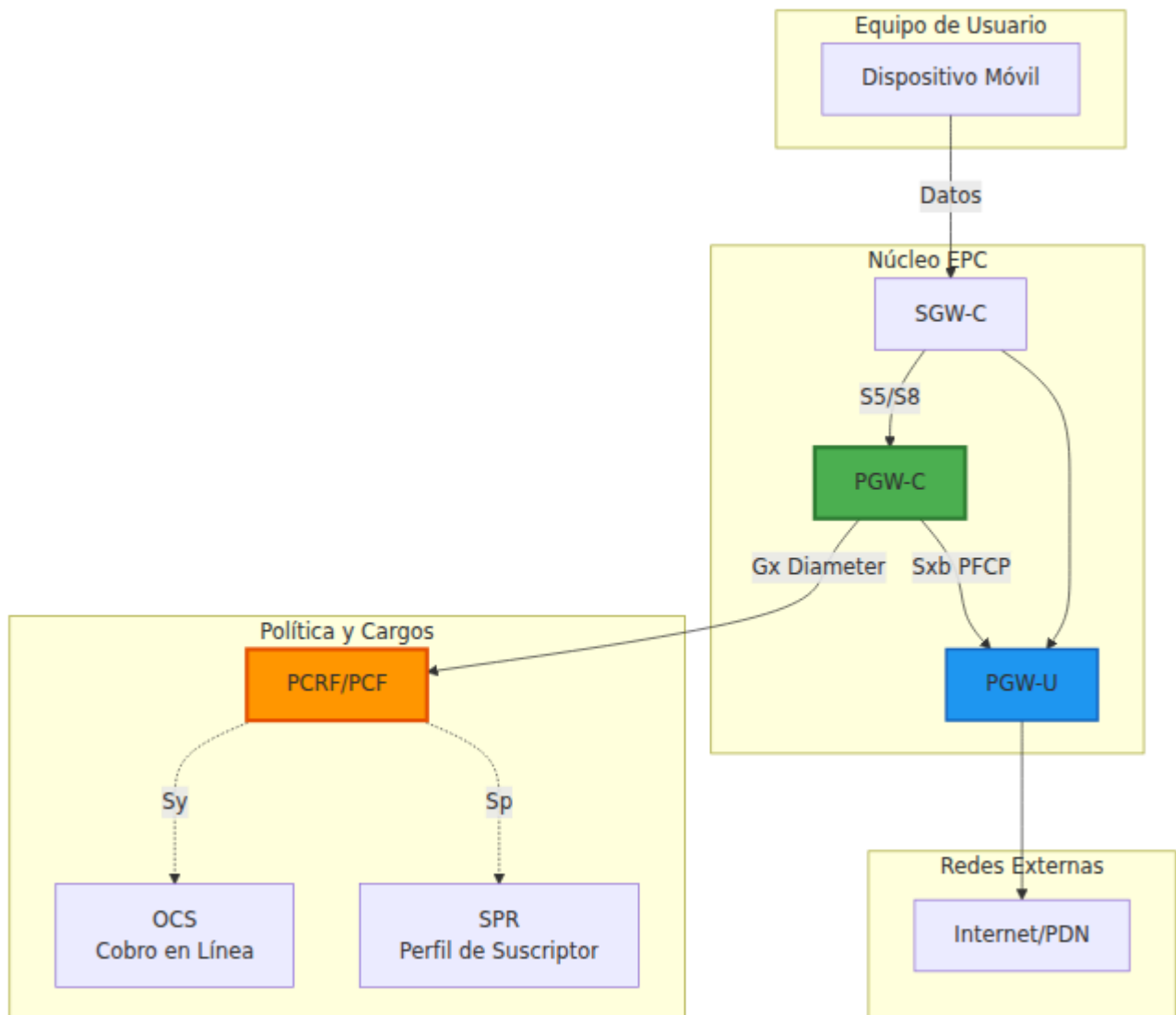
## Descripción General

La **interfaz Gx** conecta el PGW-C con el **PCRF (Función de Reglas de Políticas y Cargos)** o **PCF (Función de Control de Políticas)** en redes 5G. Esta interfaz permite:

- Control Dinámico de Políticas** - Aplicación de QoS y políticas en tiempo real
- Control de Cargos** - Autorización de crédito y seguimiento de uso
- Conciencia del Servicio** - Diferenciación de tráfico a nivel de aplicación

- **Gestión de Perfiles de Suscriptores** - Aplicación de políticas por usuario

## Gx en la Arquitectura de Red





## Funciones Clave

| Función                              | Descripción                                                     |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Provisionamiento de Políticas</b> | PCRF proporciona reglas PCC que definen cómo manejar el tráfico |
| <b>Control de QoS</b>                | Ajuste dinámico de tasas de bits y parámetros de QoS            |
| <b>Control de Cargos</b>             | Autorización de crédito para escenarios prepagados/postpagados  |
| <b>Control de Gating</b>             | Habilitar/deshabilitar flujos de tráfico según la política      |
| <b>Monitoreo de Uso</b>              | Seguimiento del consumo de datos por servicio                   |

## Conceptos Básicos de la Interfaz Gx

### Referencia 3GPP

- **Especificación:** 3GPP TS 29.212
- **ID de Aplicación Diameter:** 16777238 (Gx)
- **Protocolo:** Protocolo Base Diameter (RFC 6733)

### Concepto de Sesión

Cada conexión PDN de un UE tiene una **sesión Gx** correspondiente identificada por un **Session-ID**. Esta sesión:

- Se crea cuando el UE se conecta (CCR-Initial)

- Se actualiza durante la vida útil de la conexión (CCR-Update) - opcional
- Se termina cuando el UE se desconecta (CCR-Termination)

## Formato del ID de Sesión

Session-ID: <Origin-Host>;<high32>;<low32>[;<optional>]

Ejemplo: omni-

pgw\_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org;1234567890;98765

Componentes:

- **Origin-Host:** Identidad Diameter del PGW-C
  - **high32:** 32 bits altos del identificador único
  - **low32:** 32 bits bajos del identificador único
- 

## Protocolo Diameter

### Estructura del Mensaje

Los mensajes Diameter están codificados en binario con la siguiente estructura:

```
Encabezado Diameter (20 bytes)
├─ Versión (1 byte) = 1
├─ Longitud del Mensaje (3 bytes)
├─ Banderas (1 byte)
│   ├─ R: Solicitud (1) / Respuesta (0)
│   ├─ P: Proxiabile
│   ├─ E: Error
│   └─ 000 T: Potencialmente retransmitido
├─ Código de Comando (3 bytes)
├─ ID de Aplicación (4 bytes) = 16777238 (Gx)
├─ ID de Salto a Salto (4 bytes)
└─ ID de Fin a Fin (4 bytes)
```

```
AVPs (Pares Atributo-Valor)
├─ Encabezado AVP
│   ├─ Código AVP
│   ├─ Banderas (V, M, P)
│   ├─ Longitud AVP
│   └─ ID de Vendedor (opcional)
└─ Datos AVP
```

## Conceptos Clave de Diameter

### AVP (Par Atributo-Valor):

- Unidad de datos básica en Diameter
- Contiene un código, banderas y valor
- Puede estar anidado (AVP Agrupado)

### Comando:

- Par Solicitud/Respuesta
- CCR (Solicitud de Control de Crédito) / CCA (Respuesta de Control de Crédito)

### Códigos de Resultado:

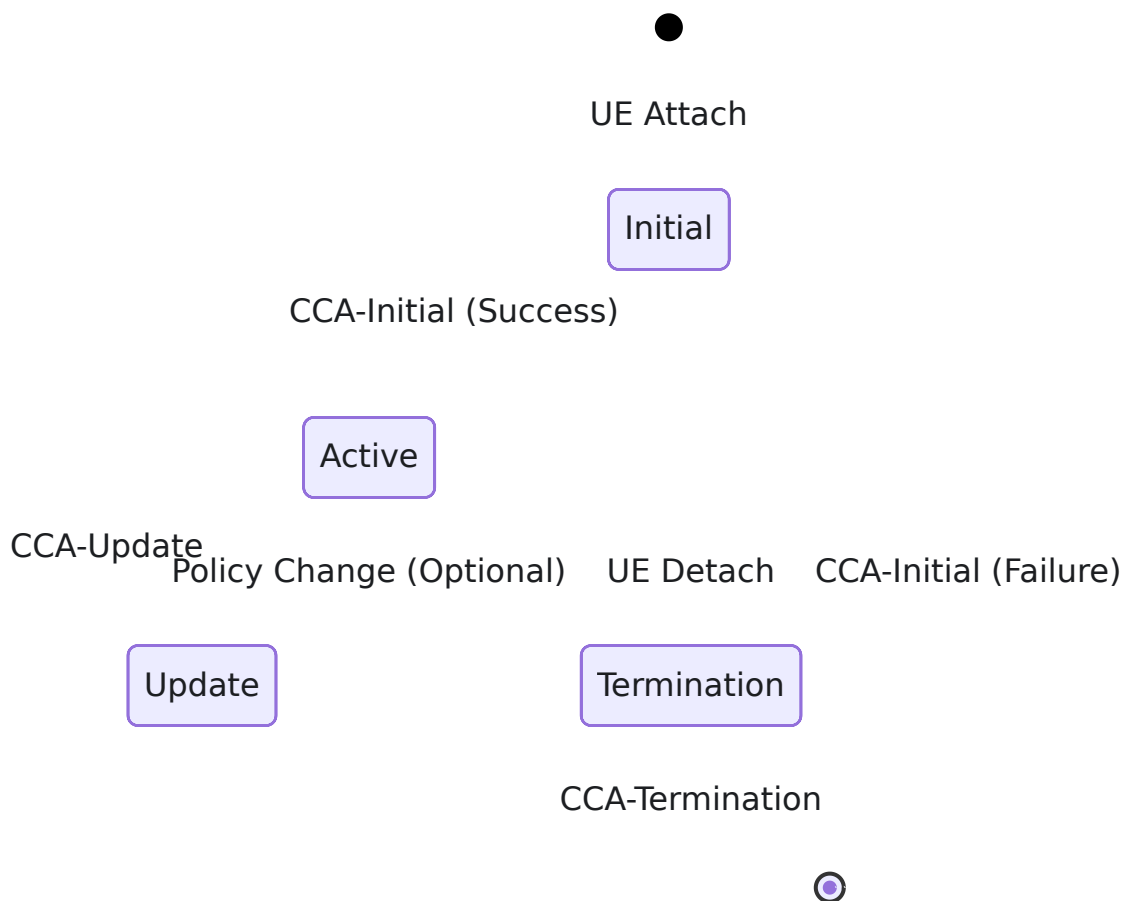
- 2001 - DIAMETER\_SUCCESS
- 3xxx - Errores de protocolo

- 4xxx - Fallos transitorios
  - 5xxx - Fallos permanentes
- 

# Mensajes de Control de Crédito

El PGW-C utiliza la **Aplicación de Control de Crédito Diameter** (RFC 4006) para Gx.

## Tipos de Mensajes



## CCR-Initial (Solicitud de Control de Crédito - Inicial)

**Cuándo:** El UE crea una nueva conexión PDN

**Propósito:**

- Solicitar reglas de políticas y cargos iniciales
- Proporcionar contexto del UE y de la red al PCRF
- Obtener parámetros de QoS y autorización de cargos

**AVPs Clave Enviados por PGW-C:**

| <b>Nombre AVP</b>       | <b>Código AVP</b> | <b>Tipo</b> | <b>Descripción</b>                  |
|-------------------------|-------------------|-------------|-------------------------------------|
| Session-Id              | 263               | UTF8String  | Identificador único de sesión Gx    |
| Auth-Application-Id     | 258               | Unsigned32  | 16777238 (Gx)                       |
| Origin-Host             | 264               | DiamIdent   | Identidad Diameter del PGW-C        |
| Origin-Realm            | 296               | DiamIdent   | Reino Diameter del PGW-C            |
| Destination-Realm       | 283               | DiamIdent   | Reino del PCRF                      |
| CC-Request-Type         | 416               | Enumerated  | 1 = INITIAL_REQUEST                 |
| CC-Request-Number       | 415               | Unsigned32  | Número de secuencia (comienza en 0) |
| Subscription-Id         | 443               | Grouped     | Identificador del UE (IMSI/MSISDN)  |
| Called-Station-Id       | 30                | UTF8String  | Nombre de APN                       |
| Framed-IP-Address       | 8                 | OctetString | Dirección IPv4 asignada al UE       |
| IP-CAN-Type             | 1027              | Enumerated  | 5 = 3GPP-EPS                        |
| RAT-Type                | 1032              | Enumerated  | 1004 = EUTRAN                       |
| QoS-Information         | 1016              | Grouped     | QoS actual (AMBR)                   |
| Network-Request-Support | 1024              | Enumerated  | Procedimientos iniciados por la red |

| Nombre AVP         | Código AVP | Tipo    | Descripción                 |
|--------------------|------------|---------|-----------------------------|
| Supported-Features | 628        | Grouped | Lista de características Gx |

### Ejemplo de Estructura CCR-I:

```

CCR (Código de Comando: 272, Solicitud)
├─ Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456"
├─ Auth-Application-Id: 16777238
├─ Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├─ Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├─ Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├─ CC-Request-Type: INITIAL_REQUEST (1)
├─ CC-Request-Number: 0
├─ Subscription-Id (Agrupado)
│   └─ Subscription-Id-Type: END_USER_IMSI (1)
│       └─ Subscription-Id-Data: "310260123456789"
├─ Called-Station-Id: "internet"
├─ Framed-IP-Address: 100.64.1.42
├─ IP-CAN-Type: 3GPP-EPS (5)
├─ RAT-Type: EUTRAN (1004)
├─ QoS-Information (Agrupado)
│   └─ APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL: 100000000 (100 Mbps)
│       └─ APN-Aggregate-Max-Bitrate-DL: 50000000 (50 Mbps)
├─ Network-Request-Support: 1
└─ Supported-Features: [...]

```

## CCA-Initial (Respuesta de Control de Crédito - Inicial)

**Enviado por:** PCRF en respuesta a CCR-I

### Propósito:

- Autorizar o rechazar la sesión
- Proporcionar reglas PCC para el manejo del tráfico

- Especificar parámetros de QoS

#### **AVPs Clave Recibidos por PGW-C:**

| <b>Nombre AVP</b>        | <b>Código AVP</b> | <b>Descripción</b>                             |
|--------------------------|-------------------|------------------------------------------------|
| Result-Code              | 268               | Éxito (2001) o código de error                 |
| Experimental-Result      | 297               | Códigos de resultado específicos del vendedor  |
| QoS-Information          | 1016              | QoS autorizada (puede diferir de la solicitud) |
| Charging-Rule-Install    | 1001              | Reglas PCC a activar                           |
| Charging-Rule-Definition | 1003              | Definiciones de reglas en línea                |
| Default-EPS-Bearer-QoS   | 1049              | QoS para el portador por defecto               |

#### **Ejemplo de Respuesta de Éxito:**



```
CCA (Código de Comando: 272, Respuesta)
├─ Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456"
├─ Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
├─ Origin-Host: "pcrf.example.com"
├─ Origin-Realm: "example.com"
├─ Auth-Application-Id: 16777238
├─ CC-Request-Type: INITIAL_REQUEST (1)
├─ CC-Request-Number: 0
├─ QoS-Information (Agrupado)
│   └─ APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL: 50000000 (50 Mbps -
reducido)
│   └─ APN-Aggregate-Max-Bitrate-DL: 100000000 (100 Mbps -
aumentado)
├─ Charging-Rule-Install (Agrupado)
│   └─ Charging-Rule-Name: "default_internet_rule"
│   └─ Charging-Rule-Name: "video_streaming_rule"
└─ Charging-Rule-Definition (Agrupado)
    └─ Charging-Rule-Name: "default_internet_rule"
    └─ QoS-Information: {...}
    └─ Precedence: 1000
```

## CCR-Termination (Solicitud de Control de Crédito - Terminación)

**Cuándo:** El UE se desconecta o se elimina la conexión PDN

**Propósito:**

- Notificar al PCRF sobre la terminación de la sesión
- Registro final de contabilidad/cargos

**Diferencias Clave de CCR-I:**

- CC-Request-Type: TERMINATION\_REQUEST (3)
- Puede incluir estadísticas de uso
- Conjunto de AVP simplificado

**Ejemplo CCR-T:**

```
CCR (Código de Comando: 272, Solicitud)
├─ Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456"
├─ Auth-Application-Id: 16777238
├─ Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├─ Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├─ Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├─ CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)
├─ CC-Request-Number: 1
└─ Termination-Cause: DIAMETER_LOGOUT (1)
```

## CCA-Termination

**Enviado por:** PCRF en respuesta a CCR-T

**Propósito:**

- Reconocer la terminación de la sesión
- No se devuelven reglas de políticas

**Ejemplo CCA-T:**

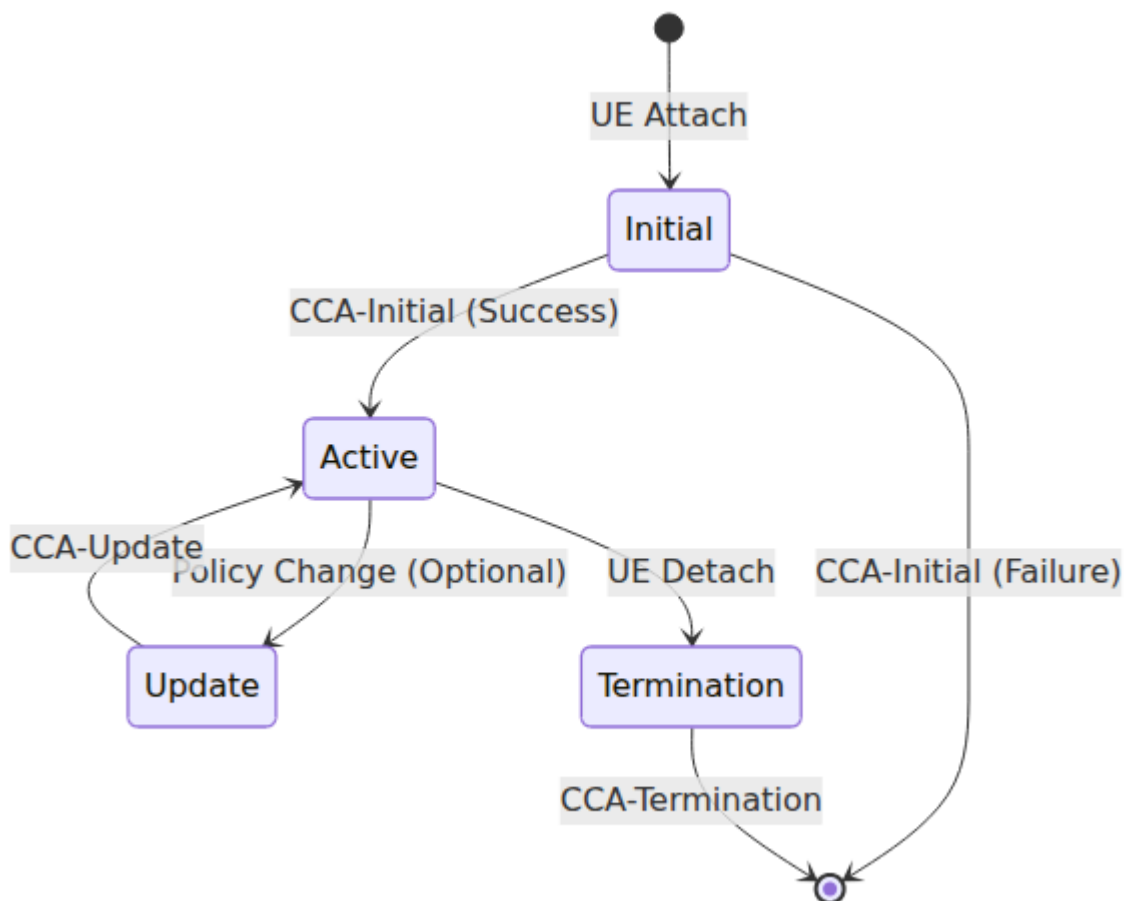
```
CCA (Código de Comando: 272, Respuesta)
├─ Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456"
├─ Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
├─ Origin-Host: "pcrf.example.com"
├─ Origin-Realm: "example.com"
├─ Auth-Application-Id: 16777238
├─ CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)
└─ CC-Request-Number: 1
```

---

# Reglas de Políticas y Cargos

## Estructura de la Regla PCC

Una **Regla PCC (Control de Políticas y Cargos)** define cómo manejar flujos de tráfico específicos:



## Componentes de la Regla

### 1. Nombre de la Regla:

- Identificador único para la regla
- Ejemplo: "video\_streaming\_rule"

### 2. Precedencia:

- Número más bajo = mayor prioridad
- Rango: 0-65535
- Se utiliza cuando múltiples reglas coinciden

### 3. Filtros de Flujo (TFT - Plantilla de Flujo de Tráfico):

- Define qué paquetes coinciden con esta regla
- Ejemplos:
  - Tupla IP 5: Protocolo, IP de origen/destino, Puerto de origen/destino

- "permit out ip from any to 8.8.8.8 80"

#### 4. Información de QoS:

- **QCI (Identificador de Clase de QoS):** 1-9 (estandarizado), 128-254 (específico del operador)
  - QCI 1: Voz Conversacional
  - QCI 5: Señalización IMS
  - QCI 9: Internet por Defecto
- **ARP (Prioridad de Asignación y Retención):** Capacidad de preempción
- **MBR/GBR:** Tasas de bits máximas/garantizadas

#### 5. Información de Cargos:

- **Grupo de Tarifas:** Identifica la categoría de cargos (utilizado por OCS - ver [Interfaz Diameter Gy](#))
- **Método de Medición:** Basado en volumen, tiempo o evento
- **Cobro en Línea/Fuera de Línea:** OCS (prepagado a través de [Diameter Gy](#)) vs. CDRs fuera de línea (postpagado - ver [Formato de CDR de Datos](#))

#### 6. Estado de Gating:

- **ABIERTO:** Permitir tráfico
- **CERRADO:** Bloquear tráfico

## Provisionamiento Dinámico de Reglas

El PCRF puede proporcionar reglas de dos maneras:

#### 1. Reglas Predefinidas (por nombre):

```
Charging-Rule-Install (Agrupado)
├─ Charging-Rule-Name: "gold_subscriber_internet"
└─ Charging-Rule-Name: "video_qos_boost"
```

#### 2. Reglas Dinámicas (definición en línea):

```
Charging-Rule-Definition (Agrupado)
├─ Charging-Rule-Name: "dynamic_rule_123"
├─ Precedence: 100
├─ Flow-Information (Agrupado)
│   ├─ Flow-Description: "permit out ip from any to 192.0.2.0/24"
│   └─ Flow-Direction: DOWNLINK
├─ QoS-Information (Agrupado)
│   ├─ QoS-Class-Identifier: 5
│   ├─ Max-Requested-Bandwidth-UL: 100000000
│   └─ Max-Requested-Bandwidth-DL: 500000000
└─ Rating-Group: 1000
```

## AVP de Información de QoS

### APN-AMBR (Tasa Máxima Agregada):

Aplica a todos los portadores no-GBR para este APN:

```
QoS-Information (Agrupado)
├─ APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL: 100000000 # 100 Mbps
└─ APN-Aggregate-Max-Bitrate-DL: 200000000 # 200 Mbps
```

### Respuesta del PGW-C:

- Actualiza el estado interno de AMBR
- Envía una Solicitud de Modificación de Sesión al PGW-U con el QER actualizado

---

## Configuración

### Configuración Básica de Gx

Edita `config/runtime.exs`:

```

config :pgw_c,
  diameter: %{
    # Dirección IP para escuchar conexiones Diameter
    listen_ip: "0.0.0.0",

    # Identidad Diameter del PGW-C (Origin-Host)
    host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

    # Reino Diameter del PGW-C (Origin-Realm)
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

    # Lista de pares PCRF
    peer_list: [
      %{
        # Identidad Diameter del PCRF
        host: "pcrf.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

        # Reino del PCRF (generalmente el mismo que el reino del
PGW-C)
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

        # Dirección IP del PCRF
        ip: "10.0.0.30",

        # Si el PGW-C inicia la conexión al PCRF
        # true = PGW-C se conecta al PCRF
        # false = Esperar a que el PCRF se conecte
        initiate_connection: true
      }
    ]
  }
}

```

## Múltiples Pares PCRF

Para redundancia o distribución geográfica:

```

config :pgw_c,
  diameter: %{
    listen_ip: "0.0.0.0",
    host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    peer_list: [
      %{
        host: "pcrf-primary.example.com",
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "10.0.1.30",
        initiate_connection: true
      },
      %{
        host: "pcrf-backup.example.com",
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "10.0.2.30",
        initiate_connection: true
      }
    ]
  }
}

```

## Balanceo de Carga:

- El protocolo Diameter maneja la selección de pares
- Las solicitudes se distribuyen según la disponibilidad
- Failover automático en caso de fallo de un par

## Resolución de Nombres de Host

**Las Identidades Diameter deben ser FQDNs** (Nombres de Dominio Completamente Calificados):

```

# CORRECTO - formato FQDN
host: "pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"

# INCORRECTO - No es una identidad Diameter válida
host: "pgw_c"
host: "10.0.0.20" # No se permiten direcciones IP

```

## Formato del Reino:

- Debe ser un nombre de dominio válido
- Generalmente coincide con el formato PLMN de 3GPP:

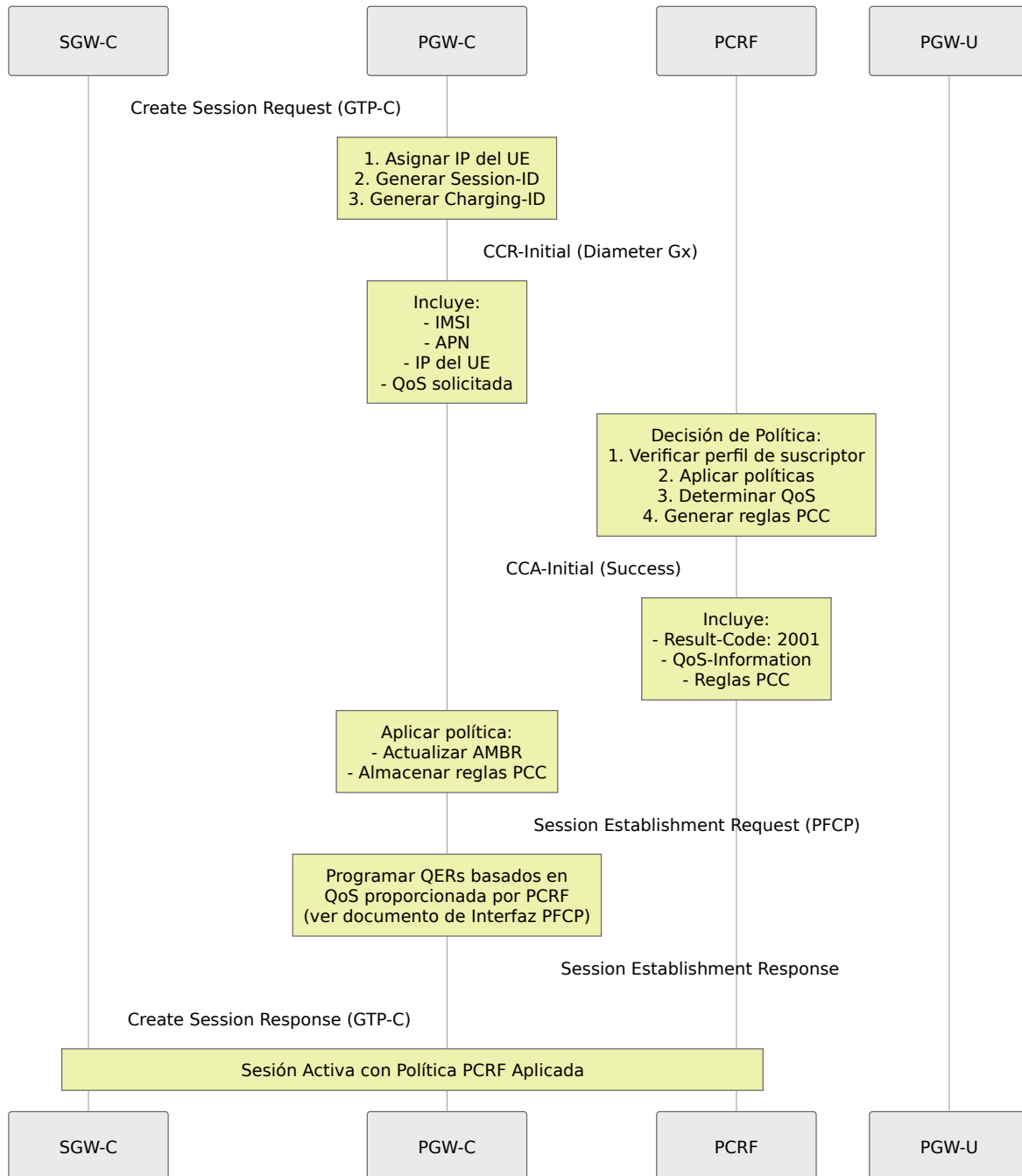
`epc.mncXXX.mccYYY.3gppnetwork.org`

---



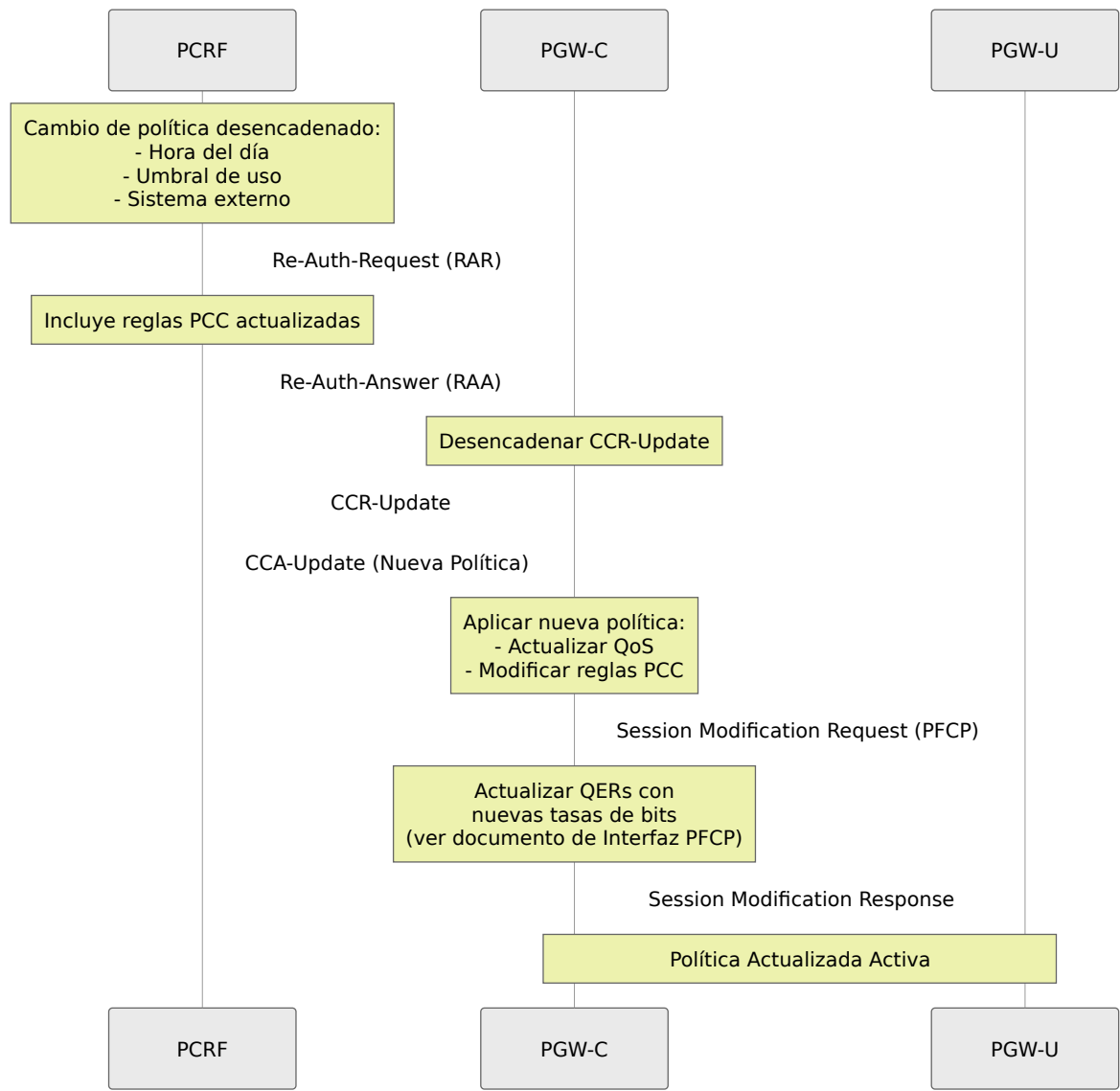
# Flujos de Mensajes

## Establecimiento Exitoso de Sesión

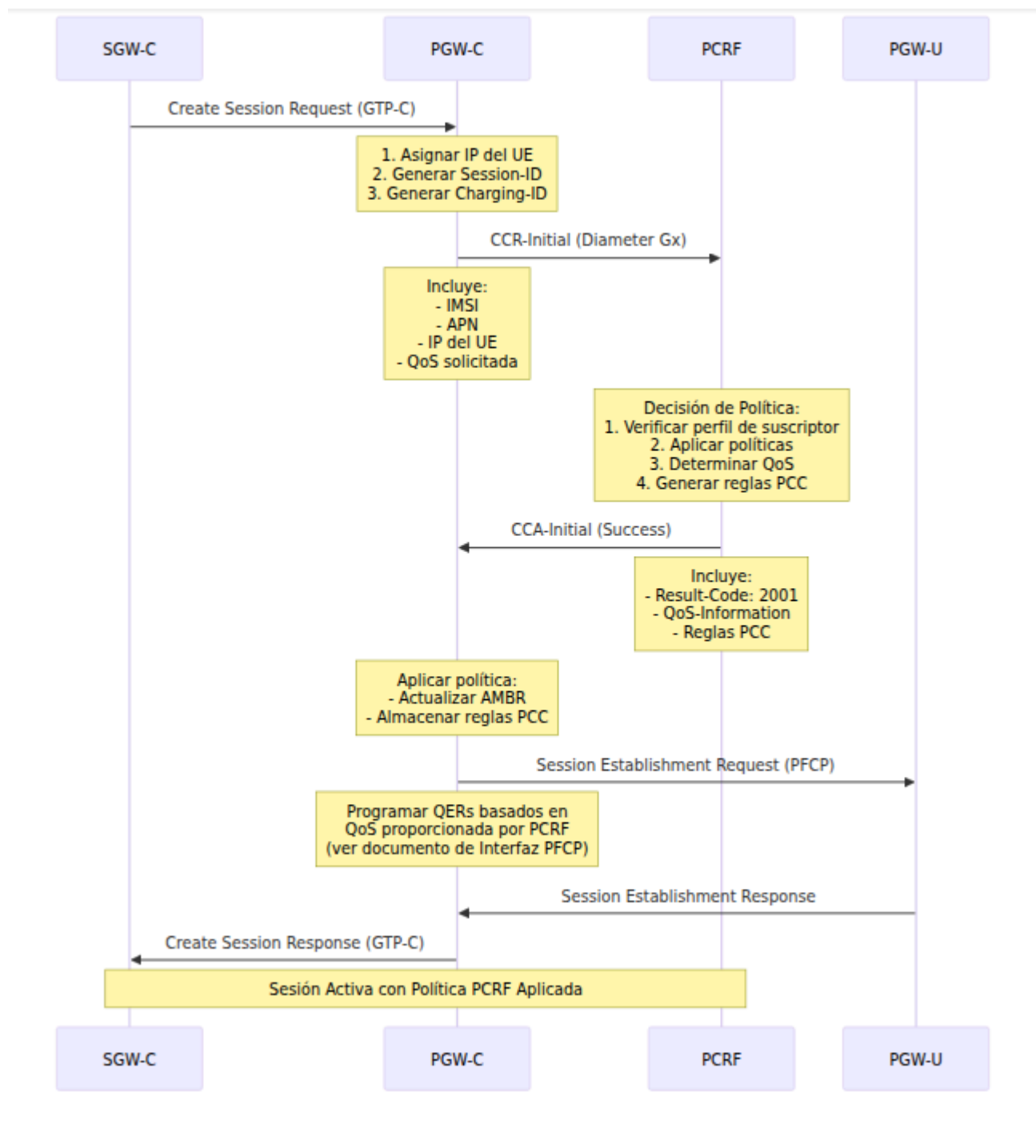


**Nota:** Los parámetros de QoS del PCRF se traducen en QERs (Reglas de Aplicación de QoS) y se programan en el PGW-U a través de PFCP. Ver [Interfaz PFCP](#) para detalles de QER.

# Actualización de Política (Iniciada por la Red)



# Terminación de Sesión



## Manejo de Errores

### Códigos de Resultado

El PGW-C maneja varios códigos de resultado Diameter en mensajes CCA:

**Códigos de Éxito:**

| <b>Código</b> | <b>Nombre</b>    | <b>Acción</b>                             |
|---------------|------------------|-------------------------------------------|
| 2001          | DIAMETER_SUCCESS | Continuar el establecimiento de la sesión |

**Fallos Permanentes (5xxx):**

| <b>Código</b> | <b>Nombre</b>                     | <b>Acción del PGW-C</b>               |
|---------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 5002          | DIAMETER_UNKNOWN_SESSION_ID       | Registrar error, fallar sesión        |
| 5030          | DIAMETER_USER_UNKNOWN             | Rechazar sesión (Usuario Desconocido) |
| 5140          | DIAMETER_ERROR_INITIAL_PARAMETERS | Registrar error, reintentar o fallar  |
| 5003          | DIAMETER_AUTHORIZATION_REJECTED   | Rechazar sesión (No Autorizado)       |

**Fallos Transitorios (4xxx):**

| <b>Código</b> | <b>Nombre</b>                    | <b>Acción del PGW-C</b>           |
|---------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 4001          | DIAMETER_AUTHENTICATION_REJECTED | Reintentar o fallar sesión        |
| 4010          | DIAMETER_TOO_BUSY                | Reintentar con retroceso          |
| 4012          | DIAMETER_UNABLE_TO_COMPLY        | Registrar error, puede reintentar |

# Códigos de Resultado Experimentales

Códigos de error específicos del vendedor:

```
Experimental-Result (Agrupado)
├─ Vendor-Id: 10415 (3GPP)
└─ Experimental-Result-Code: <código específico del vendedor>
```

## Códigos Experimentales Comunes de 3GPP:

| Código | Nombre                       | Significado                     |
|--------|------------------------------|---------------------------------|
| 5065   | IP_CAN_SESSION_NOT_AVAILABLE | PCRF no puede establecer sesión |
| 5143   | INVALID_SERVICE_INFORMATION  | Datos del servicio inválidos    |

## Manejo de Timeout

### Timeout de CCR-I:

Si el PCRF no responde a CCR-Initial dentro del tiempo de espera:

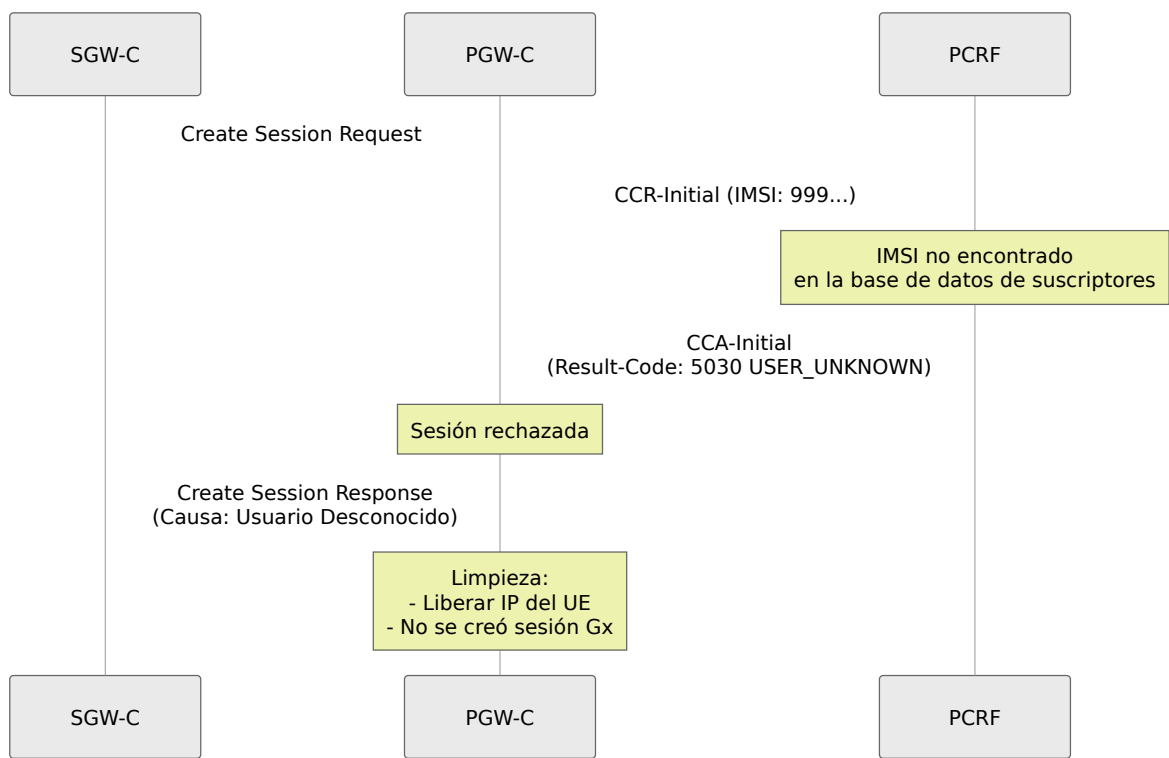
1. PGW-C espera el tiempo de espera configurado (por ejemplo, 5 segundos)
2. Si no se recibe CCA:
  - Registrar: "Timeout de CCR-Initial para Session-ID: ..."
  - Responder al SGW-C con causa de error
  - Limpiar recursos asignados
3. SGW-C recibe: Create Session Response (Causa: Remote Peer Not Responding)

### Respuesta de Error al SGW-C:

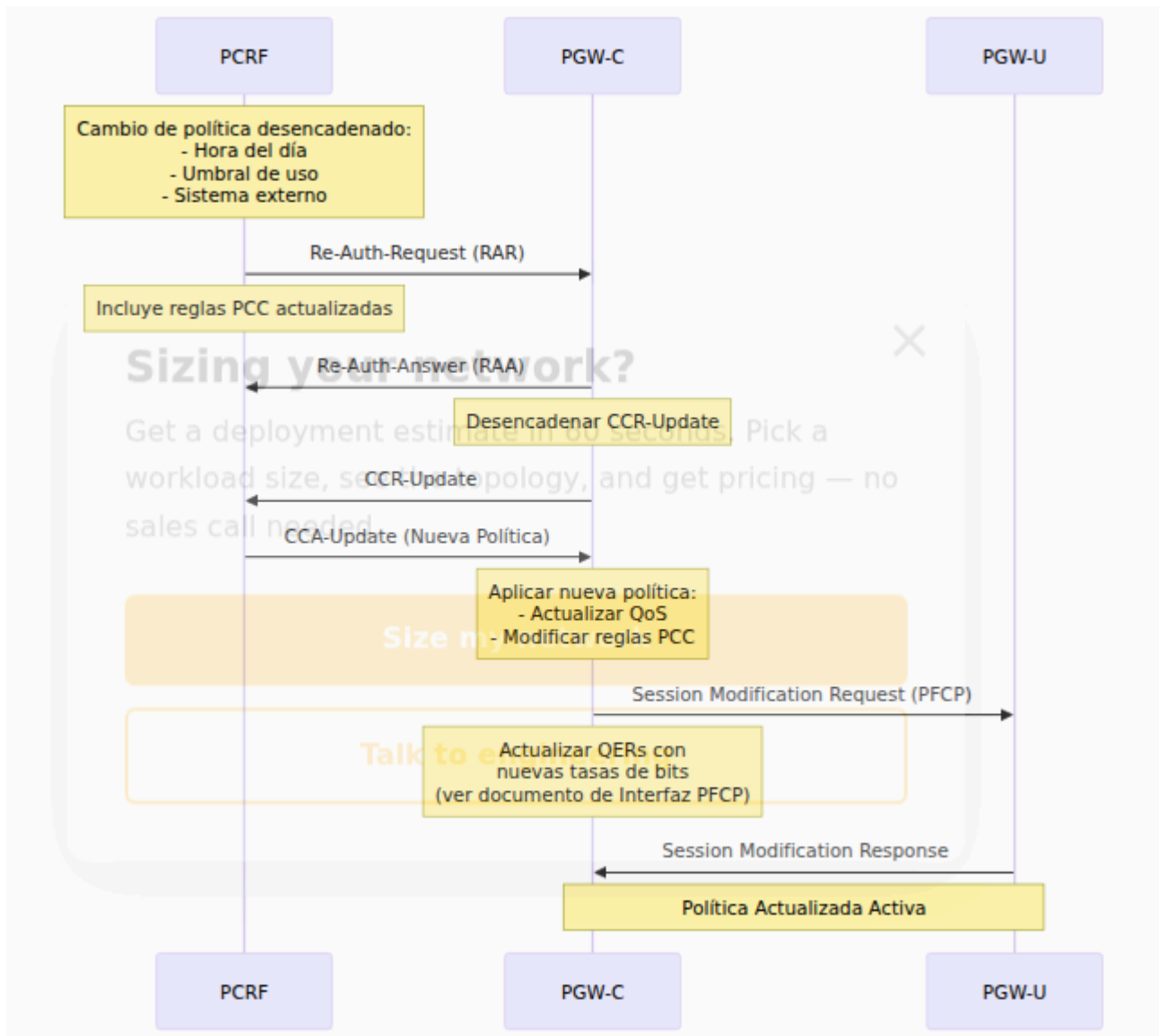
Cuando CCR-Initial se agota, el PGW-C envía una Create Session Response con el código de causa `:remote_peer_not_responding` al SGW-C.

# Escenarios de Fallo

## Escenario 1: PCRF Rechaza la Sesión (Usuario Desconocido)



## Escenario 2: PCRF Temporalmente No Disponible



# Resolución de Problemas

## Problemas Comunes

### 1. Falla de Conexión con el Par Diameter

#### Síntomas:

- Registro: "Par Diameter no conectado"
- No se envió CCR-Initial

#### Causas Posibles:

- PCRF no accesible
- IP del PCRF incorrecta en la configuración
- Firewall bloqueando el puerto Diameter (3868)
- Identidades Diameter incorrectas (host/reino)

### Resolución:

```
# Probar conectividad de red
ping <pcrf_ip>

# Probar puerto Diameter (TCP 3868)
telnet <pcrf_ip> 3868

# Verificar configuración de identidad Diameter
# Asegurarse de que host y reino sean FQDNs, no IPs
```

### Verificar Configuración:

```
config :pgw_c,
  diameter: %{
    # Debe ser FQDN, no IP
    host: "pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    peer_list: [
      %{
        host: "pcrf.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "10.0.0.30"
      }
    ]
  }
}
```

## 2. Timeouts de CCR-Initial

### Síntomas:

- Falla en Create Session Request
- Registro: "Timeout de CCR-Initial"

### Causas Posibles:



- PCRF sobrecargado
- Latencia de red
- PCRF no respondiendo a este Session-ID

### Resolución:

1. Verificar registros del PCRF para errores
2. Verificar que el PCRF esté procesando solicitudes
3. Verificar latencia de red: `ping <pcrf_ip>`
4. Aumentar el tiempo de espera si la latencia de la red es alta

## 3. Sesiones Rechazadas por el PCRF

### Síntomas:

- CCA-Initial con Result-Code != 2001
- Falla en Create Session Response

### Códigos de Resultado Comunes:

| Código de Resultado | Causa Probable                              | Resolución                               |
|---------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|
| 5030                | IMSI no en la base de datos de suscriptores | Provisionar suscriptor en HSS/SPR        |
| 5003                | Autorización rechazada                      | Verificar permisos del suscriptor        |
| 4010                | PCRF demasiado ocupado                      | Reintentar o aumentar capacidad del PCRF |

### Verificar Registros:

```
# Los registros del PGW-C muestran:  
[error] Error Diameter Gx: Result-Code 5030  
(DIAMETER_USER_UNKNOWN)  
[error] IMSI 310260999999999 rechazado por PCRF
```

## 4. QoS No Aplicado

### Síntomas:

- Sesión establecida pero QoS incorrecto
- Tasas de bits no coinciden con los valores esperados

### Pasos de Depuración:

#### 1. Verificar CCA-Initial:

- Verificar que el AVP `QoS-Information` esté presente
- Verificar los valores de `APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL/DL`

#### 2. Verificar Establecimiento de Sesión PFCP:

- Verificar que se haya creado QER con los valores MBR correctos
- Verificar registros del PGW-U para la instalación de QER

#### 3. Verificar Política del PCRF:

- Verificar configuración del PCRF
- Verificar que el perfil del suscriptor incluya QoS correcto

## 5. Problemas de Enrutamiento Diameter

### Síntomas:

- Mensajes Diameter no llegan al PCRF
- Registro: "No hay ruta al Destination-Realm"

### Causa:

- Desajuste de reino entre configuración y mensajes

## Resolución:

Asegurar consistencia:

```
# Todos deben coincidir
config :pgw_c,
  diameter: %{
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org", # Reino del PGW-C
    peer_list: [
      %{
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org" # Reino del
        PCRF (generalmente el mismo)
      }
    ]
  }
}
```

## En CCR-Initial:

```
Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
```

# Monitoreo de la Salud de Gx

## Métricas Clave:

```

# Tasas de mensajes Gx
rate(gx_inbound_messages_total{message_type="gx_CCA"}[5m])
rate(gx_outbound_messages_total{message_type="gx_CCR"}[5m])

# Tasas de errores Gx
rate(gx_inbound_errors_total[5m])

# Tasa de éxito de respuestas Gx (nueva métrica)
sum(rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class="2xxx"}[5m])) /
sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) * 100

# Fallos de respuestas Gx por host PCRF
rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class!="2xxx"}[5m])
by (diameter_host)

# Conteo de sesiones Gx
session_id_registry_count

# Duración del manejo de mensajes Gx
histogram_quantile(0.95,
rate(gx_inbound_handling_duration_bucket[5m]))

```

## Métricas de Respuesta por Clase de Código de Resultado:

La métrica `gx_outbound_responses_total` proporciona visibilidad detallada sobre las respuestas Diameter enviadas a pares PCRF, categorizadas por:

- `message_type`: Tipo de mensaje de respuesta (`gx_RAA`, `gx_CCA`)
- `result_code_class`: Categoría de código de resultado (`2xxx`, `3xxx`, `4xxx`, `5xxx`)
- `diameter_host`: Par PCRF que recibe la respuesta

## Códigos de Resultado Comunes:

- **2001** (DIAMETER\_SUCCESS) - Respuesta exitosa
- **3001** (DIAMETER\_COMMAND\_UNSUPPORTED) - Error de protocolo
- **5012** (DIAMETER\_UNABLE\_TO\_COMPLY) - No se puede ejecutar la solicitud
- **5030** (DIAMETER\_USER\_UNKNOWN) - Suscriptor no encontrado

## Ejemplos de Alertas:

```
# Alerta sobre alta tasa de errores Gx
- alert: GxErrorRateHigh
  expr: rate(gx_inbound_errors_total[5m]) > 0.1
  for: 5m
  annotations:
    summary: "Se detectó alta tasa de errores Gx"

# Alerta sobre alta tasa de fallos de respuesta Gx
- alert: GxResponseFailureRate
  expr: |

sum(rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class!="2xxx"}
[5m])) /
  sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) > 0.1
  for: 5m
  annotations:
    summary: "Alta tasa de fallos de respuesta Gx"
    description: "Más del 10% de las respuestas Gx son fallos"

# Alerta sobre rechazo de sesión
- alert: GxSessionRejection
  expr: rate(gx_inbound_errors_total{result_code="5030"}[5m]) >
0.01
  for: 5m
  annotations:
    summary: "PCRF rechazando sesiones (USER_UNKNOWN)"
```

## Registro de Depuración

Habilitar registro detallado de Diameter:

```
# config/runtime.exs
config :logger, level: :debug

# 0 en tiempo de ejecución
iex> Logger.configure(level: :debug)
```

**Buscar:**

- [debug] Enviando CCR-Initial para Session-ID: ...
  - [debug] Recibido CCA-Initial: Result-Code 2001
  - [error] Error Diameter: ...
- 

# Interfaz Web - Monitoreo de Pares Diameter

OmniPGW incluye una interfaz web en tiempo real para monitorear conexiones y estado de pares Diameter.

## Página de Pares Diameter

**Acceso:** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/diameter`

**Propósito:** Monitorear la conectividad de pares Diameter Gx al PCRF en tiempo real

### Características:

#### 1. Resumen de Conexión de Pares

- **Conteo Conectado** - Número de pares PCRF con conexión activa
- **Conteo Desconectado** - Número de pares configurados pero no conectados
- Se actualiza automáticamente cada 1 segundo (la actualización más rápida de todas las páginas)

## 2. Información de Estado por Par Para cada par PCRF configurado:

- **Host** - Identidad Diameter (Origin-Host)
- **Dirección IP** - IP del PCRF
- **Puerto** - Puerto Diameter (por defecto 3868)
- **Estado** - Conectado (verde) / Desconectado (rojo)
- **Transporte** - TCP o SCTP
- **Iniciación de Conexión** - Quién inicia (PGW o PCRF)
- **Reino** - Reino Diameter
- **Nombre del Producto** - Identificador del producto PCRF (si se anuncia)
- **IDs de Aplicación** - Aplicaciones Diameter soportadas (por ejemplo, Gx = 16777238)

## 3. Detalles Expandibles Haz clic en cualquier fila de par para ver:

- Configuración completa del par
- Detalles de Intercambio de Capacidades (CER/CEA)
- Características soportadas
- Estado completo de la conexión

# Casos de Uso Operacionales

## Monitorear Conectividad del PCRF:

1. Abrir la página Diameter en el navegador
2. Verificar que todos los pares PCRF muestren "Conectado"
3. Verificar que la Iniciación de Conexión coincida con la configuración
4. Verificar que los IDs de Aplicación incluyan Gx (16777238)

## Resolver Fallos en la Creación de Sesiones (Problemas Gx):

1. Sesiones de usuario fallando con errores de "timeout PCRF"
2. Abrir la página Diameter
3. Verificar estado del par:
  - ¿Desconectado?
    - Verificar conectividad de red
    - Verificar que el PCRF esté en ejecución
    - Verificar reglas de firewall para TCP 3868
  - ¿Conectado pero sesiones fallando?
    - El problema está a nivel de aplicación (ver registros)
    - El PCRF puede estar rechazando suscriptores

## Verificar Configuración de Diameter:

1. Después de configurar un nuevo par PCRF
2. Abrir la página Diameter
3. Verificar que el par aparezca en la lista
4. Verificar que el estado cambie a "Conectado"
5. Expandir el par para verificar:
  - El reino coincide con la configuración
  - Los IDs de Aplicación incluyen Gx
  - El Nombre del Producto muestra el identificador del PCRF

## Monitorear Failover:

- Escenario: El PCRF primario falla
1. La página Diameter muestra "Desconectado" en el primario
  2. Verificar que el PCRF de respaldo siga "Conectado"
  3. Las nuevas sesiones utilizan automáticamente el respaldo
  4. Cuando el primario se recupera, el estado vuelve a "Conectado"

## Detectar Problemas de Enrutamiento Diameter:

- El par muestra "Conectado" pero el reino es incorrecto
- Los IDs de Aplicación no incluyen Gx (16777238)
- El Nombre del Producto no coincide con el esperado del PCRF



## Identificar Desajustes de Configuración:

La interfaz web muestra:

Iniciación de Conexión: "El par inicia"

Pero la configuración dice:

`initiate_connection: true`

Esto indica:

- OmniPGW intenta conectarse
- Pero el PCRF también está iniciando
- Puede causar condiciones de carrera en la conexión

## Ventajas:

- **Tasa de actualización más rápida** - Actualizaciones cada segundo
- **Estado de conexión visual** - Indicación inmediata en rojo/verde
- **No se necesitan herramientas Diameter** - No es necesario usar herramientas CLI de diameter
- **Configuración del par visible** - Verificar configuraciones sin revisar archivos de configuración
- **Detalles a nivel de aplicación** - Ver aplicaciones Diameter soportadas
- **Verificación de reino** - Confirmar configuración de enrutamiento Diameter

## Integración con Métricas

Mientras que la interfaz web proporciona estado en tiempo real, combina con Prometheus para:

- Tasas de error históricas de Gx
- Conteos de mensajes CCR/CCA
- Tendencias de latencia

Interfaz web = "¿Está funcionando bien ahora?" Métricas = "¿Cómo ha estado funcionando a lo largo del tiempo?"

---

# Documentación Relacionada

## Configuración y Política

- **Guía de Configuración** - Configuración de Diameter, configuración de pares PCRF
- **Interfaz PFCP** - Aplicación de QoS a través de QERs de reglas PCC
- **Gestión de Sesiones** - Ciclo de vida de la sesión con integración de políticas
- **QoS y Gestión de Portadores** - Configuración detallada de QoS y configuración de portadores

## Integración de Cargos

- **Interfaz Diameter Gy** - Cobro en línea desencadenado por reglas PCC
- **Formato de CDR de Datos** - Registros de cargos fuera de línea con información de políticas
- **Configuración PCO** - Entrega P-CSCF para control de políticas IMS

## Operaciones

- **Guía de Monitoreo** - Métricas de Gx, seguimiento de políticas, alertas de conectividad PCRF
- **Interfaz S5/S8** - Integración de gestión de portadores con políticas

---

**Volver a la Guía de Operaciones**

# Carga en Línea de Diámetro (Interfaz Gy/Ro)

Interfaz del Sistema de Carga en Línea (OCS)

---

## Tabla de Contenidos

1. Descripción General
  2. Arquitectura de Carga 3GPP
  3. Fundamentos de la Interfaz Gy/Ro
  4. Mensajes de Control de Crédito
  5. Flujos de Carga en Línea
  6. Control de Carga de Portadora
  7. Control de Crédito de Múltiples Servicios
  8. Configuración
  9. Flujos de Mensajes
  10. Manejo de Errores
  11. Integración con Gx
  12. Solución de Problemas
- 

## Descripción General

La **interfaz Gy** (también llamada **interfaz Ro** en contextos IMS) conecta PGW-C al **Sistema de Carga en Línea (OCS)** para el control de crédito en tiempo real. Esto permite:

- **Carga Prepagada** - Autorización y deducción de crédito en tiempo real

- **Control de Crédito en Tiempo Real** - Conceder cuota antes de la entrega del servicio
- **Carga Basada en Servicio** - Diferente carga para voz, datos, SMS, etc.
- **Actualizaciones Inmediatas de Cuenta** - Actualizaciones del saldo de crédito en tiempo real
- **Negación de Servicio** - Bloquear el servicio cuando se agota el crédito

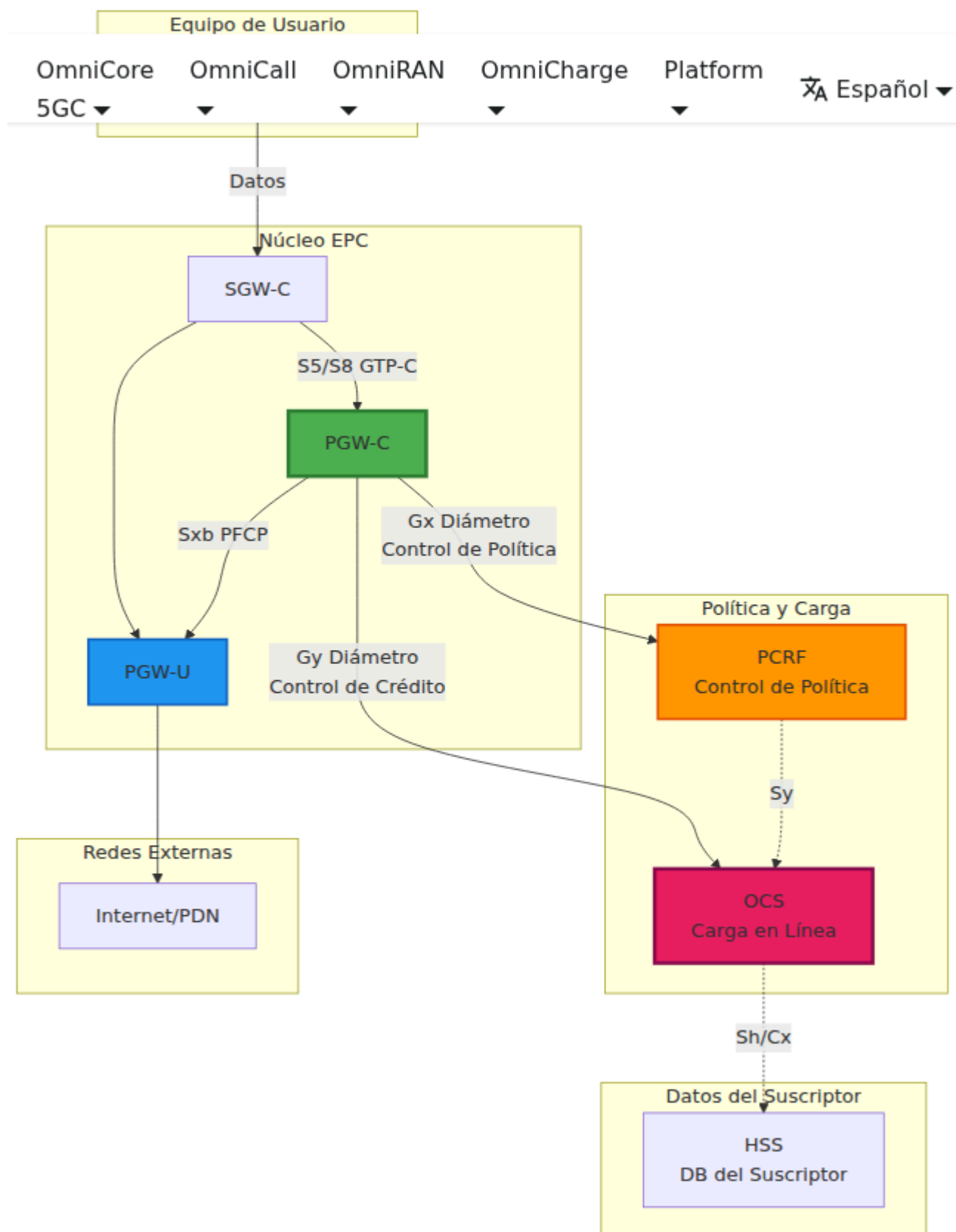
## Carga en Línea vs. Carga Fuera de Línea

| Aspecto                        | Carga en Línea (Gy/Ro)              | Carga Fuera de Línea (Gz/Rf)        |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Tiempo</b>                  | En tiempo real, antes del servicio  | Después de la entrega del servicio  |
| <b>Caso de Uso</b>             | Suscriptores prepagados             | Suscriptores postpagados            |
| <b>Verificación de Crédito</b> | Sí, antes de conceder el servicio   | No, la factura se genera más tarde  |
| <b>Sistema</b>                 | OCS (Sistema de Carga en Línea)     | CGF/CDF (Función de Datos de Carga) |
| <b>Riesgo</b>                  | Sin pérdida de ingresos             | Riesgo de facturas impagas          |
| <b>Complejidad</b>             | Alta (requisitos en tiempo real)    | Menor (procesamiento por lotes)     |
| <b>Impacto en el Usuario</b>   | Servicio denegado si no hay crédito | Servicio siempre disponible         |

**Ver también:** [Formato de CDR de Datos](#) para registros de carga fuera de línea (facturación postpagada)

**Ver también:** [Gestión de Sesiones](#) para el ciclo de vida completo de la sesión PDN, incluida la integración de carga

# Gy en la Arquitectura de Red



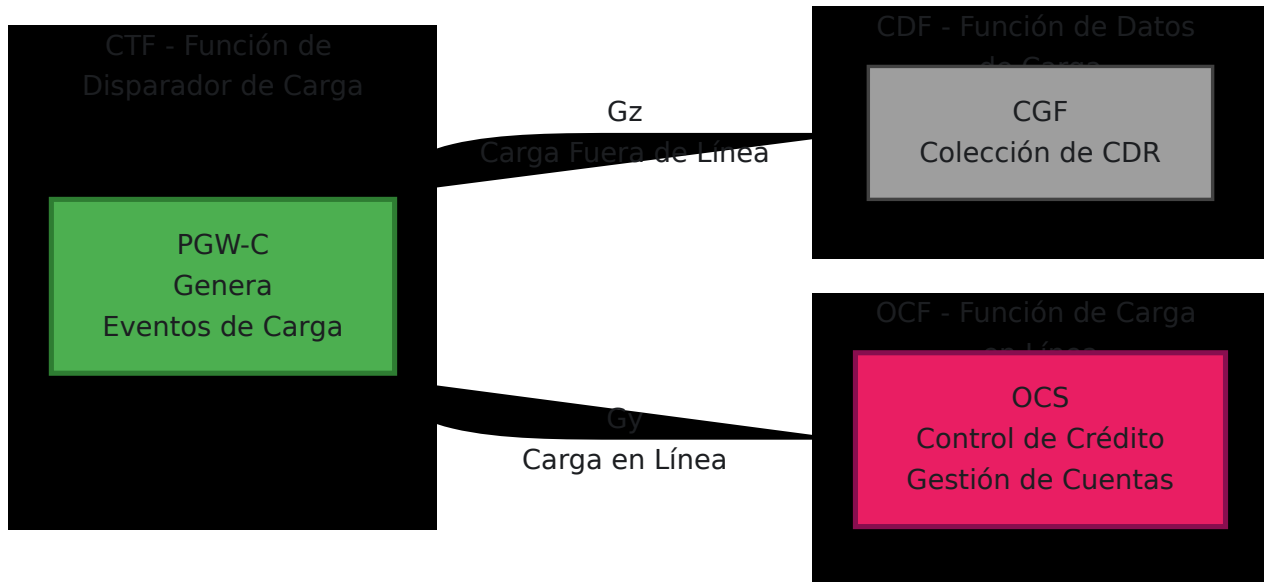
## Funciones Clave

| Función                                    | Descripción                                           |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>Autorización de Crédito</b>             | Solicitar cuota al OCS antes de permitir el tráfico   |
| <b>Gestión de Cuota</b>                    | Rastrear unidades concedidas (bytes, tiempo, eventos) |
| <b>Detección de Agotamiento de Crédito</b> | Monitorear cuota restante                             |
| <b>Re-autorización</b>                     | Solicitar cuota adicional cuando se alcanza el umbral |
| <b>Terminación del Servicio</b>            | Detener el servicio cuando se agota el crédito        |
| <b>Liquidación Final</b>                   | Reportar uso real al finalizar la sesión              |

---

# Arquitectura de Carga 3GPP

## Puntos de Referencia de Carga



## Función de Disparador de Carga (CTF)

PGW-C actúa como un **CTF (Función de Disparador de Carga)**, responsable de:

1. **Detectar eventos cobrables** - Inicio de sesión, uso de datos, fin de sesión
2. **Solicitar autorización de crédito** - Antes de permitir el servicio
3. **Rastrear el consumo de cuota** - Monitorear unidades concedidas
4. **Generar eventos de carga** - Disparar solicitudes de crédito
5. **Hacer cumplir el control de crédito** - Bloquear tráfico cuando se agota la cuota

## Función de Carga en Línea (OCF)

El OCS implementa la **OCF (Función de Carga en Línea)**:

1. **Gestión del saldo de cuenta** - Rastrear el crédito del suscriptor
2. **Tarificación** - Determinar el precio por unidad (por MB, por segundo, etc.)



3. **Reserva de crédito** - Reservar crédito para la cuota concedida
  4. **Deducción de crédito** - Deducir al informar el uso
  5. **Decisiones de política** - Conceder o denegar según el saldo
- 

# Fundamentos de la Interfaz Gy/Ro

## Referencia 3GPP

- **Especificación:** 3GPP TS 32.299 (Arquitectura de carga)
- **Protocolo:** 3GPP TS 32.251 (Carga del dominio PS)
- **ID de Aplicación de Diámetro:** 4 (Gy/Ro - Aplicación de Control de Crédito)
- **Protocolo Base:** RFC 4006 (Aplicación de Control de Crédito de Diámetro)

## Concepto de Sesión

Cada conexión PDN de UE que requiere carga en línea tiene una **sesión Gy/Ro** identificada por un **Session-ID**. Esta sesión:

- Se crea cuando la portadora requiere carga en línea (CCR-Initial)
- Se actualiza cuando se consume la cuota (CCR-Update)
- Se termina cuando finaliza la sesión (CCR-Termination)

## Formato del ID de Sesión

```
Session-ID: <Origin-Host>;<high32>;<low32>[;<optional>]  
Ejemplo: omni-  
pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org;9876543210;12345;gy
```

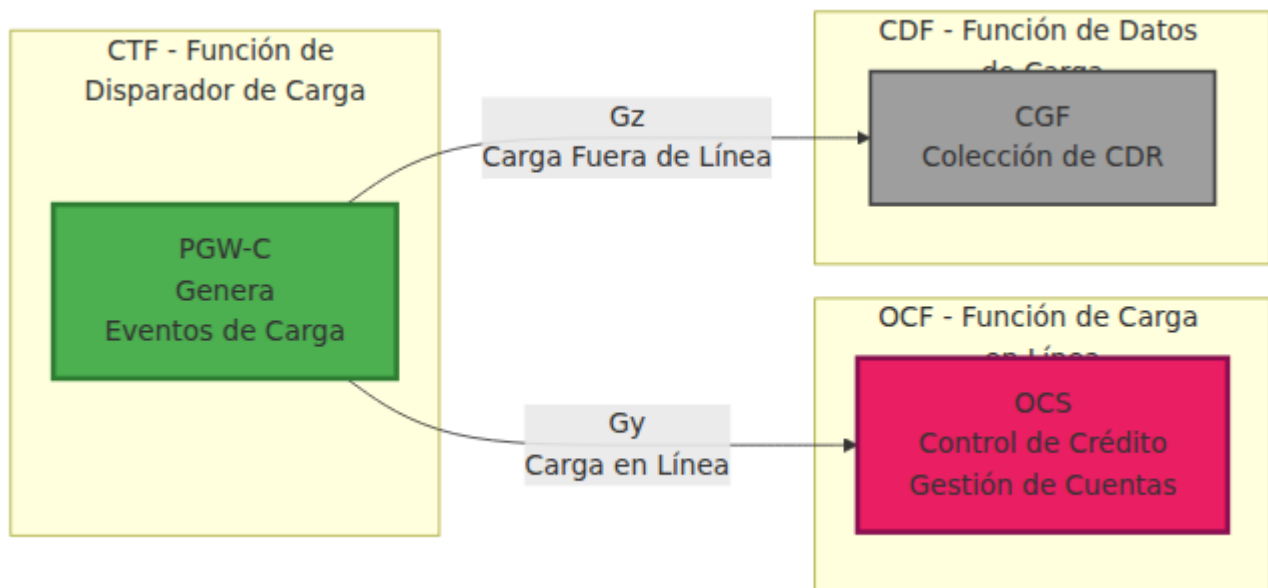
Componentes:

- **Origin-Host:** Identidad de Diámetro del PGW-C
- **high32:** 32 bits altos del identificador único

- **low32:** 32 bits bajos del identificador único
  - **optional:** Identificador adicional (por ejemplo, "gy" para distinguir de Gx)
- 

# Mensajes de Control de Crédito

## Tipos de Mensajes



## CCR-Initial (Solicitud de Control de Crédito - Inicial)

**Cuándo:** UE crea una conexión PDN y la portadora requiere carga en línea

**Propósito:**

- Solicitar autorización de crédito inicial al OCS
- Reservar cuota para la entrega del servicio
- Establecer sesión Gy/Ro

**AVPs Clave Enviados por PGW-C:**

| <b>Nombre de AVP</b>             | <b>Código de AVP</b> | <b>Tipo</b> | <b>Descripción</b>                              |
|----------------------------------|----------------------|-------------|-------------------------------------------------|
| Session-Id                       | 263                  | UTF8String  | Identificador único de sesión Gy                |
| Auth-Application-Id              | 258                  | Unsigned32  | 4 (Control de Crédito)                          |
| Origin-Host                      | 264                  | DiamIdent   | Identidad de Diámetro del PGW-C                 |
| Origin-Realm                     | 296                  | DiamIdent   | Reino de Diámetro del PGW-C                     |
| Destination-Realm                | 283                  | DiamIdent   | Reino del OCS                                   |
| CC-Request-Type                  | 416                  | Enumerated  | 1 = INITIAL_REQUEST                             |
| CC-Request-Number                | 415                  | Unsigned32  | Número de secuencia (comienza en 0)             |
| Subscription-Id                  | 443                  | Grouped     | Identificador de UE (IMSI/MSISDN)               |
| Service-Context-Id               | 461                  | UTF8String  | Identificador del contexto de carga             |
| Multiple-Services-Credit-Control | 456                  | Grouped     | Solicitudes de crédito específicas del servicio |
| Requested-Service-Unit           | 437                  | Grouped     | Cuota solicitada (bytes, tiempo, etc.)          |
| Used-Service-Unit                | 446                  | Grouped     | Cuota utilizada (0 para inicial)                |

| Nombre de AVP      | Código de AVP | Tipo       | Descripción                            |
|--------------------|---------------|------------|----------------------------------------|
| Service-Identifier | 439           | Unsigned32 | Identificador del tipo de servicio     |
| Rating-Group       | 432           | Unsigned32 | Identificador de la categoría de carga |

### Ejemplo de Estructura CCR-I:

```

CCR (Código de Comando: 272, Solicitud)
├─ Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
├─ Auth-Application-Id: 4
├─ Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├─ Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├─ Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├─ CC-Request-Type: INITIAL_REQUEST (1)
├─ CC-Request-Number: 0
├─ Subscription-Id (Grouped)
│   └─ Subscription-Id-Type: END_USER_IMSI (1)
│       └─ Subscription-Id-Data: "310260123456789"
├─ Subscription-Id (Grouped)
│   └─ Subscription-Id-Type: END_USER_E164 (0)
│       └─ Subscription-Id-Data: "15551234567"
├─ Service-Context-Id: "32251@3gpp.org"
├─ Multiple-Services-Credit-Control (Grouped)
│   └─ Service-Identifier: 1
│       └─ Rating-Group: 100
│           └─ Requested-Service-Unit (Grouped)
│               └─ CC-Total-Octets: 10000000 (solicitud de 10 MB)
└─ Used-Service-Unit (Grouped)
    └─ CC-Total-Octets: 0 (sin uso aún)

```

## CCA-Initial (Respuesta de Control de Crédito - Inicial)

**Enviado por:** OCS en respuesta a CCR-I

**Propósito:**

- Conceder o denegar la autorización de crédito
- Proporcionar cuota para la entrega del servicio
- Especificar parámetros de tarificación y carga

**AVPs Clave Recibidos por PGW-C:**

| Nombre de AVP                    | Código de AVP | Descripción                                     |
|----------------------------------|---------------|-------------------------------------------------|
| Result-Code                      | 268           | Éxito (2001) o código de error                  |
| Multiple-Services-Credit-Control | 456           | Concesiones de crédito específicas del servicio |
| Granted-Service-Unit             | 431           | Cuota concedida (bytes, tiempo, etc.)           |
| Validity-Time                    | 448           | Período de validez de la cuota (segundos)       |
| Result-Code                      | 268           | Código de resultado por servicio                |
| Final-Unit-Indication            | 430           | Acción cuando se agota la cuota                 |
| Volume-Quota-Threshold           | -             | Umbral para re-autorización                     |

**Ejemplo de Respuesta de Éxito:**

```
CCA (Código de Comando: 272, Respuesta)
├─ Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
├─ Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
├─ Origin-Host: "ocs.example.com"
├─ Origin-Realm: "example.com"
├─ Auth-Application-Id: 4
├─ CC-Request-Type: INITIAL_REQUEST (1)
├─ CC-Request-Number: 0
├─ Multiple-Services-Credit-Control (Grouped)
│   ├─ Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
│   ├─ Service-Identifier: 1
│   ├─ Rating-Group: 100
│   ├─ Granted-Service-Unit (Grouped)
│   │   └─ CC-Total-Octets: 10000000 (concedido 10 MB)
│   ├─ Validity-Time: 3600 (cuota válida por 1 hora)
│   └─ Volume-Quota-Threshold: 8000000 (re-autorización a 8 MB
usados, 80%)
```

## CCR-Update (Solicitud de Control de Crédito - Actualización)

### Cuándo:

- Se alcanza el umbral de cuota concedida (por ejemplo, 80% consumido)
- Expira el tiempo de validez
- Un cambio de servicio requiere re-autorización
- Cambio de tiempo de tarifa

### Propósito:

- Solicitar cuota adicional
- Reportar uso de la cuota previamente concedida
- Actualizar parámetros de carga

### Diferencias Clave con CCR-I:

- CC-Request-Type: UPDATE\_REQUEST (2)
- CC-Request-Number incrementado

- `Used-Service-Unit` contiene el uso real
- `Requested-Service-Unit` para más cuota

### Ejemplo de Estructura CCR-U:

```
CCR (Código de Comando: 272, Solicitud)
├─ Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
├─ Auth-Application-Id: 4
├─ Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├─ Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├─ Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├─ CC-Request-Type: UPDATE_REQUEST (2)
├─ CC-Request-Number: 1
├─ Multiple-Services-Credit-Control (Grouped)
│   ├─ Service-Identifier: 1
│   ├─ Rating-Group: 100
│   ├─ Used-Service-Unit (Grouped)
│   │   └─ CC-Total-Octets: 8000000 (8 MB usados hasta ahora)
│   └─ Requested-Service-Unit (Grouped)
│       └─ CC-Total-Octets: 10000000 (solicitud de otros 10 MB)
```

## CCA-Update (Respuesta de Control de Crédito - Actualización)

**Enviado por:** OCS en respuesta a CCR-U

### Propósito:

- Conceder cuota adicional (si hay crédito disponible)
- Reconocer uso
- Actualizar parámetros de carga

### Resultados Posibles:

#### 1. Más Cuota Concedida:

```
CCA (Actualización)
└─ Multiple-Services-Credit-Control
    └─ Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
    └─ Granted-Service-Unit
        └─ CC-Total-Octets: 10000000 (otros 10 MB)
    └─ Validity-Time: 3600
```

## 2. Cuota Final (Crédito Agotado):

```
CCA (Actualización)
└─ Multiple-Services-Credit-Control
    └─ Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
    └─ Granted-Service-Unit
        └─ CC-Total-Octets: 1000000 (solo 1 MB restante)
    └─ Final-Unit-Indication
        └─ Final-Unit-Action: TERMINATE (0)
```

## 3. Sin Crédito Disponible:

```
CCA (Actualización)
└─ Result-Code: DIAMETER_CREDIT_LIMIT_REACHED (4012)
└─ Multiple-Services-Credit-Control
    └─ Result-Code: DIAMETER_CREDIT_LIMIT_REACHED (4012)
    └─ Final-Unit-Indication
        └─ Final-Unit-Action: TERMINATE (0)
```

# CCR-Termination (Solicitud de Control de Crédito - Terminación)

### Cuándo:

- UE se desconecta
- Conexión PDN eliminada
- Sesión terminada por cualquier motivo

### Propósito:



- Informe final de uso
- Cerrar sesión Gy/Ro
- Liquidación final

### Diferencias Clave:

- CC-Request-Type: TERMINATION\_REQUEST (3)
- Used-Service-Unit contiene el uso final
- Sin Requested-Service-Unit (no se necesita más cuota)
- Incluye Termination-Cause

### Ejemplo de Estructura CCR-T:

```
CCR (Código de Comando: 272, Solicitud)
├─ Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
├─ Auth-Application-Id: 4
├─ Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├─ Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├─ Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├─ CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)
├─ CC-Request-Number: 5
├─ Termination-Cause: DIAMETER_LOGOUT (1)
└─ Multiple-Services-Credit-Control (Grouped)
    ├─ Service-Identifier: 1
    ├─ Rating-Group: 100
    └─ Used-Service-Unit (Grouped)
        └─ CC-Total-Octets: 18500000 (18.5 MB de uso total)
```

## CCA-Termination (Respuesta de Control de Crédito - Terminación)

**Enviado por:** OCS en respuesta a CCR-T

### Propósito:

- Reconocer la terminación de la sesión
- Completar la contabilidad
- Liberar crédito reservado

### Ejemplo CCA-T:

```
CCA (Código de Comando: 272, Respuesta)
├─ Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
├─ Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
├─ Origin-Host: "ocs.example.com"
├─ Origin-Realm: "example.com"
├─ Auth-Application-Id: 4
├─ CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)
└─ CC-Request-Number: 5
```

---

## Flujos de Carga en Línea

### Tipos de Unidades de Servicio

El OCS puede conceder cuota en diferentes unidades:

| Tipo de Unidad          | AVP                               | Descripción             | Caso de Uso                         |
|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| Tiempo                  | CC-Time                           | Segundos                | Llamadas de voz, duración de sesión |
| Volumen                 | CC-Total-Octets                   | Bytes (total sube+baja) | Servicios de datos                  |
| Volumen (separado)      | CC-Input-Octets, CC-Output-Octets | Bytes (separados)       | Carga asimétrica                    |
| Específico del Servicio | CC-Service-Specific-Units         | Unidades personalizadas | SMS, MMS, llamadas API              |
| Eventos                 | -                                 | Eventos contados        | Servicios de pago por uso           |

## Gestión del Umbral de Cuota

**Problema:** ¿Cómo sabe PGW-C cuándo solicitar más cuota?

**Solución:** OCS proporciona un **Volume-Quota-Threshold** o **Time-Quota-Threshold**. PGW-C monitorea el uso a través de informes de sesión PFCP de PGW-U (ver [Interfaz PFCP](#)).

**Ejemplo de Flujo:**

1. OCS concede 10 MB de cuota con umbral del 80% (8 MB)
2. PGW-C monitorea el uso a través de informes de uso de PGW-U (Informes de Sesión PFCP)
3. Cuando el uso alcanza 8 MB:
  - PGW-C envía CCR-Update
  - Continuar permitiendo tráfico (no esperar respuesta)
4. OCS responde con más cuota
5. Si la cuota se agota antes de enviar CCR-Update:
  - PGW-C debe bloquear el tráfico

### **Cálculo del Umbral:**

Granted-Service-Unit: 10000000 bytes (10 MB)

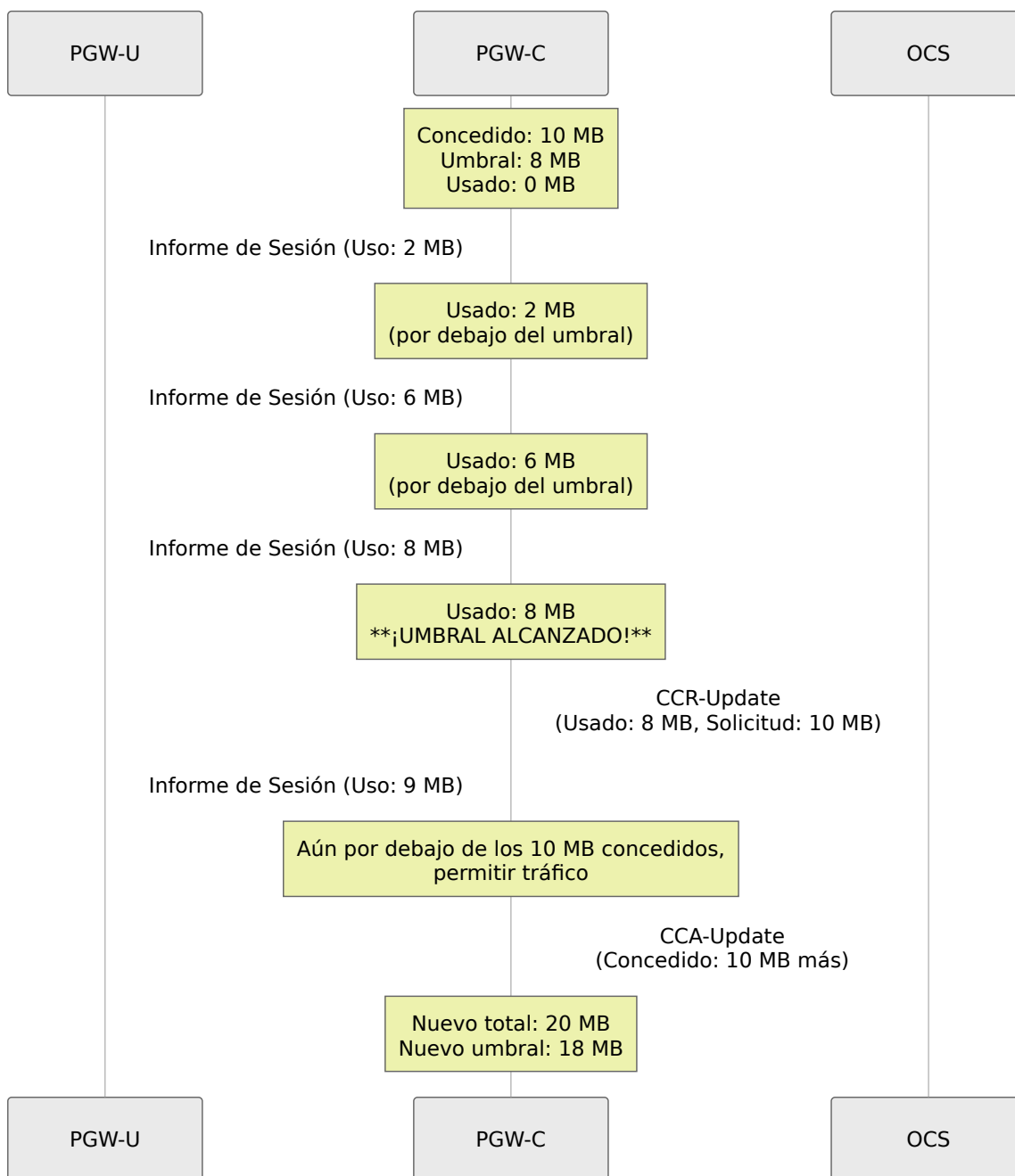
Volume-Quota-Threshold: 8000000 bytes (8 MB)

Cuando se consumen 8 MB → Disparar CCR-Update

Buffer restante: 2 MB (permite tiempo para la respuesta de OCS)

### **Monitoreo de PGW-C:**

PGW-C monitorea el uso a través de **Informes de Sesión PFCP** de PGW-U:



## Indicación de Unidad Final

### ¿Qué sucede cuando se agota el crédito?

OCS incluye el AVP **Final-Unit-Indication** en CCA para especificar la acción:

| Acción Final de Unidad   | Valor | Comportamiento de PGW-C                                                         |
|--------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------|
| <b>TERMINAR</b>          | 0     | Bloquear todo el tráfico, iniciar la terminación de la sesión                   |
| <b>REDIRIGIR</b>         | 1     | Redirigir el tráfico a un portal (por ejemplo, página de recarga)               |
| <b>RESTRINGIR_ACCESO</b> | 2     | Permitir acceso solo a servicios específicos (por ejemplo, servidor de recarga) |

### Ejemplo: Unidad Final con Redirección

```

CCA (Actualización)
├─ Multiple-Services-Credit-Control
│   ├── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
│   ├── Granted-Service-Unit
│   │   └─ CC-Total-Octets: 10000000 (último 1 MB)
│   └─ Final-Unit-Indication
│       ├── Final-Unit-Action: REDIRECT (1)
│       └─ Redirect-Server (Grouped)
│           ├── Redirect-Address-Type: URL (2)
│           └─ Redirect-Server-Address:
│               "http://topup.example.com"

```

### Acciones de PGW-C:

1. **TERMINAR:** Enviar CCR-T, eliminar portadora
  2. **REDIRIGIR:** Instalar regla PFCP para redirigir HTTP a la URL de recarga
  3. **RESTRINGIR\_ACCESO:** Instalar reglas PFCP que permiten solo IPs en la lista blanca
-

# Control de Carga de Portadora

## ¿Qué Controla si se Cobra una Portadora?

**Especificación 3GPP:** TS 23.203, TS 29.212, TS 32.251

La carga de portadora es controlada por **Reglas PCC** provisionadas por el PCRF a través de la interfaz Gx. Ver [Interfaz Diámetro Gx](#) para la documentación completa de reglas PCC.

**Flujo de Decisión de Carga:**

Solicitud de  
Configuración de  
Portadora

PGW-C envía CCR-I a  
PCRF

PCRF devuelve Reglas  
PCC

¿La Regla PCC  
especifica carga  
en línea?

Sí

No

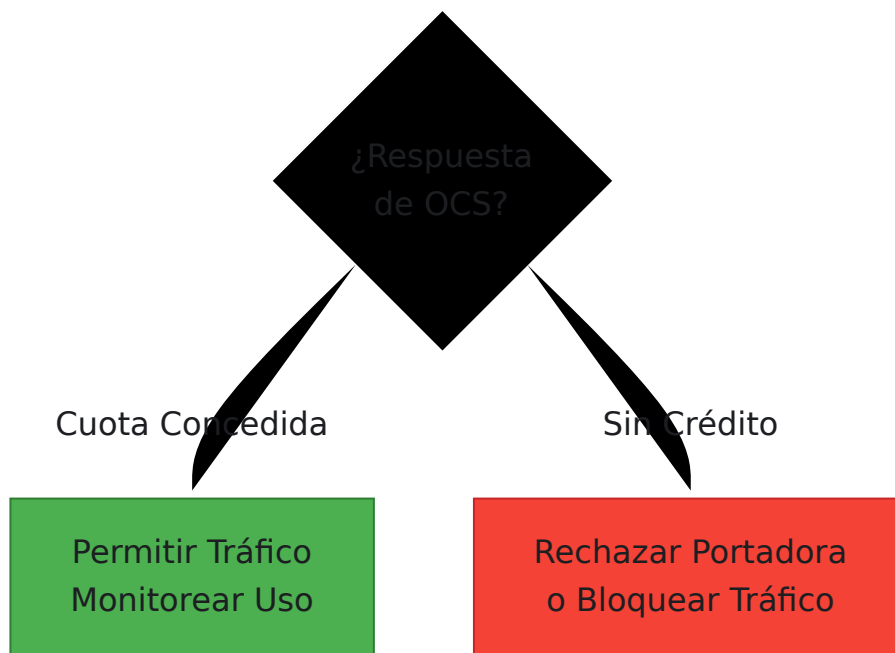
Extraer Rating-Group  
de la Regla PCC

Sin carga en línea  
para esta portadora

PGW-C envía CCR-I  
a OCS

Permitir Tráfico  
Sin Carga





PGW-C monitorea  
el consumo de cuota

## Regla PCC con Información de Carga

### Respuesta PCRF (CCA-I en Gx):

```
CCA (Interfaz Gx)
├─ Charging-Rule-Definition (Grouped)
│   ├── Charging-Rule-Name: "prepaid_data_rule"
│   ├── Rating-Group: 100
│   ├── Online: 1 (habilitar carga en línea)
│   ├── Offline: 0 (deshabilitar carga fuera de línea)
│   ├── Metering-Method: VOLUME (1)
│   ├── Precedence: 100
│   ├── Flow-Information: [...]
│   └─ QoS-Information: [...]
```

### AVPs Clave de Carga en Reglas PCC:

| <b>Nombre de AVP</b>   | <b>Código de AVP</b> | <b>Valores</b>                      | <b>Descripción</b>                            |
|------------------------|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>Rating-Group</b>    | 432                  | Unsigned32                          | Categoría de carga (se mapea a tarifa en OCS) |
| <b>Online</b>          | 1009                 | 0=Deshabilitar, 1=Habilitar         | Habilitar carga en línea (Gy)                 |
| <b>Offline</b>         | 1008                 | 0=Deshabilitar, 1=Habilitar         | Habilitar carga fuera de línea (Gz)           |
| <b>Metering-Method</b> | 1007                 | 0=Duración, 1=Volumen, 2=Ambos      | Qué medir                                     |
| <b>Reporting-Level</b> | 1011                 | 0=Servicio, 1=Grupo de Tarificación | Granularidad de los informes de uso           |

## Matriz de Decisión de Carga de Portadora

| <b>Online</b> | <b>Offline</b> | <b>Rating-Group</b> | <b>Comportamiento</b>                         |
|---------------|----------------|---------------------|-----------------------------------------------|
| 1             | 0              | Presente            | Solo carga en línea (prepago)                 |
| 0             | 1              | Presente            | Solo carga fuera de línea (postpago)          |
| 1             | 1              | Presente            | Carga en línea y fuera de línea (convergente) |
| 0             | 0              | -                   | Sin carga (servicio gratuito)                 |

# Múltiples Grupos de Tarificación

Una sola conexión PDN puede tener **múltiples portadoras con diferentes grupos de tarificación**:

## Escenario de Ejemplo:

```
Portadora Predeterminada (Internet)
├─ Rating-Group: 100 (Datos Estándar)
└─ Online: 1
```

```
Portadora Dedicada 1 (Streaming de Video)
├─ Rating-Group: 200 (Servicio de Video)
└─ Online: 1
```

```
Portadora Dedicada 2 (Voz IMS)
├─ Rating-Group: 300 (Voz)
000└─ Online: 1
```

## Comportamiento de PGW-C Gy:

- **Un solo CCR-I** con múltiples secciones MSCC (Control de Crédito de Múltiples Servicios):

```
CCR-Initial
├─ Session-Id: "...
└─ Multiple-Services-Credit-Control
    ├─ [Rating-Group: 100] → Datos Estándar
    ├─ [Rating-Group: 200] → Servicio de Video
    └─ [Rating-Group: 300] → Voz
```

## Respuesta de OCS:

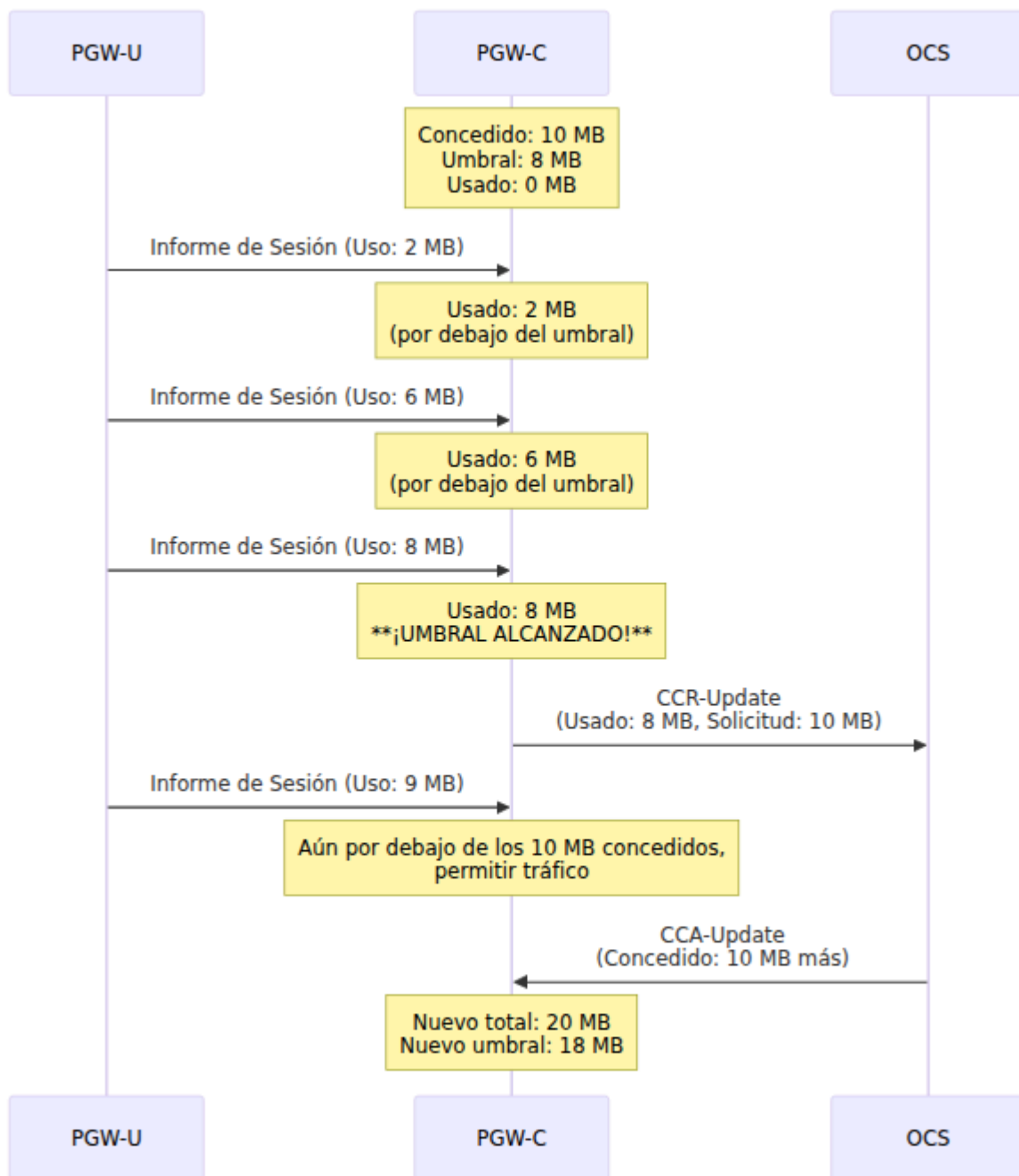
```
CCA-Initial
└─ Multiple-Services-Credit-Control
    ├─ [Rating-Group: 100] → Concedido: 10 MB
    ├─ [Rating-Group: 200] → Concedido: 5 MB (video más caro)
    └─ [Rating-Group: 300] → Concedido: 60 segundos
```

# Aplicación de Carga por Servicio

## PGW-C rastrea la cuota por Grupo de Tarificación:

```
# Pseudocódigo
state.charging_quotas = %{
  100 => %{granted: 10_000_000, used: 0, threshold: 8_000_000},
  200 => %{granted: 5_000_000, used: 0, threshold: 4_000_000},
  300 => %{granted: 60_000, used: 0, threshold: 48_000} #
milisegundos
}
```

## Monitoreo de Uso por Portadora:



# Control de Crédito de Múltiples Servicios

## AVP MSCC (Control de Crédito de Múltiples Servicios)

**Propósito:** Agrupar información de carga para un servicio/grupo de tarificación específico

### Estructura:

```
Multiple-Services-Credit-Control (Grouped, AVP 456)
├─ Service-Identifier (Unsigned32, AVP 439)
├─ Rating-Group (Unsigned32, AVP 432)
├─ Requested-Service-Unit (Grouped, AVP 437)
│   └─ CC-Time (Unsigned32, AVP 420)
│   └─ CC-Total-Octets (Unsigned64, AVP 421)
│   └─ CC-Input-Octets (Unsigned64, AVP 412)
│   └─ CC-Output-Octets (Unsigned64, AVP 414)
├─ Used-Service-Unit (Grouped, AVP 446)
│   └─ [Misma estructura que Requested-Service-Unit]
├─ Granted-Service-Unit (Grouped, AVP 431)
│   └─ [Misma estructura que Requested-Service-Unit]
├─ Validity-Time (Unsigned32, AVP 448)
├─ Result-Code (Unsigned32, AVP 268)
└─ Final-Unit-Indication (Grouped, AVP 430)
    └─ Final-Unit-Action (Enumerated, AVP 449)
```

# Identificador de Servicio vs. Grupo de Tarificación

| Atributo     | Identificador de Servicio      | Grupo de Tarificación            |
|--------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Propósito    | Identifica el tipo de servicio | Identifica la categoría de carga |
| Ejemplo      | 1=Datos, 2=Voz, 3=SMS          | 100=Regular, 200=Premium         |
| Granularidad | Clasificación amplia           | Tarifa específica                |
| Requerido    | Opcional                       | Requerido para carga             |
| Mapeo        | Puede mapear a múltiples RGs   | Tarifa única en OCS              |

## Ejemplo:

```
Service-Identifier: 1 (Servicio de Datos)
├─ Rating-Group: 100 (Datos Estándar - $0.01/MB)
└─ Rating-Group: 200 (Datos Premium - $0.05/MB)

Service-Identifier: 2 (Voz)
└─ Rating-Group: 300 (Llamadas de Voz - $0.10/min)
```

# Configuración

## Configuración Básica de Gy

Edita `config/runtime.exs`:

```

config :pgw_c,
  gy: %{
    # Habilitar o deshabilitar la carga en línea globalmente
    enabled: true,

    # Tiempo de espera de conexión al OCS (milisegundos)
    timeout_ms: 5000,

    # Solicitud de cuota predeterminada (bytes) si no se
    # especifica por PCRF
    default_requested_quota: 10_000_000, # 10 MB

    # Porcentaje de umbral para re-autorización
    # (0.8 = disparar CCR-Update al 80% de cuota consumida)
    quota_threshold_percentage: 0.8,

    # Acción cuando ocurre un tiempo de espera en OCS
    # Opciones: :block, :allow
    timeout_action: :block,

    # Acción cuando OCS no devuelve crédito
    # Opciones: :terminate, :redirect
    no_credit_action: :terminate,

    # URL de redirección para recarga (usada si no_credit_action:
    # :redirect)
    topup_redirect_url: "http://topup.example.com"
  },
  diameter: %{
    listen_ip: "0.0.0.0",
    host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

    # Configuración del par OCS
    peer_list: [
      # PCRF para control de política (Gx)
      %{
        host: "pcrf.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "10.0.0.30",
        initiate_connection: true
      },
      # OCS para carga en línea (Gy)

```



```
%{
  host: "ocs.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
  realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
  ip: "10.0.0.40",
  initiate_connection: true
}
]
```

## Parámetros de Configuración Explicados

### enabled

- `true`: Carga en línea activa, mensajes CCR enviados al OCS
- `false`: Carga en línea deshabilitada, sin mensajes Gy

### timeout\_ms

- Tiempo a esperar por la respuesta CCA del OCS
- Recomendado: 3000-5000 ms

### default\_requested\_quota

- Cuota predeterminada a solicitar si el PCRF no especifica
- Valores típicos: 1-100 MB

### quota\_threshold\_percentage

- Disparar CCR-Update cuando se consuma este % de cuota
- Recomendado: 0.75-0.85 (75%-85%)
- Más alto = menos mensajes, pero riesgo de agotamiento de cuota
- Más bajo = más mensajes, pero más seguro

### timeout\_action

- `:block` - Bloquear tráfico si OCS no responde (más seguro, previene pérdida de ingresos)
- `:allow` - Permitir tráfico si OCS no responde (mejor UX, riesgo de ingresos)

### no\_credit\_action

- **:terminate** - Eliminar portadora cuando se agota el crédito
- **:redirect** - Redirigir a portal de recarga

## Configuración Específica del Entorno

### Producción (suscriptores prepagados):

```
config :pgw_c,  
  gy: %{\br/>    enabled: true,  
    timeout_action: :block,  
    no_credit_action: :terminate,  
    quota_threshold_percentage: 0.8  
  }
```

### Prueba/Desarrollo:

```
config :pgw_c,  
  gy: %{\br/>    enabled: false # Deshabilitar para pruebas  
  }
```

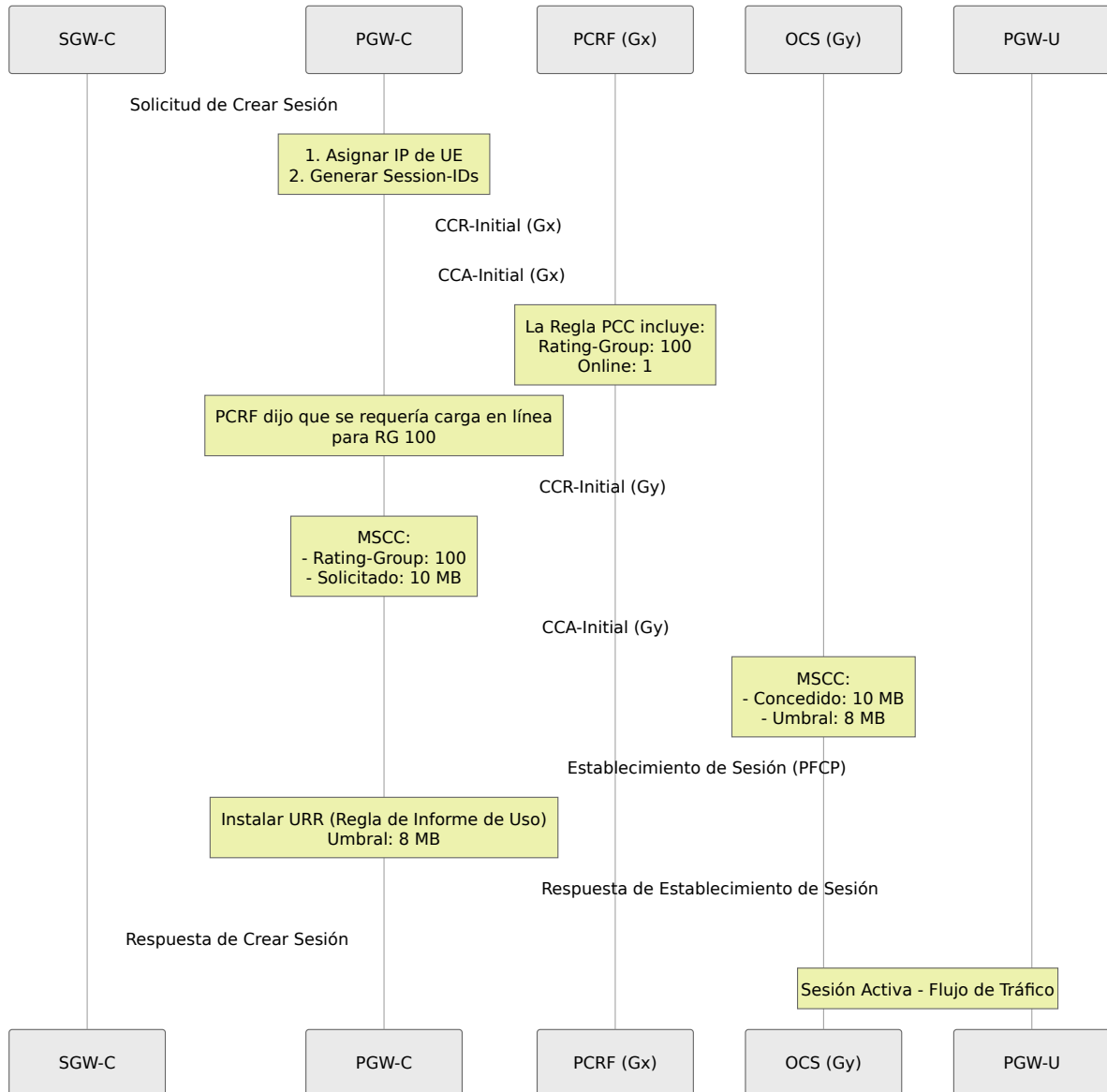
### Híbrido (algunos prepagados, algunos postpagados):

```
config :pgw_c,  
  gy: %{\br/>    enabled: true, # Controlado por suscriptor por PCRF  
    timeout_action: :allow, # No bloquear postpago en fallo de  
OCS  
    no_credit_action: :terminate  
  }
```

---

# Flujos de Mensajes

## Sesión Exitosa con Carga en Línea



## **Re-autorización de Cuota (CCR-Update)**

Solicitud de Configuración de Portadora

PGW-C envía CCR-I a PCRF

PCRF devuelve Reglas

OmniCore  
5GC ▼

OmniCall  
▼

OmniRAN  
▼

OmniCharge  
▼

Platform  
▼

🇪🇸 Español ▼

¿La Regla PCC  
especifica carga  
en línea?

Sí

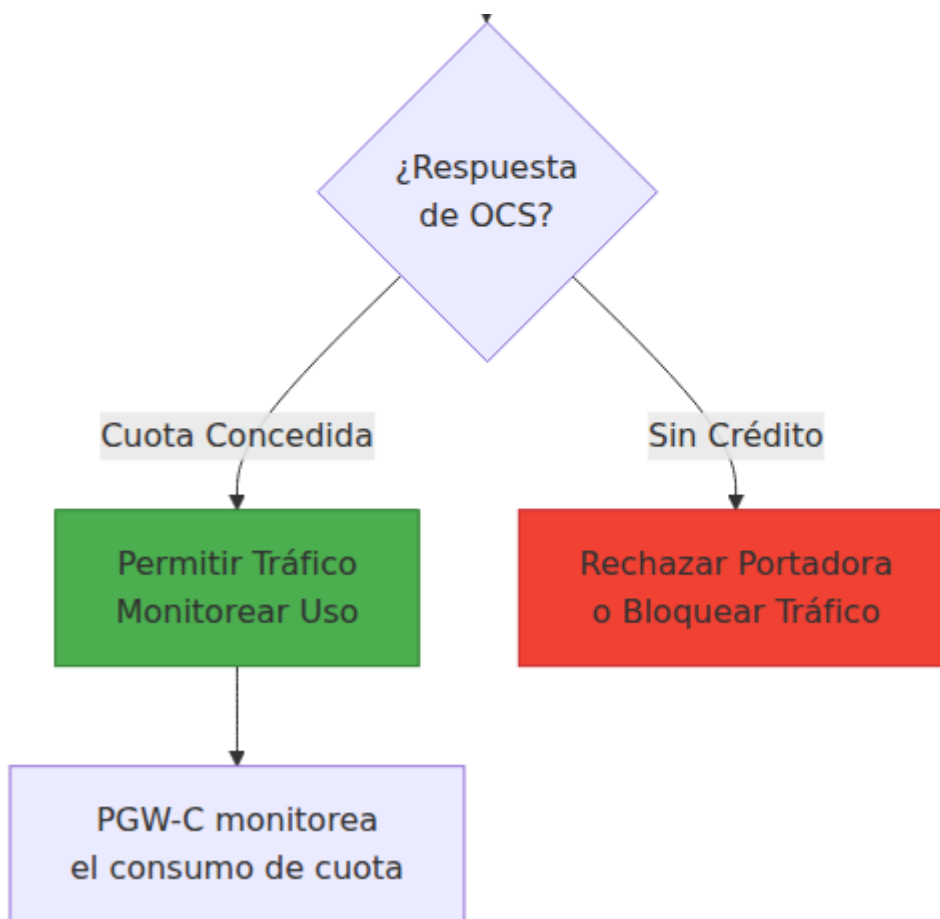
Extraer Rating-Group  
de la Regla PCC

PGW-C envía CCR-I  
a OCS

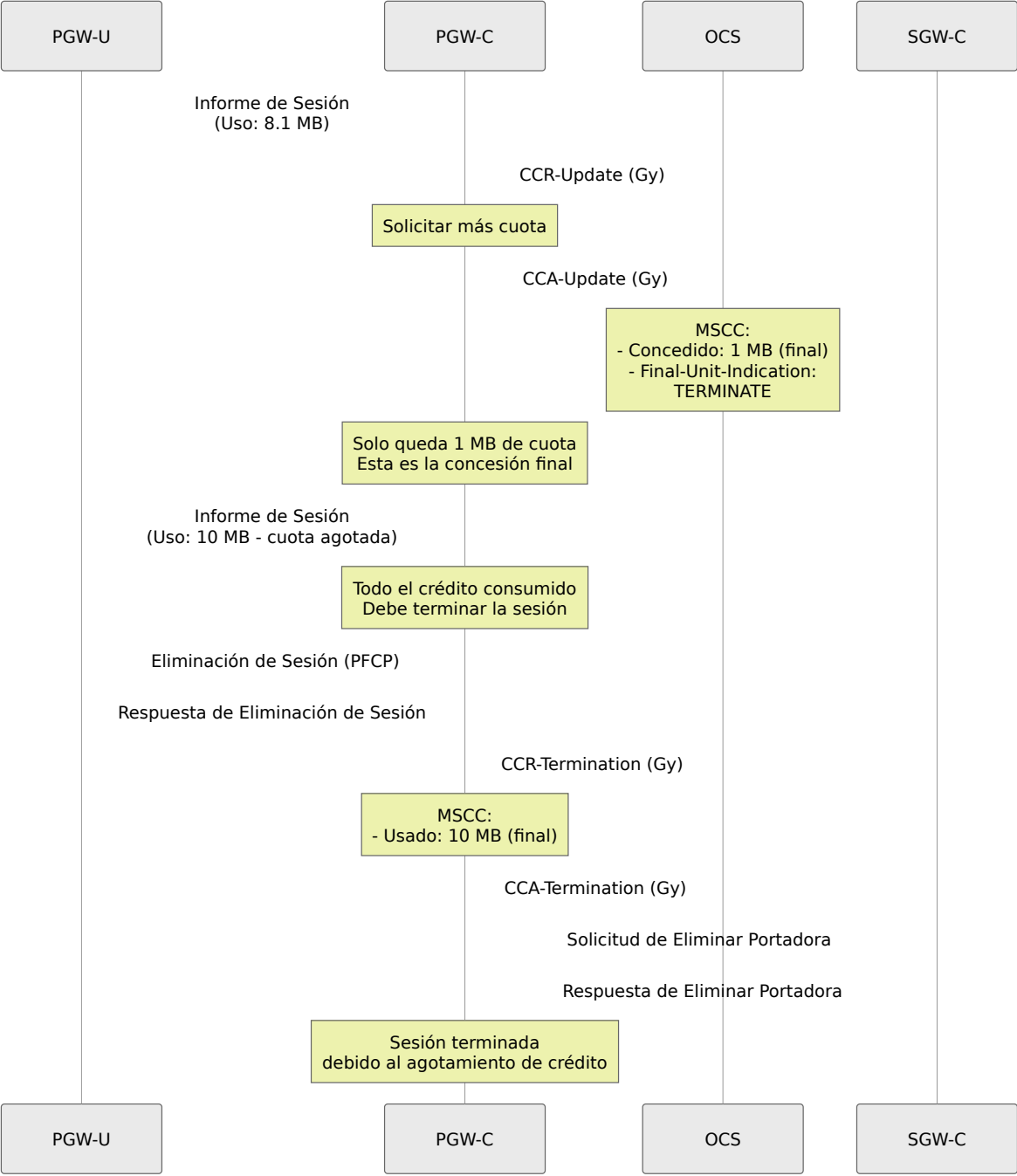
No

Sin carga en línea  
para esta portadora

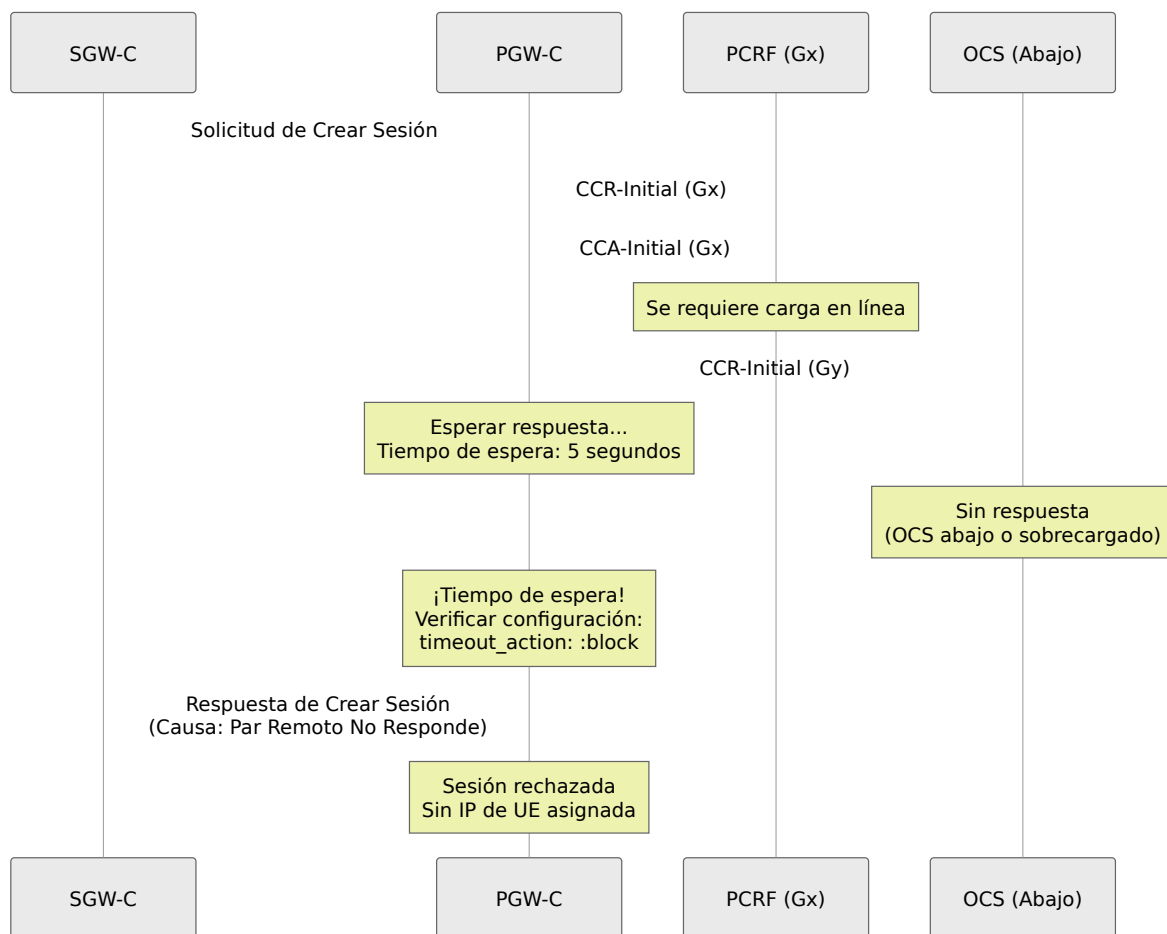
Permitir Tráfico  
Sin Carga



## Agotamiento de Crédito (Unidad Final)



# Manejo de Tiempo de Espera de OCS



## Manejo de Errores

### Códigos de Resultado

#### Códigos de Éxito:

| Código | Nombre           | Acción                        |
|--------|------------------|-------------------------------|
| 2001   | DIAMETER_SUCCESS | Continuar con cuota concedida |

#### Fallos Transitorios (4xxx):



| Código | Nombre                        | Acción de PGW-C                   |
|--------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 4010   | DIAMETER_TOO_BUSY             | Reintentar con retroceso          |
| 4011   | DIAMETER_UNABLE_TO_COMPLY     | Registrar error, puede reintentar |
| 4012   | DIAMETER_CREDIT_LIMIT_REACHED | Terminar o redirigir              |

#### Fallos Permanentes (5xxx):

| Código | Nombre                          | Acción de PGW-C                       |
|--------|---------------------------------|---------------------------------------|
| 5003   | DIAMETER_AUTHORIZATION_REJECTED | Rechazar sesión                       |
| 5031   | DIAMETER_USER_UNKNOWN           | Rechazar sesión (suscriptor inválido) |

## Códigos de Resultado por Servicio

**Importante:** El código de resultado puede aparecer en **dos niveles**:

1. **Nivel de mensaje** - Resultado general
2. **Nivel de MSCC** - Resultado por servicio

#### Ejemplo:

```
CCA-Initial
├─ Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001) ← Nivel de mensaje: OK
└─ Multiple-Services-Credit-Control
    ├─ [Rating-Group: 100]
    │   └─ Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001) ← RG 100: OK
    └─ [Rating-Group: 200]
        └─ Result-Code: DIAMETER_CREDIT_LIMIT_REACHED (4012) 000
RG 200: Sin crédito
```

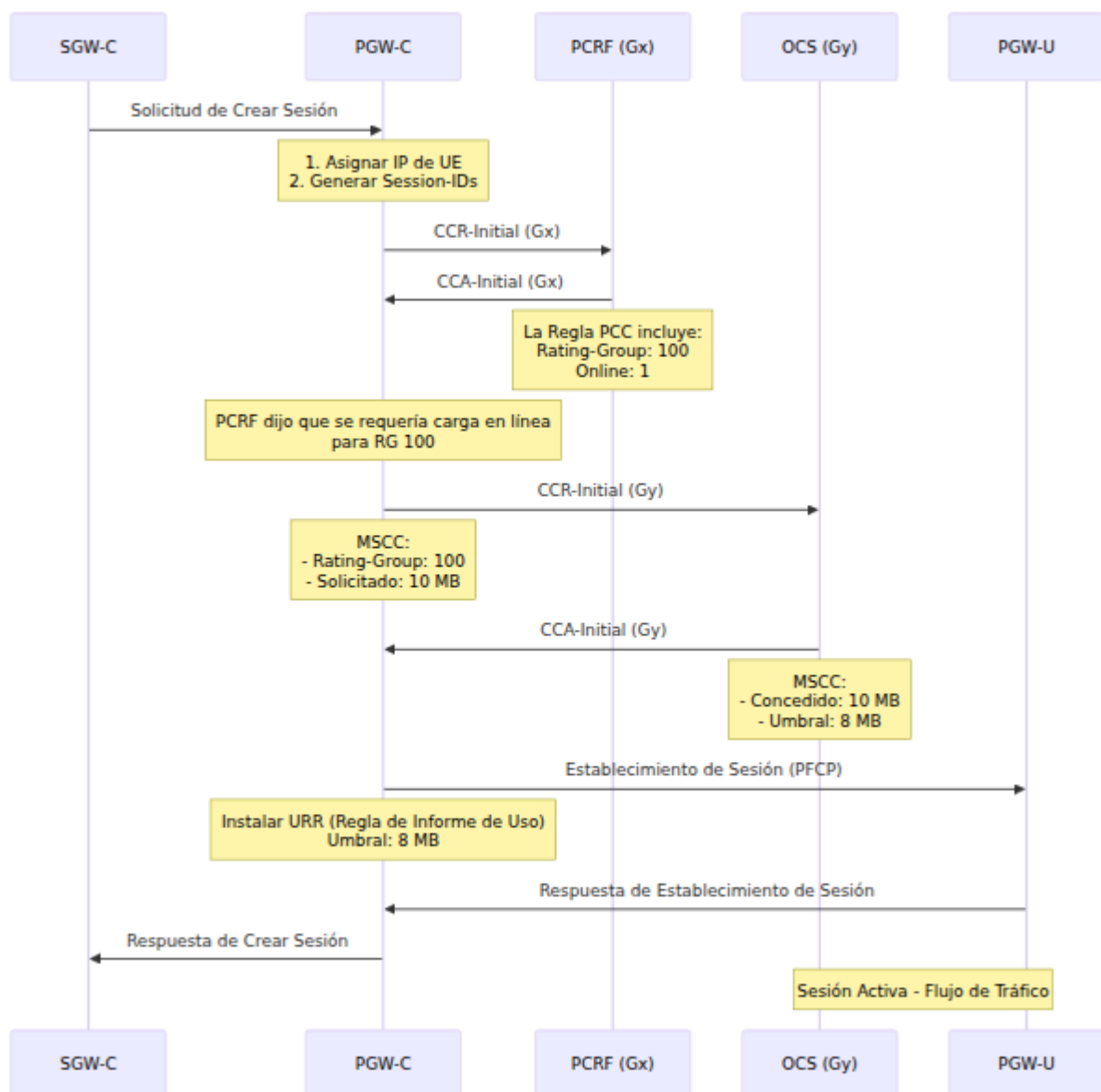
#### Comportamiento de PGW-C:

- Permitir tráfico para el Grupo de Tarificación 100
- Bloquear tráfico para el Grupo de Tarificación 200

## Integración con Gx

La interfaz Gx (control de política PCRF) determina si se requiere carga en línea y proporciona el Rating-Group que impulsa la carga Gy. Ver [Interfaz Diámetro Gx](#) para la documentación completa de control de políticas.

## Relación entre Gx y Gy



# Flujo de Integración

## 1. Configuración de Portadora:

```
PGW-C recibe Solicitud de Crear Sesión
↓
Enviar CCR-I a PCRF (Gx)
  00
Recibir CCA-I con Reglas PCC
↓
Analizar Reglas PCC:
  - ¿La regla tiene Rating-Group?
  - ¿Es Online = 1?
↓
Si SÍ:
  Enviar CCR-I a OCS (Gy) con Rating-Group
  ↓
  Recibir CCA-I con cuota
  ↓
  Si cuota concedida: Proceder
  Si sin crédito: Rechazar portadora
Si NO:
  Proceder sin carga en línea
```

## 2. Actualización Dinámica de Política (RAR de PCRF):

```
PCRF envía RAR (Re-Auth-Request) en Gx
↓
Nueva Regla PCC añadida con Online=1, Rating-Group=200
↓
PGW-C envía CCR-U a OCS (Gy)
  - Agregar MSCC para Rating-Group 200
↓
OCS concede cuota para nuevo servicio
↓
Instalar portadora dedicada con carga en línea
```

---

# Solución de Problemas

## Problemas Comunes

### 1. Tiempos de Espera de CCR-Initial a OCS

#### Síntomas:

- Las sesiones fallan con "tiempo de espera de OCS"
- Registro: "tiempo de espera de CCR-Initial (Gy)"

#### Causas Posibles:

- OCS no accesible
- IP de OCS incorrecta en la configuración
- Cortafuegos bloqueando el puerto de Diámetro (3868)
- OCS sobrecargado

#### Resolución:

```
# Probar conectividad de red
ping <ocs_ip>

# Probar puerto de Diámetro (TCP 3868)
telnet <ocs_ip> 3868

# Verificar configuración
# Asegurarse de que el par OCS esté configurado en peer_list
```

### 2. Sesiones Rechazadas por OCS

#### Síntomas:

- CCA-I con Result-Code != 2001
- La respuesta de Crear Sesión falla

#### Códigos de Resultado Comunes:

| <b>Código de Resultado</b> | <b>Causa Probable</b>       | <b>Resolución</b>                 |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| 4012                       | Límite de crédito alcanzado | El suscriptor necesita recargar   |
| 5003                       | Autorización rechazada      | Verificar permisos del suscriptor |
| 5031                       | Usuario desconocido         | Provisionar suscriptor en OCS     |

### **Pasos de Depuración:**

1. Verificar registros de OCS para la razón del rechazo
2. Verificar saldo del suscriptor en OCS
3. Verificar que IMSI/MSISDN en CCR-I coincida con el registro del suscriptor

### **3. Agotamiento de Cuota No Detectado**

#### **Síntomas:**

- El usuario continúa usando datos después de que se agota el saldo
- No se envió CCR-Update

#### **Causas Posibles:**

- URR (Regla de Informe de Uso) no instalada en PGW-U
- Umbral no configurado correctamente
- Informes de Sesión PFCP no recibidos

### **Pasos de Depuración:**

1. Verificar URR en el Establecimiento de Sesión PFCP:

Crear URR

- |— URR-ID: 1
- |— Measurement-Method: VOLUME
- |— Volume-Threshold: 80000000 (8 MB)
- |— Reporting-Triggers: VOLUME\_THRESHOLD

2. Verificar registros de PGW-U para informes de uso

3. Verificar `quota_threshold_percentage` en la configuración

#### 4. Grupo de Tarificación Incorrecto

##### Síntomas:

- OCS rechaza con "Grupo de Tarificación Desconocido"
- Las sesiones fallan

##### Causa:

- Grupo de Tarificación en CCR-I no coincide con la configuración de OCS
- PCRF provisionó un Grupo de Tarificación inválido

##### Resolución:

1. Verificar Grupo de Tarificación en la Regla PCC del PCRF
  2. Verificar configuración de OCS para Grupos de Tarificación válidos
  3. Asegurarse de que el mapeo entre Reglas PCC y tarifas de OCS sea correcto
-

# Monitoreo

## Métricas Clave

```
# Tasas de mensajes Gy
rate(gy_inbound_messages_total{message_type="cca"}[5m])
rate(gy_outbound_messages_total{message_type="ccr"}[5m])

# Tasas de errores Gy
rate(gy_inbound_errors_total[5m])

# Eventos de agotamiento de cuota
rate(gy_quota_exhausted_total[5m])

# Tasa de tiempo de espera de OCS
rate(gy_timeout_total[5m])

# Duración de manejo de mensajes Gy
histogram_quantile(0.95,
rate(gy_inbound_handling_duration_bucket[5m]))
```

## Alertas

```
# Alerta sobre alta tasa de errores Gy
- alert: GyErrorRateHigh
  expr: rate(gy_inbound_errors_total[5m]) > 0.1
  for: 5m
  annotations:
    summary: "Se detectó una alta tasa de errores Gy"

# Alerta sobre tiempo de espera de OCS
- alert: OcsTimeout
  expr: rate(gy_timeout_total[5m]) > 0.05
  for: 2m
  annotations:
    summary: "Se están produciendo tiempos de espera de OCS"

# Alerta sobre pico de agotamiento de crédito
- alert: CreditExhaustionSpike
  expr: rate(gy_quota_exhausted_total[5m]) > 10
  for: 5m
  annotations:
    summary: "Alta tasa de agotamiento de crédito"
```

---

## Interfaz Web - Simulador de Control de Crédito Gy

OmniPGW incluye un simulador Gy/Ro incorporado para probar la funcionalidad de carga en línea sin requerir un OCS externo.

**Acceso:** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/gy_simulator`



**Propósito:** Probar y simular escenarios de carga en línea para suscriptores prepagados

## **Características:**

### **1. Parámetros de Solicitud**

- **IMSI** - Identidad del suscriptor (por ejemplo, "310170123456789")
- **MSISDN** - Número de teléfono (por ejemplo, "14155551234")
- **Unidades Solicitadas** - Cantidad de cuota a solicitar (en bytes)
- **ID de Servicio** - Identificador del tipo de servicio
- **Grupo de Tarificación** - Categoría de carga

### **2. Simulación CCR-I**

- Enviar CCR-Initial (Solicitud de Control de Crédito Inicial)
- Simula la solicitud de cuota inicial durante el establecimiento de la sesión
- Prueba la integración de OCS sin tráfico en vivo

### **3. Casos de Uso**

- **Pruebas de Desarrollo** - Probar la interfaz Gy durante el desarrollo
- **Integración de OCS** - Verificar conectividad y respuestas de OCS

- **Pruebas de Cuota** - Probar diferentes escenarios de cuota
- **Solución de Problemas** - Depurar problemas de carga
- **Demostración** - Demostrar carga en línea a las partes interesadas

### Cómo Usar:

1. Ingrese los detalles del suscriptor (IMSI, MSISDN)
2. Establezca las unidades solicitadas (por ejemplo, 1000000 para 1 MB)
3. Configure el ID de Servicio y el Grupo de Tarificación
4. Haga clic en "Enviar CCR-I"
5. Vea la respuesta de OCS y la cuota concedida

### Beneficios:

- No es necesario un OCS externo durante las pruebas
- Validación rápida de la lógica de carga
- Entorno de prueba seguro
- Útil para capacitación y demostraciones

---

## Documentación Relacionada

### Carga y Política

- **Interfaz Diámetro Gx** - Control de política PCRF, reglas PCC que disparan carga en línea
- **Formato de CDR de Datos** - Registros de carga fuera de línea para facturación postpagada
- **Guía de Configuración** - Parámetros completos de configuración de carga en línea

### Gestión de Sesiones

- **Gestión de Sesiones** - Ciclo de vida de la sesión PDN, gestión de portadoras

- **Interfaz PFCP** - Informe de uso desde PGW-U a través de URRs
- **Interfaz S5/S8** - Configuración y eliminación de portadoras GTP-C

## Operaciones

- **Guía de Monitoreo** - Métricas Gy, seguimiento de cuotas, alertas de tiempo de espera de OCS
- **Asignación de IP de UE** - Configuración de pool de IP para sesiones cobradas

---

**[Volver a la Guía de Operaciones](#)**

# Documentación de la Interfaz Gn/Gp

## Comunicación GTP-C con SGSN (Redes 2G/3G)

*OmniPGW de Omnitouch Network Services*

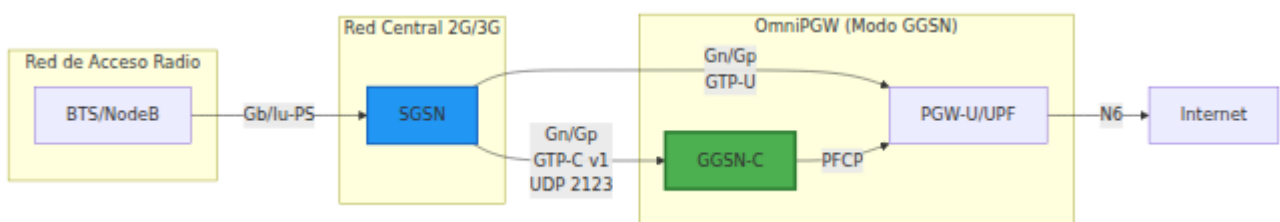
---

## Descripción General

La **interfaz Gn/Gp** permite que OmniPGW funcione como un **GGSN** (Gateway GPRS Support Node) para redes 2G/3G utilizando el protocolo **GTP-C v1**. Esta interfaz maneja la gestión del contexto PDP (Packet Data Protocol) entre el GGSN y los SGSNs.

- **Interfaz Gn:** Conecta a los SGSNs dentro del mismo PLMN (red de origen)
- **Interfaz Gp:** Conecta a los SGSNs en otros PLMNs (escenarios de roaming)

Ambas interfaces utilizan protocolos idénticos; la distinción es puramente topológica.



# Principales Diferencias con PGW (S5/S8)

| Aspecto                            | GGSN (Gn/Gp)                | PGW (S5/S8)                 |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>Versión del Protocolo</b>       | GTP-C v1                    | GTP-C v2                    |
| <b>Especificación 3GPP</b>         | TS 29.060                   | TS 29.274                   |
| <b>Concepto de Sesión</b>          | Contexto PDP                | Sesión PDN + Transportes    |
| <b>Identificador de Transporte</b> | NSAPI (0-15)                | EBI (5-15)                  |
| <b>Interfaz de Políticas</b>       | Ninguna (política estática) | Gx (PCRF)                   |
| <b>Modelo de QoS</b>               | Perfil QoS R99              | QoS de Transporte EPS (QCI) |
| <b>Puerto</b>                      | 2123 (compartido)           | 2123                        |

## Detalles del Protocolo

### GTP-C Versión 1

- **Protocolo:** GTP-C v1 (3GPP TS 29.060)
- **Transporte:** UDP
- **Puerto:** 2123 (compartido con S5/S8 GTP-C v2)
- **Tipo de Interfaz:** Plano de Control

## TEID (Identificador de Punto Final de Túnel)

Cada contexto PDP tiene TEIDs únicos para el plano de control y el plano de usuario:

- **TEID de Control GGSN:** Asignado por OmniPGW para mensajes de control entrantes
- **TEID de Datos GGSN:** Asignado por UPF para datos de usuario entrantes
- **TEID de Control SGSN:** Proporcionado por SGSN para mensajes de control salientes
- **TEID de Datos SGSN:** Proporcionado por SGSN para datos de usuario salientes

Flujo de Mensajes:

SGSN → GGSN: TEID de Destino = TEID de Control del GGSN

GGSN → SGSN: TEID de Destino = TEID de Control del SGSN

## Soporte CUPS (Separación de Control y Plano de Usuario)

OmniPGW soporta la arquitectura CUPS para 2G/3G:

- **Dirección GSN para Señalización:** IP del plano de control de OmniPGW (de `gn.local_ipv4_address`)
- **Dirección GSN para Tráfico de Usuario:** Dirección IP del UPF (de la Respuesta de Establecimiento de Sesión PFCP)

Esto permite que el GGSN-C y el PGW-U/UPF se ejecuten en nodos separados con diferentes direcciones IP, lo cual es estándar para implementaciones CUPS.

## NSAPI (Identificador de Punto de Acceso al Servicio de Red)

El NSAPI identifica contextos PDP individuales dentro de una sesión de suscriptor:

- **Rango:** 5-15 (0-4 reservados)

- **Uso:** Múltiples contextos PDP por suscriptor posibles
  - **Equivalente:** Similar al EBI en LTE/EPC
- 

# Configuración

## Configuración Básica

```
# config/runtime.exs
config :pgw_c,
  # La interfaz Gn/Gp se habilita automáticamente cuando la
  # configuración gn está presente
  gn: %{
    # Dirección IPv4 local para la interfaz Gn
    local_ipv4_address: "10.0.0.20",

    # Opcional: Dirección IPv6 local
    local_ipv6_address: nil,

    # Puerto para GTP-C v1 (compartido con S5/S8)
    local_port: 2123
  },

  # Servidores DNS devueltos en PCO (compartidos con PGW)
  dns: %{
    primary_ipv4: {8, 8, 8, 8},
    secondary_ipv4: {8, 8, 4, 4}
  }
```

# Parámetros de la Interfaz Gn

| Parámetro                       | Tipo    | Requerido | Predeterminado   | Descripción                                                                      |
|---------------------------------|---------|-----------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| <code>local_ipv4_address</code> | String  | Sí        | -                | Dirección IPv4 para enlazar interfaz. Esta es dirección GGSN anuncia los SGSN.   |
| <code>local_ipv6_address</code> | String  | No        | <code>nil</code> | Dirección IPv6 opcional para mayoría de las redes 2G/3G solo IPv4.               |
| <code>local_port</code>         | Integer | No        | 2123             | Puerto local para GTP. Puerto estándar según 3GPP TS 29.060. Comparar con S5/S8. |



## Parámetros de DNS

| Parámetro                   | Tipo  | Requerido | Predeterminado            | Descripción                                                 |
|-----------------------------|-------|-----------|---------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <code>primary_ipv4</code>   | Tuple | No        | <code>{8, 8, 8, 8}</code> | Dirección IPv4 del servidor DNS primario devuelta en PCO.   |
| <code>secondary_ipv4</code> | Tuple | No        | <code>{8, 8, 4, 4}</code> | Dirección IPv4 del servidor DNS secundario devuelta en PCO. |
| <code>primary_ipv6</code>   | Tuple | No        | <code>nil</code>          | Dirección IPv6 del servidor DNS primario.                   |
| <code>secondary_ipv6</code> | Tuple | No        | <code>nil</code>          | Dirección IPv6 del servidor DNS secundario.                 |

## Requisitos de Red

**Reglas de Firewall:**

```
# Permitir GTP-C desde la red SGSN
iptables -A INPUT -p udp --dport 2123 -s <sgsn_network>/24 -j
ACCEPT

# Permitir GTP-C saliente hacia SGSN
iptables -A OUTPUT -p udp --dport 2123 -d <sgsn_network>/24 -j
ACCEPT
```

---

# Tipos de Mensajes

## Gestión del Contexto PDP

### Solicitud de Creación de Contexto PDP

**Dirección:** SGSN → GGSN

**Propósito:** Establecer un nuevo contexto PDP para conectividad de datos

**IEs Clave (Elementos de Información):**

| Nombre IE                              | Tipo      | Descripción                                                |
|----------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------|
| IMSI                                   | Identidad | Identidad Internacional del Suscriptor Móvil               |
| NSAPI                                  | Entero    | Identificador de Punto de Acceso al Servicio de Red (5-15) |
| TEID Datos I                           | Entero    | Punto final de túnel del plano de usuario del SGSN         |
| TEID Control                           | Entero    | Punto final de túnel del plano de control del SGSN         |
| Dirección del Usuario Final            | Dirección | Tipo de PDN solicitado y IP opcional                       |
| Nombre del Punto de Acceso             | String    | APN para la conexión                                       |
| Dirección GSN (Señalización)           | IP        | Dirección del plano de señalización del SGSN               |
| Dirección GSN (Usuario)                | IP        | Dirección del plano de usuario del SGSN                    |
| Perfil QoS                             | Binario   | Parámetros QoS solicitados                                 |
| MSISDN                                 | Identidad | Número de teléfono móvil (opcional)                        |
| Modo de Selección                      | Enum      | Modo de selección de APN                                   |
| Opciones de Configuración de Protocolo | Opciones  | Opciones de protocolo adicionales                          |

## Ejemplo:

### Solicitud de Creación de Contexto PDP

- |— IMSI: 310260123456789
- |— NSAPI: 5
- |— TEID Datos I: 0x12345678
- |— TEID Control: 0x87654321
- |— Dirección del Usuario Final: IPv4 (dinámica)
- |— APN: internet
- |— Dirección GSN (Señalización): 10.1.1.100
- |— Dirección GSN (Usuario): 10.1.1.100
- |— Perfil QoS: [Parámetros QoS R99]
- |— PCO: [Solicitud de DNS, etc.]

## Respuesta a la Solicitud de Creación de Contexto PDP

**Dirección:** GGSN → SGSN

**Propósito:** Reconocer la creación del contexto PDP con recursos asignados

**IEs Clave:**

| <b>Nombre IE</b>                       | <b>Tipo</b> | <b>Descripción</b>                                 |
|----------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------|
| Causa                                  | Resultado   | Código de éxito o error                            |
| Reordenamiento Requerido               | Booleano    | Si se necesita reordenar                           |
| Recuperación                           | Contador    | Contador de reinicio del GGSN                      |
| TEID Datos I                           | Entero      | Punto final de túnel del plano de usuario del GGSN |
| TEID Control                           | Entero      | Punto final de túnel del plano de control del GGSN |
| NSAPI                                  | Entero      | NSAPI confirmado                                   |
| ID de Carga                            | Binario     | ID de correlación de carga                         |
| Dirección del Usuario Final            | Dirección   | Dirección IP del UE asignada                       |
| Dirección GSN (Señalización)           | IP          | Dirección del plano de señalización del GGSN       |
| Dirección GSN (Usuario)                | IP          | Dirección del plano de usuario del GGSN            |
| Perfil QoS                             | Binario     | Parámetros QoS negociados                          |
| Opciones de Configuración de Protocolo | Opciones    | Servidores DNS, etc.                               |

### **Respuesta de Éxito:**

#### Respuesta a la Solicitud de Creación de Contexto PDP

- |— Causa: Solicitud Aceptada (128)
- |— TEID Datos I: 0xAABBCCDD
- |— TEID Control: 0xDDCCBBAA
- |— NSAPI: 5
- |— ID de Carga: 0x11223344
- |— Dirección del Usuario Final
  - |— IPv4: 100.64.1.42
- |— Dirección GSN (Señalización): 10.0.0.20
- |— Dirección GSN (Usuario): 10.0.0.20
- |— Perfil QoS: [QoS Negociado]
- |— PCO
  - |— DNS Primario: 8.8.8.8
  - |— DNS Secundario: 8.8.4.4

### Solicitud de Actualización de Contexto PDP

**Dirección:** SGSN → GGSN

**Propósito:** Modificar un contexto PDP existente (por ejemplo, reubicación de SGSN, cambio de QoS)

#### Escenarios comunes:

- Transferencia inter-SGSN (actualización de área de enrutamiento)
- Renegociación de QoS
- Cambio de dirección de SGSN

#### IEs Clave:

| Nombre IE     | Descripción                              |
|---------------|------------------------------------------|
| NSAPI         | Identificador del contexto PDP           |
| TEID Datos I  | Nuevo TEID del plano de usuario del SGSN |
| Dirección GSN | Nuevas direcciones del SGSN              |
| Perfil QoS    | QoS actualizado (opcional)               |

## Respuesta a la Solicitud de Actualización de Contexto PDP

**Dirección:** GGSN → SGSN

**Propósito:** Reconocer la actualización del contexto PDP

**IEs Clave:**

| Nombre IE     | Descripción                        |
|---------------|------------------------------------|
| Causa         | Código de éxito o error            |
| TEID Datos I  | TEID del plano de usuario del GGSN |
| Dirección GSN | Direcciones del GGSN               |
| Perfil QoS    | QoS negociado                      |

## Solicitud de Eliminación de Contexto PDP

**Dirección:** SGSN → GGSN

**Propósito:** Terminar un contexto PDP

**IEs Clave:**

| Nombre IE                | Descripción                                       |
|--------------------------|---------------------------------------------------|
| NSAPI                    | Contexto PDP a eliminar                           |
| Indicación de Desmontaje | Eliminar todos los contextos para este suscriptor |

## Respuesta a la Solicitud de Eliminación de Contexto PDP

**Dirección:** GGSN → SGSN

**Propósito:** Reconocer la eliminación del contexto PDP

**IEs Clave:**

| Nombre IE | Descripción             |
|-----------|-------------------------|
| Causa     | Código de éxito o error |

# Gestión de Rutas

**Solicitud / Respuesta de Eco**

**Dirección:** Bidireccional

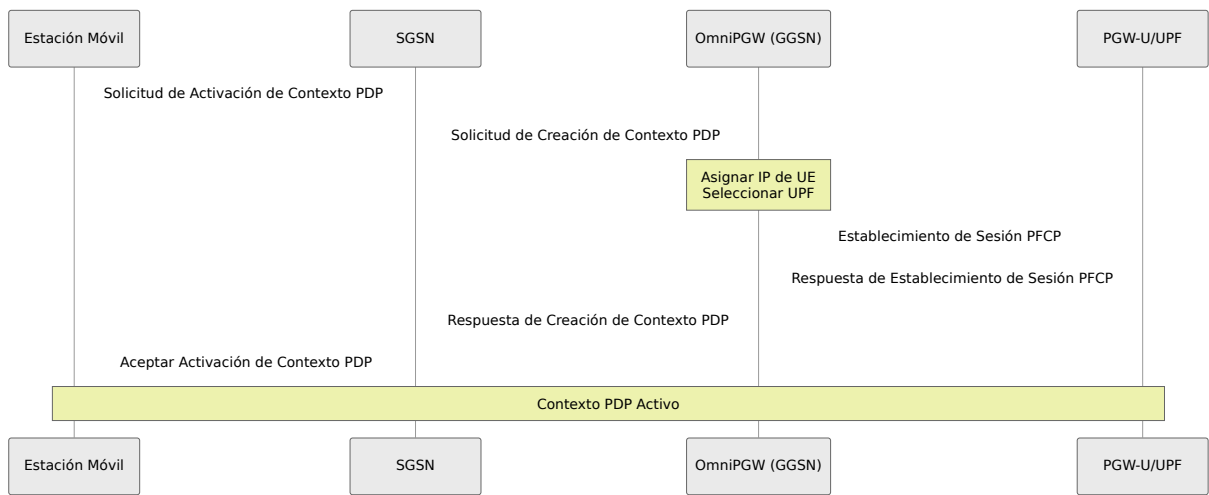
**Propósito:** Mantenimiento de ruta y detección de reinicio

**IEs Clave:**

| Nombre IE    | Descripción                                          |
|--------------|------------------------------------------------------|
| Recuperación | Contador de reinicio para detectar reinicios de nodo |

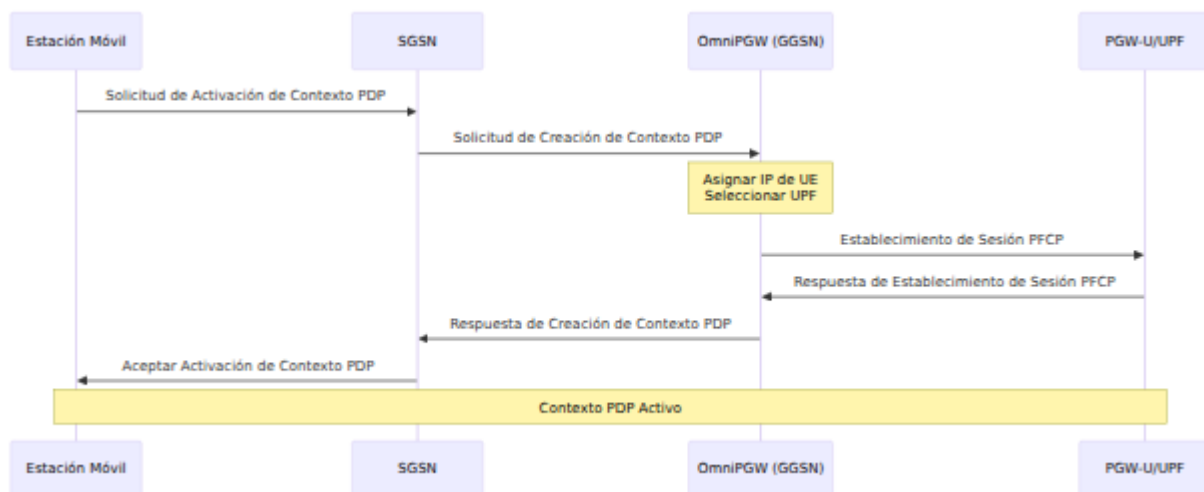
# Flujos de Mensajes

## Activación del Contexto PDP

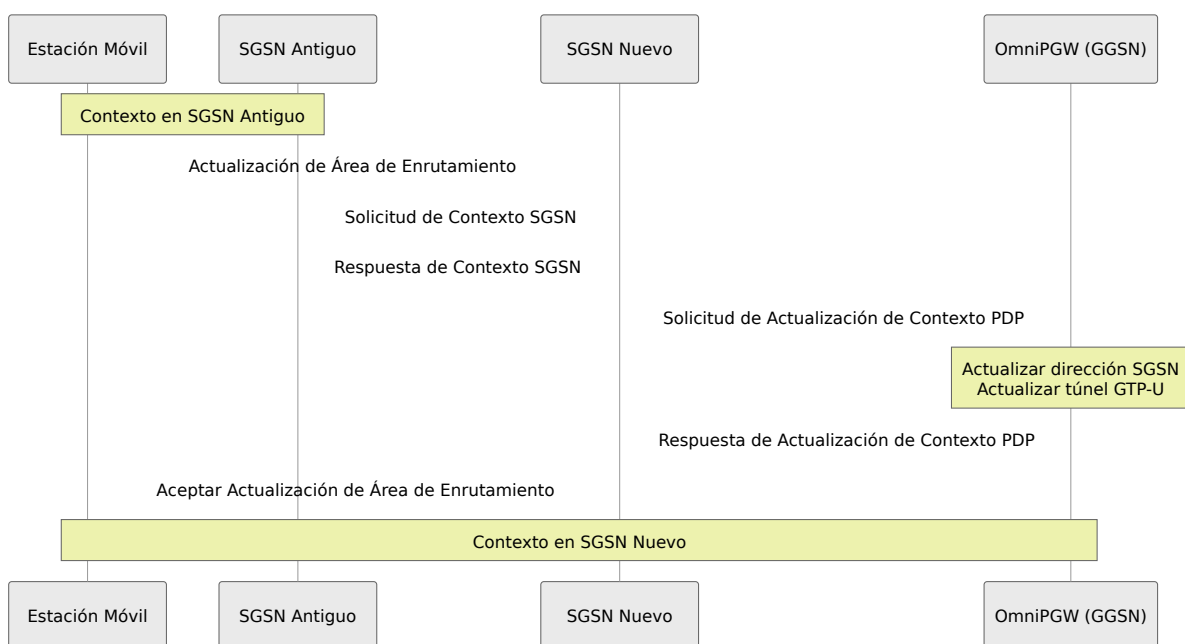




## Desactivación del Contexto PDP



## Transferencia Inter-SGSN



## Infraestructura Compartida

La funcionalidad GGSN de OmniPGW comparte infraestructura con el modo PGW:

## Asignación de Dirección IP de UE

Utiliza el mismo AddressRegistry y configuración de subred que PGW. Consulte [Asignación de IP de UE](#) para detalles de configuración.

## Gestión de Sesiones UPF/PFCP

Utiliza el mismo establecimiento de sesión PFCP que PGW:

- Reglas PDR/FAR/QER creadas por contexto PDP
- Selección de UPF a través de la misma configuración de selección upf\_selection
- Consulte [Interfaz PFCP](#) para detalles

## Carga en Línea (Gy)

Integración opcional de Diameter Gy disponible:

- Control de crédito para suscriptores prepagos
- La misma configuración de Gy que en modo PGW
- Consulte [Interfaz Diameter Gy](#) para configuración

## Generación de CDR

Utiliza la misma generación de CDR que PGW. Consulte [Formato de CDR de Datos](#) para detalles.

---

## Códigos de Causa

### Éxito

| Código | Nombre             | Descripción       |
|--------|--------------------|-------------------|
| 128    | Solicitud Aceptada | Operación exitosa |

## Causas de Rechazo

| Código | Nombre                         | Cuándo se Usa              |
|--------|--------------------------------|----------------------------|
| 192    | No existente                   | Contexto PDP no encontrado |
| 193    | Formato de mensaje inválido    | Mensaje GTP mal formado    |
| 194    | IMSI no conocido               | Suscriptor no encontrado   |
| 195    | MS está Desconectado de GPRS   | MS no adjunto              |
| 196    | MS no está Respondiendo a GPRS | MS inalcanzable            |
| 197    | MS Rechaza                     | MS rechazó la solicitud    |
| 198    | Versión no soportada           | Desajuste de versión GTP   |
| 199    | No hay recursos disponibles    | Agotamiento de recursos    |
| 200    | Servicio no soportado          | Servicio no soportado      |
| 201    | IE obligatorio incorrecto      | Validación de IE fallida   |
| 202    | IE obligatorio faltante        | IE requerido ausente       |
| 203    | IE opcional incorrecto         | IE opcional inválido       |
| 204    | Fallo del sistema              | Error interno              |
| 205    | Restricción de roaming         | Roaming no permitido       |
| 206    | Desajuste de Firma P-TMSI      | Fallo de seguridad         |
| 207    | Conexión GPRS suspendida       | Conexión suspendida        |

| Código | Nombre                            | Cuándo se Usa                    |
|--------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 208    | Fallo de autenticación            | Autenticación fallida            |
| 209    | Fallo de autenticación de usuario | Autenticación de usuario fallida |

# Monitoreo

## Métricas de la Interfaz Gn

```
# Contadores de mensajes
gn_inbound_messages_total{message_type="create_pdp_context_request"}
gn_inbound_messages_total{message_type="update_pdp_context_request"}
gn_inbound_messages_total{message_type="delete_pdp_context_request"}

gn_outbound_messages_total{message_type="create_pdp_context_response"}
gn_outbound_messages_total{message_type="update_pdp_context_response"}
gn_outbound_messages_total{message_type="delete_pdp_context_response"}

# Latencia de transacciones
gn_outbound_transaction_duration_bucket
```

## Consultas Útiles

### Tasa de Creación de Contexto PDP:

```
rate(gn_inbound_messages_total{message_type="create_pdp_context_reque
[5m])
```

### Tasa de Éxito:

```
sum(rate(gn_outbound_messages_total{message_type="create_pdp_context_
[5m]})
/
sum(rate(gn_inbound_messages_total{message_type="create_pdp_context_r
[5m]})
```

### Contextos PDP Activos:

```
gn_inbound_messages_total{message_type="create_pdp_context_request"}
-
gn_inbound_messages_total{message_type="delete_pdp_context_request"}
```

---

## Solución de Problemas

### Problema: Sin Respuesta a la Solicitud de Creación de Contexto PDP

#### Síntomas:

- SGSN envía Solicitud de Creación de Contexto PDP
- No se recibe respuesta
- Tiempo de espera en SGSN

#### Causas posibles:

1. Problema de conectividad de red
2. OmniPGW no escuchando en la IP configurada
3. Firewall bloqueando UDP 2123
4. Fallo en el establecimiento de UPF/PFCP

#### Depuración:

```
# Verificar que OmniPGW está escuchando
netstat -ulnp | grep 2123

# Verificar paquetes entrantes
tcpdump -i any -n port 2123

# Verificar configuración
grep "local_ipv4_address" config/runtime.exs

# Verificar conectividad PFCP
curl http://pgw:9090/metrics | grep pfc
```

## Problema: Creación de Contexto PDP Rechazada

### Síntomas:

- Respuesta de Creación de Contexto PDP con causa de error
- Contexto PDP no establecido

### Causas comunes:

Causa 199 (No hay recursos disponibles):

- Pool de IP agotado
- Verificar: `curl http://pgw:9090/metrics | grep address_registry_count`
- Ampliar el pool de IP en `ue.subnet_map`

Causa 202 (IE obligatorio faltante):

- SGSN no envía IEs requeridos
- Verificar configuración del SGSN
- Revisar mensaje en `tcpdump`

Causa 204 (Fallo del sistema):

- Fallo de UPF/PFCP
- Verificar estado de asociación PFCP
- Revisar registros de OmniPGW

# Problema: Fallo en la Actualización del Contexto PDP

## Síntomas:

- Respuesta de Actualización de Contexto PDP con causa de error
- La transferencia falla

## Causas posibles:

- Contexto PDP no encontrado (TEID diferente)
- Desajuste de NSAPI
- Sesión ya eliminada

## Depuración:

```
# Verificar sesiones activas
curl http://pgw:9090/metrics | grep session_count

# Revisar registros para búsqueda de contexto
journalctl -u omnigw | grep "PDP Context"
```

---

# Mejores Prácticas

## Diseño de Red

### 1. Puerto Compartido con S5/S8

- Gn y S5/S8 comparten el puerto UDP 2123
- OmniPGW detecta automáticamente la versión de GTP del mensaje
- Una sola IP puede servir tanto para 2G/3G como para 4G

### 2. Conectividad SGSN

- Asegurarse de que todos los SGSNs puedan alcanzar la IP del GGSN
- Considerar VLAN dedicada para tráfico Gn

- Planificar para roaming (Gp) si es aplicable

### 3. Planificación de Direcciones IP

- Los mismos pools de IP sirven tanto para modos PGW como GGSN
- Considerar pools basados en APN separados para 2G/3G

## Rendimiento

### 1. Capacidad de Sesión

- Monitorear la métrica `session_count`
- Planificar para el número esperado de suscriptores 2G/3G
- Considerar que 2G/3G típicamente tiene menos sesiones concurrentes

### 2. Tamaños de Buffer UDP

- Las mismas recomendaciones que S5/S8
- Típico: 4-8 MB por socket

## Consideraciones de Migración

Al migrar de GGSN independiente a OmniPGW:

### 1. Configuración de APN

- Asegurarse de que los APNs coincidan con la configuración existente del GGSN
- Verificar la configuración del servidor DNS en PCO

### 2. Migración del Pool de IP

- Planificar cuidadosamente la transición del pool de IP
- Considerar una migración gradual por APN

### 3. Mapeo de QoS

- Los perfiles QoS R99 se aceptan tal como están
- No se necesita traducción de QCI para 2G/3G



---

# Documentación Relacionada

## Funciones Principales

- **Guía de Configuración** - Referencia completa de configuración
- **Gestión de Sesiones** - Detalles del ciclo de vida de la sesión
- **Asignación de IP de UE** - Gestión de direcciones IP
- **Configuración de PCO** - Opciones de Configuración de Protocolo

## Interfaces Relacionadas

- **Interfaz S5/S8** - Interfaz equivalente 4G/LTE
- **Interfaz PFCP** - Coordinación del plano de usuario
- **Interfaz Diameter Gy** - Carga en línea

## Operaciones

- **Guía de Monitoreo** - Métricas y alertas
- **Solución de Problemas** - Problemas comunes
- **Formato de CDR de Datos** - Generación de CDR

---

## Referencias

- **3GPP TS 29.060** - Protocolo de Túnel GPRS (GTP) a través de la interfaz Gn y Gp
- **3GPP TS 23.060** - Servicio General de Paquetes de Radio (GPRS); Descripción del servicio
- **3GPP TS 24.008** - Especificación de la Capa 3 de la interfaz de radio móvil (perfiles QoS)

---

**Volver al Índice de Documentación**

---

## **Interfaz Gn/Gp de OmniPGW** - *por Omnitouch Network Services*

# Guía de Monitoreo y Métricas de OmniPGW

**Integración de Prometheus y Monitoreo Operativo**

*por Omnitouch Network Services*

---

## Tabla de Contenidos

1. Descripción General
  2. Endpoint de Métricas
  3. Métricas Disponibles
  4. Configuración de Prometheus
  5. Dashboards de Grafana
  6. Alertas
  7. Monitoreo del Rendimiento
  8. Solución de Problemas de Métricas
- 

## Descripción General

OmniPGW proporciona dos enfoques complementarios de monitoreo:

**1. Interfaz Web en Tiempo Real** (cubierta brevemente aquí, detallada en los documentos de interfaz respectivos)

- Visor de sesiones en vivo
- Estado de pares PFCP
- Conectividad de pares Diameter
- Inspección de sesiones individuales

## 2. Métricas de Prometheus (enfoque principal de este documento)

- Tendencias históricas y análisis
- Alertas y notificaciones
- Métricas de rendimiento
- Planificación de capacidad

Este documento se centra en **métricas de Prometheus**. Para detalles de la Interfaz Web, consulte:

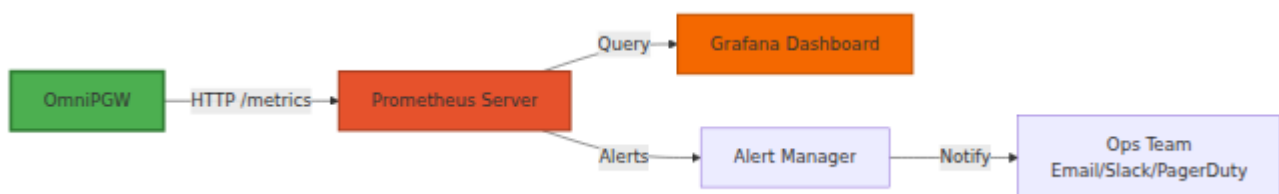
- [Gestión de Sesiones - Interfaz Web](#)
- [Interfaz PFCP - Interfaz Web](#)
- [Diameter Gx - Interfaz Web](#)

## Descripción General de las Métricas de Prometheus

OmniPGW expone **métricas compatibles con Prometheus** para un monitoreo integral de la salud del sistema, rendimiento y capacidad. Esto permite a los equipos de operaciones:

- **Monitorear la Salud del Sistema** - Rastrear sesiones activas, asignaciones y errores
- **Planificación de Capacidad** - Comprender las tendencias de utilización de recursos
- **Análisis de Rendimiento** - Medir la latencia en el manejo de mensajes
- **Alertas** - Notificación proactiva de problemas
- **Depuración** - Identificar las causas raíz de los problemas

## Arquitectura de Monitoreo



# Endpoint de Métricas

## Configuración

Habilitar métricas en `config/runtime.exs`:

```
config :pgw_c,  
  metrics: %{  
    enabled: true,  
    ip_address: "0.0.0.0", # Vincular a todas las interfaces  
    port: 9090,             # Puerto HTTP  
    registry_poll_period_ms: 5_000 # Intervalo de sondeo  
  }
```

## Accediendo a las Métricas

**Endpoint HTTP:**

```
http://<omnipgw_ip>:<port>/metrics
```

**Ejemplo:**

```
curl http://10.0.0.20:9090/metrics
```

## Formato de Salida

Las métricas se exponen en **formato de texto de Prometheus**:

```
# HELP teid_registry_count The number of TEID registered to
sessions
# TYPE teid_registry_count gauge
teid_registry_count 150

# HELP address_registry_count The number of addresses registered
to sessions
# TYPE address_registry_count gauge
address_registry_count 150

# HELP s5s8_inbound_messages_total The total number of messages
received from S5/S8 peers
# TYPE s5s8_inbound_messages_total counter
s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}
1523
s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"}
1487
```

---

## Métricas Disponibles

OmniPGW expone las siguientes categorías de métricas:

### Métricas de Sesión

#### Conteos de Sesiones Activas:

| Nombre de Métrica                                | Tipo  | Descripción                                                                                          |
|--------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <code>teid_registry_count</code>                 | Gauge | Sesiones S5/S8 activas (conteo de TEID)                                                              |
| <code>seid_registry_count</code>                 | Gauge | Sesiones PFCP activas (conteo de SEID)                                                               |
| <code>session_id_registry_count</code>           | Gauge | Sesiones Gx activas (conteo de Diameter Session-ID)                                                  |
| <code>session_registry_count</code>              | Gauge | Sesiones activas (pares IMSI, EBI)                                                                   |
| <code>address_registry_count</code>              | Gauge | Direcciones IP de UE asignadas                                                                       |
| <code>charging_id_registry_count</code>          | Gauge | IDs de carga activos (ver <a href="#">Formato de CDR de Datos</a> para registros de facturación CDR) |
| <code>sxb_sequence_number_registry_count</code>  | Gauge | Respuestas PFCP pendientes (esperando respuesta)                                                     |
| <code>s5s8_sequence_number_registry_count</code> | Gauge | Respuestas S5/S8 pendientes (esperando respuesta)                                                    |
| <code>sxb_peer_registry_count</code>             | Gauge | Número de procesos de pares PFCP registrados                                                         |

### Uso:

```
# Sesiones activas actuales
teid_registry_count

# Tasa de creación de sesiones (por segundo)
rate(teid_registry_count[5m])

# Sesiones máximas en la última hora
max_over_time(teid_registry_count[1h])
```

## Contadores de Mensajes

### Mensajes S5/S8 (GTP-C):

| Nombre de Métrica            | Tipo    | Etiquetas    | Descripción                       |
|------------------------------|---------|--------------|-----------------------------------|
| s5s8_inbound_messages_total  | Counter | message_type | Total de mensajes S5/S8 entrantes |
| s5s8_outbound_messages_total | Counter | message_type | Total de mensajes S5/S8 salientes |
| s5s8_inbound_errors_total    | Counter | message_type | Errores de procesamiento S5/S8    |

### Tipos de Mensajes:

- create\_session\_request
- create\_session\_response
- delete\_session\_request
- delete\_session\_response
- create\_bearer\_request



- `delete_bearer_request`

### Mensajes Sxb (PFCP):

| Nombre de Métrica                        | Tipo    | Etiquetas                 | Descripción                             |
|------------------------------------------|---------|---------------------------|-----------------------------------------|
| <code>sxb_inbound_messages_total</code>  | Counter | <code>message_type</code> | Total de mensajes PFCP entrantes        |
| <code>sxb_outbound_messages_total</code> | Counter | <code>message_type</code> | Total de mensajes PFCP salientes        |
| <code>sxb_inbound_errors_total</code>    | Counter | <code>message_type</code> | Errores de procesamiento PFCP entrantes |
| <code>sxb_outbound_errors_total</code>   | Counter | <code>message_type</code> | Errores de procesamiento PFCP salientes |

### Tipos de Mensajes:

- `association_setup_request`
- `association_setup_response`
- `heartbeat_request`
- `heartbeat_response`
- `session_establishment_request`
- `session_establishment_response`
- `session_modification_request`
- `session_deletion_request`

### Mensajes Gx (Diameter):

| Nombre de Métrica                        | Tipo    | Etiquetas                                                                                     | Descripción                                                                                                 |
|------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <code>gx_inbound_messages_total</code>   | Counter | <code>message_type</code>                                                                     | Total de mensajes Diameter entrantes                                                                        |
| <code>gx_outbound_messages_total</code>  | Counter | <code>message_type</code>                                                                     | Total de mensajes Diameter salientes                                                                        |
| <code>gx_inbound_errors_total</code>     | Counter | <code>message_type</code>                                                                     | Errores de procesamiento de mensajes Diameter entrantes                                                     |
| <code>gx_outbound_errors_total</code>    | Counter | <code>message_type</code>                                                                     | Errores de procesamiento de mensajes Diameter salientes                                                     |
| <code>gx_outbound_responses_total</code> | Counter | <code>message_type</code> ,<br><code>result_code_class</code> ,<br><code>diameter_host</code> | Respuestas de mensajes Diameter enviadas categorizadas por clase de mensaje, código de resultado y host par |

### Tipos de Mensajes:

- `gx_CCA` (Credit-Control-Answer)
- `gx_CCR` (Credit-Control-Request)
- `gx_RAA` (Re-Auth-Answer)
- `gx_RAR` (Re-Auth-Request)

**Clases de Códigos de Resultado** (para `gx_outbound_responses_total`):

- `2xxx` - Respuestas de éxito (por ejemplo, 2001 DIAMETER\_SUCCESS)
- `3xxx` - Errores de protocolo (por ejemplo, 3001 DIAMETER\_COMMAND\_UNSUPPORTED)
- `4xxx` - Fallos transitorios (por ejemplo, 4001 DIAMETER\_AUTHENTICATION\_REJECTED)
- `5xxx` - Fallos permanentes (por ejemplo, 5012 DIAMETER\_UNABLE\_TO\_COMPLY)

**Ejemplos de Uso:**

```
# Monitorear la tasa de éxito de respuestas Gx
sum(rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class="2xxx"}[5m]))
sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) * 100

# Rastrear fallos por host PCRF
rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class!="2xxx"}[5m]) by (

# Contar el total de mensajes exitosos de Re-Auth-Answer
gx_outbound_responses_total{message_type="gx_RAA",result_code_class="

# Alertar sobre una alta tasa de fallos a un PCRF específico
rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class=~"4xxx|5xxx",diame
[5m]) > 0.1
```

**Manejo de Errores:**

| Nombre de Métrica          | Tipo    | Etiquetas                                     | Descripción                                                    |
|----------------------------|---------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <code>rescues_total</code> | Counter | <code>module,</code><br><code>function</code> | Total de bloques de rescate alcanzados (manejo de excepciones) |

**Métricas de Latencia**

**Duración del Procesamiento de Mensajes Entrantes:**

| Nombre de Métrica              | Tipo      | Etiquetas            |                                           |
|--------------------------------|-----------|----------------------|-------------------------------------------|
| s5s8_inbound_handling_duration | Histogram | request_message_type | 7<br>r<br>r<br>s<br>c<br>c<br>e<br>r      |
| sxb_inbound_handling_duration  | Histogram | request_message_type | 7<br>r<br>r<br>F<br>c<br>c<br>e<br>r      |
| gx_inbound_handling_duration   | Histogram | request_message_type | 7<br>r<br>r<br>L<br>(<br>c<br>c<br>e<br>r |

**Duración de Transacciones Salientes:**

| Nombre de Métrica                  | Tipo      | Etiquetas            |
|------------------------------------|-----------|----------------------|
| s5s8_outbound_transaction_duration | Histogram | request_message_type |
| sxb_outbound_transaction_duration  | Histogram | request_message_type |
| gx_outbound_transaction_duration   | Histogram | request_message_type |

### Cubos (segundos):

- Valores: 0.0001, 0.0005, 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 5.0
- (100µs, 500µs, 1ms, 5ms, 10ms, 50ms, 100ms, 500ms, 1s, 5s)

### Uso:

```
# Latencia S5/S8 del percentil 95
histogram_quantile(0.95,
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
)

# Latencia promedio de PFCP
rate(sxb_inbound_handling_duration_sum[5m]) /
rate(sxb_inbound_handling_duration_count[5m])
```

## Monitoreo de Salud de UPF

### Métricas de Pares UPF:

| Nombre de Métrica                       | Tipo  | Etiquetas            | Descripción                                                        |
|-----------------------------------------|-------|----------------------|--------------------------------------------------------------------|
| <code>upf_peers_total</code>            | Gauge | -                    | Total de pares UPF registrados                                     |
| <code>upf_peers_healthy</code>          | Gauge | -                    | Número de pares UPF saludables (asociados + latidos OK)            |
| <code>upf_peers_unhealthy</code>        | Gauge | -                    | Número de pares UPF no saludables                                  |
| <code>upf_peers_associated</code>       | Gauge | -                    | Número de pares UPF con asociación PFCP activa                     |
| <code>upf_peers_unassociated</code>     | Gauge | -                    | Número de pares UPF sin asociación PFCP                            |
| <code>upf_peer_healthy</code>           | Gauge | <code>peer_ip</code> | Estado de salud de un UPF específico (1=saludable, 0=no saludable) |
| <code>upf_peer_missed_heartbeats</code> | Gauge | <code>peer_ip</code> | Latidos consecutivos perdidos para un UPF específico               |

### Uso:

```
# Monitorear la salud del grupo UPF
upf_peers_healthy / upf_peers_total

# Alertar sobre UPFs no saludables
upf_peers_unhealthy > 0

# Rastrear la salud de un UPF específico
upf_peer_healthy{peer_ip="10.98.0.20"}

# Identificar UPFs con problemas de latidos
upf_peer_missed_heartbeats > 2
```

### **Ejemplos de Alertas:**

```

# Alertar cuando un UPF se cae
- alert: UPF_Peer_Down
  expr: upf_peer_healthy == 0
  for: 1m
  labels:
    severity: critical
  annotations:
    summary: "UPF {{ $labels.peer_ip }} está caído"
    description: "El par UPF no responde a los latidos PFCP"

# Alertar cuando múltiples UPFs están caídos
- alert: UPF_Pool_Degraded
  expr: (upf_peers_healthy / upf_peers_total) < 0.5
  for: 2m
  labels:
    severity: critical
  annotations:
    summary: "Grupo de UPF degradado"
    description: "Solo {{ $value | humanizePercentage }} de los
UPFs son saludables"

# Advertencia sobre latidos perdidos
- alert: UPF_Heartbeat_Issues
  expr: upf_peer_missed_heartbeats > 2
  for: 30s
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Problemas de latidos en UPF {{ $labels.peer_ip }}"
    description: "{{ $value }} latidos consecutivos perdidos"

```

## Monitoreo de Salud de P-CSCF

### Métricas del Servidor P-CSCF:



| Nombre de Métrica                    | Tipo  | Etiquetas         | Descripción                                         |
|--------------------------------------|-------|-------------------|-----------------------------------------------------|
| <code>pcscf_fqdns_total</code>       | Gauge | -                 | Total de FQDNs de P-CSCF que se están monitoreando  |
| <code>pcscf_fqdns_resolved</code>    | Gauge | -                 | FQDNs de P-CSCF resueltos con éxito a través de DNS |
| <code>pcscf_fqdns_failed</code>      | Gauge | -                 | FQDNs de P-CSCF que fallaron en la resolución DNS   |
| <code>pcscf_servers_total</code>     | Gauge | -                 | Total de servidores P-CSCF descubiertos             |
| <code>pcscf_servers_healthy</code>   | Gauge | <code>fqdn</code> | Servidores P-CSCF saludables por FQDN               |
| <code>pcscf_servers_unhealthy</code> | Gauge | <code>fqdn</code> | Servidores P-CSCF no saludables por FQDN            |

**Ver:** [Guía de Monitoreo de P-CSCF](#) para un seguimiento detallado de la salud de IMS.

## Métricas de Licencia

### Estado de la Licencia:

| Nombre de Métrica           | Tipo  | Descripción                                             |
|-----------------------------|-------|---------------------------------------------------------|
| <code>license_status</code> | Gauge | Estado actual de la licencia (1 = válido, 0 = inválido) |

## Uso:

```
# Verificar si la licencia es válida
license_status == 1

# Alertar sobre licencia inválida
license_status == 0
```

## Ejemplo de Alerta:

```
- alert: PGW_C_License_Invalid
  expr: license_status == 0
  for: 1m
  labels:
    severity: critical
  annotations:
    summary: "Licencia de PGW-C inválida o expirada"
    description: "El estado de la licencia es inválido - las solicitudes de creación de sesión están siendo bloqueadas"
```

## Impacto de Licencia Inválida:

Cuando la licencia es inválida o el servidor de licencias no es accesible, **las Solicitudes de Creación de Sesiones serán rechazadas** con el código de causa GTP-C **"No hay recursos disponibles" (73)**. Esto es visible en las capturas de paquetes como se muestra a continuación:

*Captura de Wireshark mostrando Respuesta de Creación de Sesión con causa "No hay recursos disponibles" cuando la licencia es inválida*

### **Notas:**

- Nombre del producto registrado con el servidor de licencias: `omnipgwc`
- La URL del servidor de licencias está configurada en `config/runtime.exs` bajo `:license_client`
- Cuando la licencia es inválida (`license_status == 0`), las solicitudes de creación de sesión están bloqueadas con el código de causa GTP-C 73 (No hay recursos disponibles)
- La interfaz de usuario y el monitoreo siguen siendo accesibles independientemente del estado de la licencia
- Los pares Diameter, GTP-C y PFCP continúan manteniendo conexiones
- Las sesiones existentes no se ven afectadas - solo se bloquea la creación de nuevas sesiones

## **Métricas del Sistema**

### **Métricas de la VM de Erlang:**

| Nombre de Métrica       | Tipo  | Descripción                      |
|-------------------------|-------|----------------------------------|
| vm_memory_total         | Gauge | Memoria total de la VM (bytes)   |
| vm_memory_processes     | Gauge | Memoria utilizada por procesos   |
| vm_memory_system        | Gauge | Memoria utilizada por el sistema |
| vm_system_process_count | Gauge | Total de procesos de Erlang      |
| vm_system_port_count    | Gauge | Total de puertos abiertos        |

# Configuración de Prometheus

## Configuración de Sondeo

Agregar OmniPGW a prometheus.yml:

```
# prometheus.yml
global:
  scrape_interval: 15s
  evaluation_interval: 15s

scrape_configs:
  - job_name: 'omnipgw'
    static_configs:
      - targets: ['10.0.0.20:9090']
        labels:
          instance: 'omnipgw-01'
          environment: 'production'
          site: 'datacenter-1'
```

# Múltiples Instancias de OmniPGW

```
scrape_configs:
  - job_name: 'omnipgw'
    static_configs:
      - targets:
          - '10.0.0.20:9090'
          - '10.0.0.21:9090'
          - '10.0.0.22:9090'
    labels:
      environment: 'production'
```

## Descubrimiento de Servicios

### Kubernetes:

```
scrape_configs:
  - job_name: 'omnipgw'
    kubernetes_sd_configs:
      - role: pod
    relabel_configs:
      - source_labels: [__meta_kubernetes_pod_label_app]
        action: keep
        regex: omnipgw
      - source_labels: [__meta_kubernetes_pod_ip]
        target_label: __address__
        replacement: '${1}:9090'
```

## Verificación

### Probar sondeo:

```
# Verificar los objetivos de Prometheus
curl http://prometheus:9090/api/v1/targets

# Consultar una métrica
curl 'http://prometheus:9090/api/v1/query?
query=teid_registry_count'
```

---

# Dashboards de Grafana

## Configuración del Dashboard

### 1. Agregar Fuente de Datos de Prometheus:

Configuración → Fuentes de Datos → Agregar fuente de datos → Prometheus  
URL: `http://prometheus:9090`

### 2. Importar Dashboard:

Crear un nuevo dashboard o importar desde JSON.

## Paneles Clave

### Panel 1: Sesiones Activas

```
# Consulta
teid_registry_count

# Tipo de Panel: Gauge
# Umbrales:
#   Verde: < 5000
#   Amarillo: 5000-8000
#   Rojo: > 8000
```

### Panel 2: Tasa de Sesiones

```
# Consulta
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"
[5m])

# Tipo de Panel: Gráfico
# Unidad: solicitudes/segundo
```

### Panel 3: Utilización del Pool de IP

```
# Consulta (para subred /24 con 254 IPs)
(address_registry_count / 254) * 100

# Tipo de Panel: Gauge
# Unidad: porcentaje (0-100)
# Umbrales:
#   Verde: < 70%
#   Amarillo: 70-85%
#   Rojo: > 85%
```

### Panel 4: Latencia de Mensajes (Percentil 95)

```
# Consulta
histogram_quantile(0.95,

rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="crea
[5m])
)

# Tipo de Panel: Gráfico
# Unidad: milisegundos
```

### Panel 5: Tasa de Errores

```
# Consulta
rate(s5s8_inbound_errors_total[5m])

# Tipo de Panel: Gráfico
# Unidad: errores/segundo
# Umbral de Alerta: > 0.1
```

### Panel 6: Tasa de Éxito de Respuestas Gx

```
# Consulta: Calcular el porcentaje de respuestas Gx exitosas
sum(rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class="2xxx"}
[5m])) /
sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) * 100

# Tipo de Panel: Gauge
# Unidad: porcentaje (0-100)
# Umbrales:
# Verde: > 95%
# Amarillo: 90-95%
# Rojo: < 90%
```

### **Alternativa - Desglose por Clase de Código de Resultado:**

```
# Consulta: Mostrar conteos de respuestas por clase de código de
resultado
sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) by (result_code_class)

# Tipo de Panel: Gráfico de Pastel o Gráfico de Barras
# Leyenda: {{ result_code_class }}
```

### **Alternativa - Estado de Respuesta por PCRF:**

```
# Consulta: Mostrar respuestas por host PCRF
sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) by (diameter_host,
result_code_class)

# Tipo de Panel: Gráfico de Barras Apiladas
# Leyenda: {{ diameter_host }} - {{ result_code_class }}
```

### **Panel 7: Estado de Salud de UPF**



```
# Consulta: Porcentaje de salud del grupo total
(upf_peers_healthy / upf_peers_total) * 100

# Tipo de Panel: Gauge
# Unidad: porcentaje (0-100)
# Umbrales:
#   Verde: 100%
#   Amarillo: 50-99%
#   Rojo: < 50%
```

### **Alternativa - Estado por UPF:**

```
# Consulta: Salud individual de UPF
upf_peer_healthy

# Tipo de Panel: Estado
# Mapeos:
#   1 = "UP" (Verde)
#   0 = "DOWN" (Rojo)
```

## Ejemplo Completo de Dashboard

```
{
  "dashboard": {
    "title": "OmniPGW - Dashboard de Operaciones",
    "panels": [
      {
        "title": "Sesiones Activas",
        "targets": [
          {
            "expr": "teid_registry_count",
            "legendFormat": "Sesiones Activas"
          }
        ],
        "type": "graph"
      },
      {
        "title": "Tasa de Creación de Sesiones",
        "targets": [
          {
            "expr":
"rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type=\"create_session_request\"}[5m])",
            "legendFormat": "Sesiones/segundo"
          }
        ],
        "type": "graph"
      },
      {
        "title": "Utilización del Pool de IP",
        "targets": [
          {
            "expr": "(address_registry_count / 254) * 100",
            "legendFormat": "Uso del Pool %"
          }
        ],
        "type": "gauge"
      },
      {
        "title": "Latencia de Mensajes (p95)",
        "targets": [
          {
            "expr": "histogram_quantile(0.95,
```

```
rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m]))",
    "legendFormat": "S5/S8 p95"
  },
  {
    "expr": "histogram_quantile(0.95,
rate(sxb_inbound_handling_duration_bucket[5m]))",
    "legendFormat": "PFCP p95"
  }
],
"type": "graph"
}
]
```

---

# Alertas

## Reglas de Alerta

Crear `omnipgw_alerts.yml`:

```

groups:
- name: omnipgw
  interval: 30s
  rules:
    # Alertas de Conteo de Sesiones
    - alert: OmniPGW_HighSessionCount
      expr: teid_registry_count > 8000
      for: 5m
      labels:
        severity: warning
      annotations:
        summary: "Conteo alto de sesiones en OmniPGW"
        description: "{{ $value }} sesiones activas (umbral:
8000)"

    - alert: OmniPGW_SessionCountCritical
      expr: teid_registry_count > 9500
      for: 2m
      labels:
        severity: critical
      annotations:
        summary: "Conteo crítico de sesiones en OmniPGW"
        description: "{{ $value }} sesiones activas acercándose
a la capacidad"

    # Alertas de Pool de IP
    - alert: OmniPGW_IPPoolUtilizationHigh
      expr: (address_registry_count / 254) * 100 > 80
      for: 10m
      labels:
        severity: warning
      annotations:
        summary: "Utilización alta del pool de IP en OmniPGW"
        description: "Pool de IP {{ $value }}% utilizado"

    - alert: OmniPGW_IPPoolExhausted
      expr: address_registry_count >= 254
      for: 1m
      labels:
        severity: critical
      annotations:
        summary: "Pool de IP agotado en OmniPGW"
        description: "No hay IPs disponibles para asignación"

```

```

# Alertas de Tasa de Errores
- alert: OmniPGW_HighErrorRate
  expr: rate(s5s8_inbound_errors_total[5m]) > 0.1
  for: 5m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Alta tasa de errores en OmniPGW"
    description: "{{ $value }}" errores/segundo en la
interfaz S5/S8"

- alert: OmniPGW_GxErrorRate
  expr: rate(gx_inbound_errors_total[5m]) > 0.05
  for: 5m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Errores Gx en OmniPGW"
    description: "{{ $value }}" errores Diameter/segundo"

# Alertas de Respuestas Gx
- alert: OmniPGW_GxResponseFailureRate
  expr: |

sum(rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class!="2xxx"}
[5m])) /
    sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) > 0.1
  for: 5m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Alta tasa de fallos en respuestas Gx de
OmniPGW"
    description: "{{ $value | humanizePercentage }}" de las
respuestas Gx son fallos (códigos de resultado no 2xxx)"

- alert: OmniPGW_GxPCRFFailures
  expr:
rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class=~"4xxx|5xxx"}
[5m]) by (diameter_host) > 0.05
  for: 3m
  labels:
    severity: warning

```

```

    annotations:
      summary: "PCRF {{ $labels.diameter_host }} recibiendo
respuestas de fallo"
      description: "{{ $value }}" respuestas de fallo/segundo
al PCRF {{ $labels.diameter_host }}"

# Alertas de Salud de UPF
- alert: OmniPGW_UPF_PeerDown
  expr: upf_peer_healthy == 0
  for: 1m
  labels:
    severity: critical
  annotations:
    summary: "El par UPF {{ $labels.peer_ip }} está caído"
    description: "UPF no responde a los latidos PFCP"

- alert: OmniPGW_UPF_PoolDegraded
  expr: (upf_peers_healthy / upf_peers_total) < 0.5
  for: 2m
  labels:
    severity: critical
  annotations:
    summary: "Grupo de UPF degradado"
    description: "{{ $value | humanizePercentage }}" de los
UPFs son saludables (< 50%)"

- alert: OmniPGW_UPF_HeartbeatFailures
  expr: upf_peer_missed_heartbeats > 2
  for: 30s
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Fallos de latidos en UPF {{ $labels.peer_ip
}}}"
    description: "{{ $value }}" latidos consecutivos
perdidos"

- alert: OmniPGW_UPF_AllDown
  expr: upf_peers_healthy == 0 and upf_peers_total > 0
  for: 30s
  labels:
    severity: critical
  annotations:
    summary: "Todos los pares UPF están caídos"

```

```
description: "No hay UPFs saludables disponibles para la creación de sesiones"
```

```
# Alertas de Latencia
```

```
- alert: OmniPGW_HighLatency
  expr: |
    histogram_quantile(0.95,
      rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
    ) > 100000
  for: 5m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Alta latencia de mensajes en OmniPGW"
    description: "latencia p95 {{ $value }}µs (> 100ms)"
```

```
# Alertas del Sistema
```

```
- alert: OmniPGW_HighMemoryUsage
  expr: vm_memory_total > 20000000000
  for: 10m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Alto uso de memoria en OmniPGW"
    description: "VM usando {{ $value | humanize }}B de memoria"
```

```
- alert: OmniPGW_HighProcessCount
  expr: vm_system_process_count > 100000
  for: 10m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Alto conteo de procesos en OmniPGW"
    description: "{{ $value }} procesos de Erlang (posible fuga)"
```

# Configuración de AlertManager

```
# alertmanager.yml
global:
  resolve_timeout: 5m

route:
  receiver: 'ops-team'
  group_by: ['alertname', 'instance']
  group_wait: 10s
  group_interval: 10s
  repeat_interval: 12h

routes:
  - match:
      severity: critical
    receiver: 'pagerduty'

  - match:
      severity: warning
    receiver: 'slack'

receivers:
  - name: 'ops-team'
    email_configs:
      - to: 'ops@example.com'

  - name: 'slack'
    slack_configs:
      - api_url:
          'https://hooks.slack.com/services/YOUR/SLACK/WEBHOOK'
        channel: '#omnipgw-alerts'
        title: 'Alerta de OmniPGW: {{ .GroupLabels.alertname }}'
        text: '{{ range .Alerts }}{{ .Annotations.description }}{{
end }}'

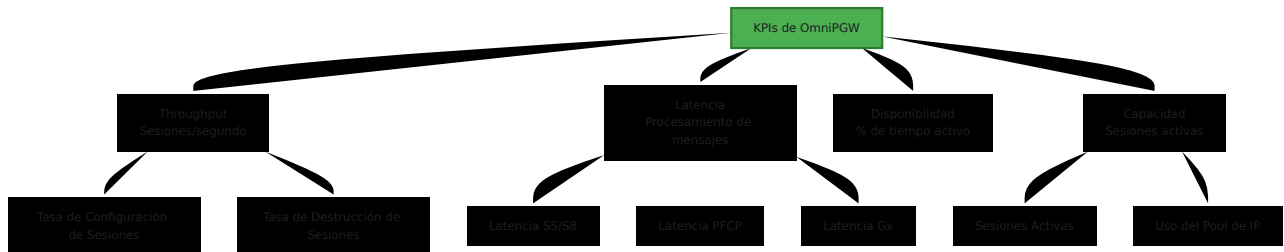
  - name: 'pagerduty'
    pagerduty_configs:
      - service_key: 'YOUR_PAGERDUTY_KEY'
```

---



# Monitoreo del Rendimiento

## Indicadores Clave de Rendimiento (KPI)



## Consultas de Throughput

### Tasa de Configuración de Sesiones:

```
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request" [5m] )
```

### Tasa de Destrucción de Sesiones:

```
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request" [5m] )
```

### Crecimiento Neto de Sesiones:

```
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request" [5m] ) -  
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request" [5m] )
```

## Análisis de Latencia

### Latencia de Procesamiento de Mensajes (Percentiles):

```
# p50 (Mediana)
histogram_quantile(0.50,
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
)

# p95
histogram_quantile(0.95,
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
)

# p99
histogram_quantile(0.99,
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
)
```

### **Desglose de Latencia por Tipo de Mensaje:**

```
histogram_quantile(0.95,
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
) by (request_message_type)
```

## **Tendencia de Capacidad**

### **Tendencia de Crecimiento de Sesiones (24h):**

```
teid_registry_count -
teid_registry_count offset 24h
```

### **Capacidad Restante:**

```
# Para capacidad máxima de 10,000 sesiones
10000 - teid_registry_count
```

### **Tiempo hasta el Agotamiento de la Capacidad:**

```
# Días hasta que se agote la capacidad (basado en la tasa de crecimiento de 1h)
(10000 - teid_registry_count) /
(rate(teid_registry_count[1h]) * 86400)
```

---

# Solución de Problemas de Métricas

## Identificación de Problemas

### Problema: Alta Tasa de Rechazo de Sesiones

#### Consulta:

```
rate(s5s8_inbound_errors_total[5m]) by (message_type)
```

#### Acción:

- Verificar registros de errores
- Verificar conectividad de PCRF (errores Gx)
- Comprobar agotamiento del pool de IP

### Problema: Configuración Lenta de Sesiones

#### Consulta:

```
histogram_quantile(0.95,
rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="crea
[5m])
)
```

#### Acción:

- Verificar latencia Gx (tiempo de respuesta de PCRF)
- Verificar latencia PFCP (tiempo de respuesta de PGW-U)

- Revisar uso de recursos del sistema

## **Problema: Fallos de Políticas de PCRF**

### **Consultas:**

```
# Tasa general de fallos de respuesta Gx
sum(rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class!="2xxx"}
[5m])) /
sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) * 100

# Desglose por host PCRF
sum(rate(gx_outbound_responses_total[5m])) by (diameter_host,
result_code_class)

# Clases de códigos de resultado específicas
rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class="5xxx"}[5m]) by
(diameter_host)
```

### **Acción:**

- Verificar conectividad y salud de PCRF
- Revisar perfiles de suscriptores en PCRF (los errores 5xxx a menudo indican problemas de política)
- Verificar configuración de pares Diameter
- Comprobar registros de PCRF para errores correspondientes
- Para 5012 (DIAMETER\_UNABLE\_TO\_COMPLY), revisar el manejo de Re-Auth-Request

## **Problema: Sospecha de Fuga de Memoria**

### **Consultas:**

```
# Tendencia de memoria total
rate(vm_memory_total[1h])

# Tendencia de memoria de procesos
rate(vm_memory_processes[1h])

# Tendencia de conteo de procesos
rate(vm_system_process_count[1h])
```

### **Acción:**

- Verificar sesiones obsoletas
- Revisar conteos de registro
- Reiniciar si se confirma la fuga

## **Consultas de Depuración**

### **Encontrar el Tiempo Pico de Sesiones:**

```
max_over_time(teid_registry_count[24h])
```

### **Comparar Actual vs. Histórico:**

```
teid_registry_count /
avg_over_time(teid_registry_count[7d])
```

### **Identificar Anomalías:**

```
abs(
  teid_registry_count -
  avg_over_time(teid_registry_count[1h])
) > 100
```

---

# Mejores Prácticas

## Recolección de Métricas

1. **Intervalo de Sondeo:** 15-30 segundos (equilibrar granularidad vs. carga)
2. **Retención:** 15+ días para análisis histórico
3. **Etiquetas:** Usar etiquetado consistente (instancia, entorno, sitio)

## Diseño de Dashboard

1. **Dashboard de Visión General** - KPIs de alto nivel para NOC
2. **Dashboards Detallados** - Análisis profundo por interfaz
3. **Dashboard de Solución de Problemas** - Métricas de errores y registros

## Diseño de Alertas

1. **Evitar Fatiga de Alertas** - Solo alertar sobre problemas accionables
  2. **Escalación** - Advertencia → Crítico con severidad creciente
  3. **Contexto** - Incluir enlaces a libros de ejecución en descripciones de alertas
- 

# Documentación Relacionada

## Configuración y Configuración

- **Guía de Configuración** - Configuración de métricas de Prometheus, configuración de la Interfaz Web
- **Guía de Solución de Problemas** - Uso de métricas para depuración

## Métricas de Interfaz

- **Interfaz PFCP** - Métricas de sesión PFCP, monitoreo de salud de UPF
- **Interfaz Diameter Gx** - Métricas de políticas Gx, seguimiento de interacción con PCRF

- **Interfaz Diameter Gy** - Métricas de carga Gy, seguimiento de cuotas, tiempos de espera de OCS
- **Interfaz S5/S8** - Métricas de mensajes GTP-C, comunicación SGW-C

## Monitoreo Especializado

- **Monitoreo de P-CSCF** - Métricas de descubrimiento de P-CSCF, salud de IMS
- **Gestión de Sesiones** - Sesiones activas, métricas del ciclo de vida de sesiones
- **Asignación de IP de UE** - Métricas de utilización del pool de IP

---

**Volver a la Guía de Operaciones**

---

**Guía de Monitoreo de OmniPGW** - *por Omnitouch Network Services*

# Opciones de Configuración de Protocolo (PCO)

## Parámetros de Red Entregados al UE

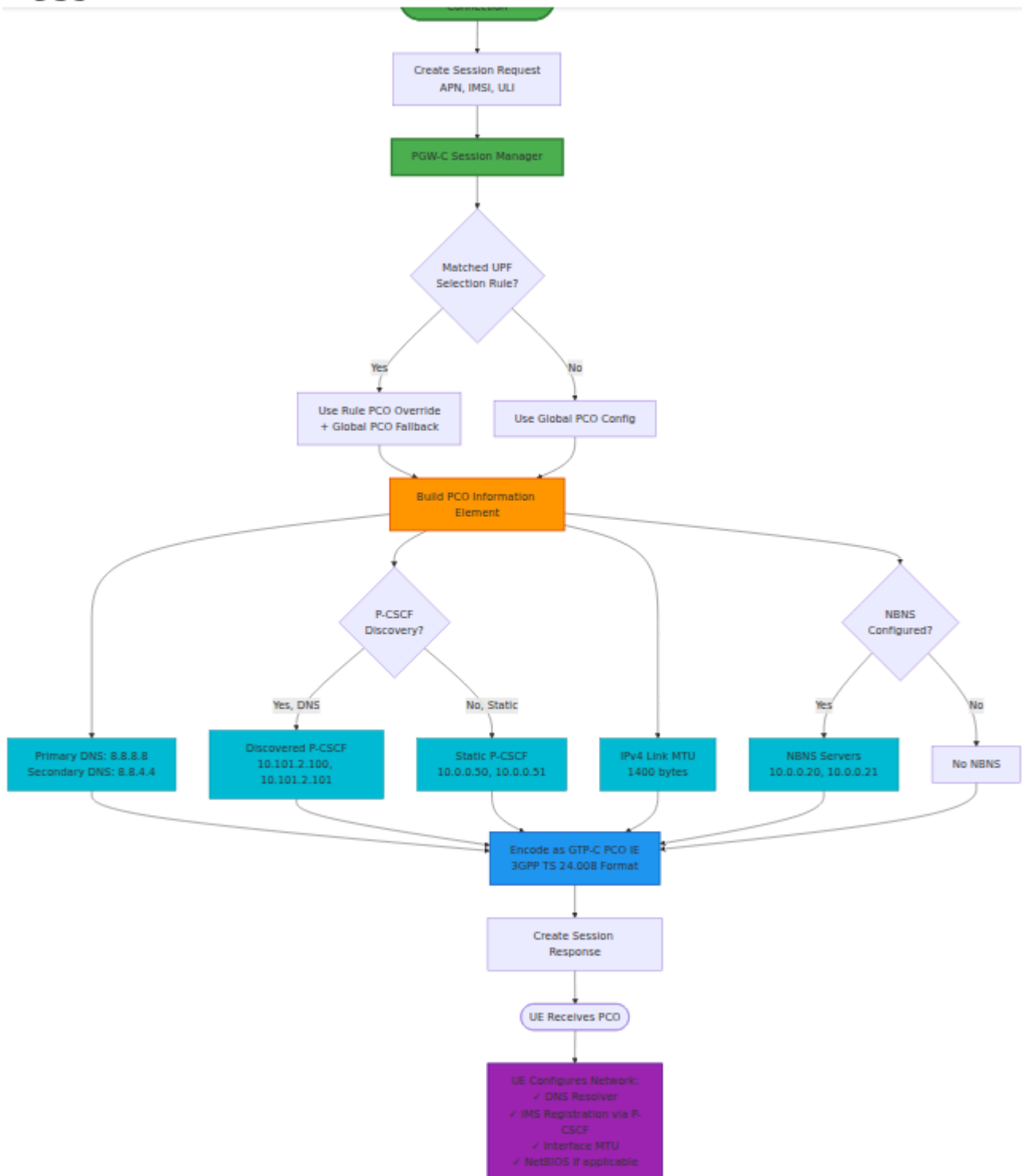
*OmniPGW de Omnitouch Network Services*

---

## Descripción General

**PCO (Opciones de Configuración de Protocolo)** son parámetros de red enviados al UE (dispositivo móvil) durante el establecimiento de la conexión PDN. Estos parámetros permiten al UE acceder a servicios de red como DNS, IMS y configurar ajustes de red.





## Elementos de Información PCO:

| Nombre IE                        | ID de Contenedor | Descripción                  | Requerido      |
|----------------------------------|------------------|------------------------------|----------------|
| Dirección IPv4 del Servidor DNS  | 0x000D           | DNS Primario                 | Sí             |
| Dirección IPv4 del Servidor DNS  | 0x000D           | DNS Secundario               | Opcional       |
| Dirección IPv4 del P-CSCF        | 0x000C           | P-CSCF para IMS              | Opcional (IMS) |
| MTU de Enlace IPv4               | 0x0010           | Unidad máxima de transmisión | Recomendado    |
| Dirección IPv4 del Servidor NBNS | 0x0011           | Servidor de nombres NetBIOS  | Opcional       |

# Configuración

## Configuración Básica

```
# config/runtime.exs
config :pgw_c,
  pco: %{
    # Servidores DNS (requeridos)
    primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
    secondary_dns_server_address: "8.8.4.4",

    # Servidores NBNS (opcional, para dispositivos Windows)
    primary_nbns_server_address: nil,
    secondary_nbns_server_address: nil,

    # Direcciones P-CSCF para IMS/VoLTE (opcional)
    p_cscf_ipv4_address_list: [],

    # Descubrimiento Dinámico de P-CSCF (opcional)
    p_cscf_discovery_enabled: false,
    p_cscf_discovery_dns_server: nil,
    p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000,

    # Tamaño MTU IPv4 (bytes)
    ipv4_link_mtu_size: 1400
  }
```

---

## Parámetros PCO

### Direcciones de Servidor DNS

**DNS Primario y Secundario:**

```
pco: %{\n  primary_dns_server_address: "8.8.8.8",\n  secondary_dns_server_address: "8.8.4.4"\n}
```

### Proveedores de DNS Comunes:

| Proveedor  | Primario       | Secundario      |
|------------|----------------|-----------------|
| Google     | 8.8.8.8        | 8.8.4.4         |
| Cloudflare | 1.1.1.1        | 1.0.0.1         |
| Quad9      | 9.9.9.9        | 149.112.112.112 |
| OpenDNS    | 208.67.222.222 | 208.67.220.220  |

### DNS Privado:

```
pco: %{\n  primary_dns_server_address: "10.0.0.10",\n  secondary_dns_server_address: "10.0.0.11"\n}
```

## Direcciones P-CSCF (IMS)

### Para Servicios IMS/VoLTE:

```
pco: %{\n  p_cscf_ipv4_address_list: [\n    "10.0.0.50",  # P-CSCF Primario\n    "10.0.0.51"  # P-CSCF Secundario\n  ]\n}
```

### P-CSCF (Función de Control de Sesión de Llamadas Proxy):

- Punto de entrada para la señalización IMS
- Requerido para VoLTE, VoWiFi, RCS
- UE utiliza SIP a través de este servidor

## Descubrimiento Dinámico de P-CSCF

### Descubrimiento de P-CSCF Basado en DNS:

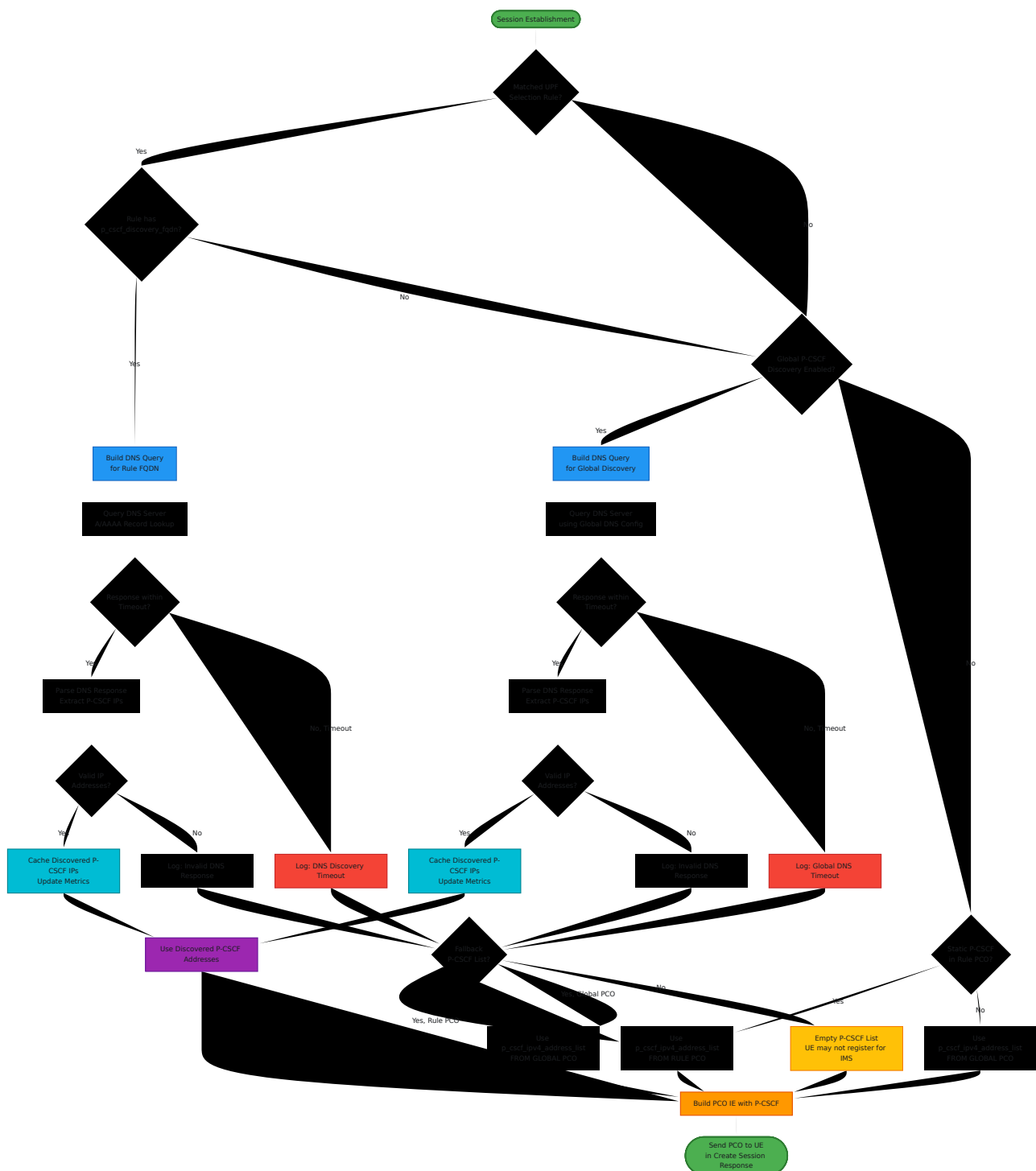
OmniPGW admite el descubrimiento dinámico de P-CSCF a través de consultas DNS según lo definido en 3GPP TS 23.003 y TS 24.229. Cuando está habilitado, PGW-C puede consultar DNS para direcciones P-CSCF en lugar de usar una configuración estática.

```
pco: %{  
  # Habilitar descubrimiento dinámico de P-CSCF  
  p_cscf_discovery_enabled: true,  
  
  # Servidor DNS para consultas P-CSCF (como tupla)  
  p_cscf_discovery_dns_server: {10, 179, 2, 177},  
  
  # Tiempo de espera para consultas DNS (milisegundos)  
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000,  
  
  # Lista estática de P-CSCF (usada como respaldo si DNS falla)  
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.0.0.50"]  
}
```

### Cómo Funciona:

1. Cuando `p_cscf_discovery_enabled: true`, PGW-C realiza consultas DNS para direcciones P-CSCF
2. La consulta DNS se envía al `p_cscf_discovery_dns_server` configurado
3. Si la consulta DNS tiene éxito, las direcciones P-CSCF descubiertas se envían al UE a través de PCO
4. Si la consulta DNS falla o se agota el tiempo, se recurre a la lista estática `p_cscf_ipv4_address_list`
5. Consulte [Monitoreo de P-CSCF](#) para obtener detalles sobre monitoreo y métricas

# Flujo de Descubrimiento de P-CSCF



## Prioridad de Descubrimiento:

- Descubrimiento FQDN por Regla** (Mayor Prioridad) - `p_cscf_discovery_fqdn` en la regla de selección UPF
- Descubrimiento DNS Global** - `p_cscf_discovery_enabled: true` en la configuración global de PCO

3. **Lista Estática de PCO por Regla** - `p_cscf_ipv4_address_list` en la anulación de PCO de la regla
4. **Lista Estática de PCO Global** (Respaldo) - `p_cscf_ipv4_address_list` en la configuración global de PCO

### **Monitoreo:**

Todos los intentos de descubrimiento de P-CSCF se registran y se rastrean con métricas:

- Tasas de éxito/fallo de consultas DNS
- Latencia de descubrimiento
- Estadísticas de uso de respaldo
- Métricas de descubrimiento por regla y globales

Consulte [Monitoreo de P-CSCF](#) para obtener detalles completos sobre el monitoreo.

### **Opciones de Configuración:**

| Parámetro                                | Tipo       | Predeterminado     | Descripción                                                                                              |
|------------------------------------------|------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <code>p_cscf_discovery_enabled</code>    | Booleano   | <code>false</code> | Habilitar descubrimiento dinámico de P-CSCF basado en DNS                                                |
| <code>p_cscf_discovery_dns_server</code> | Tupla (IP) | <code>nil</code>   | Dirección IP del servidor DNS como tupla de 4 elementos (por ejemplo, <code>{10, 179, 177, 177}</code> ) |
| <code>p_cscf_discovery_timeout_ms</code> | Entero     | <code>5000</code>  | Tiempo de espera para consultas en milisegundos                                                          |

### Casos de Uso:

- **Despliegues IMS dinámicos** - Las direcciones P-CSCF cambian según la configuración de DNS
- **Balanceo de carga geográfico** - DNS devuelve los servidores P-CSCF más cercanos
- **Alta disponibilidad** - DNS devuelve automáticamente los servidores P-CSCF disponibles
- **Entornos multi-inquilinos** - Diferentes suscriptores obtienen diferentes servidores P-CSCF

### Ejemplo: IMS de Producción con Descubrimiento DNS



```
pco: %{
  primary_dns_server_address: "10.0.0.10",
  secondary_dns_server_address: "10.0.0.11",

  # Habilitar descubrimiento dinámico de P-CSCF
  p_cscf_discovery_enabled: true,
  p_cscf_discovery_dns_server: {10, 179, 2, 177}, # Servidor DNS
IMS
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 3000,

  # Direcciones P-CSCF de respaldo (si DNS falla)
  p_cscf_ipv4_address_list: [
    "10.0.0.50", # Respaldo primario
    "10.0.0.51" # Respaldo secundario
  ],

  ipv4_link_mtu_size: 1400
}
```

## Descubrimiento P-CSCF por Regla:

El descubrimiento de P-CSCF también se puede configurar por regla de selección UPF. Esto permite que diferentes APNs utilicen diferentes servidores DNS para el descubrimiento de P-CSCF:

```
# En la configuración de selección de upf
rules: [
  %{
    name: "IMS Traffic",
    priority: 20,
    match_field: :apn,
    match_regex: "^ims",
    upf_pool: [...],

    # Descubrimiento de P-CSCF por regla
    p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org"
  }
]
```

Consulte [Configuración de Selección UPF](#) para obtener detalles sobre el descubrimiento de P-CSCF por regla.

**Véase también:** [Monitoreo de P-CSCF](#) para monitorear el descubrimiento y la salud de P-CSCF

## Servidores NBNS (NetBIOS)

### Para Compatibilidad con Dispositivos Windows:

```
pco: %{\n  primary_nbns_server_address: "10.0.0.20",\n  secondary_nbns_server_address: "10.0.0.21"\n}
```

### Cuándo Usar:

- Redes empresariales con dispositivos Windows
- Soporte para aplicaciones heredadas
- Resolución de nombres NetBIOS requerida

## Tamaño MTU de Enlace

### Unidad Máxima de Transmisión:

```
pco: %{\n  ipv4_link_mtu_size: 1400 # bytes\n}
```

### Valores MTU Comunes:

| MTU         | Caso de Uso                             |
|-------------|-----------------------------------------|
| <b>1500</b> | Ethernet estándar (sin túneles)         |
| <b>1400</b> | Sobrecarga de túneles GTP contabilizada |
| <b>1420</b> | Sobrecarga reducida                     |
| <b>1280</b> | MTU mínima de IPv6                      |
| <b>1360</b> | Entornos VPN/túnel                      |

**Recomendación:** Utilice **1400** para LTE para tener en cuenta la sobrecarga de GTP-U.

---

## Ejemplos de Configuración

### APN de Internet

```
pco: %{
  primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
  secondary_dns_server_address: "8.8.4.4",
  ipv4_link_mtu_size: 1400
}
```

## APN de IMS

```
pco: %{  
  primary_dns_server_address: "10.0.0.10",  
  secondary_dns_server_address: "10.0.0.11",  
  p_cscf_ipv4_address_list: [  
    "10.0.0.50",  
    "10.0.0.51"  
  ],  
  ipv4_link_mtu_size: 1400  
}
```

**Véase:** [Monitoreo de P-CSCF](#) para monitorear las tasas de éxito de registro IMS y la salud de P-CSCF

## APN Empresarial

```
pco: %{  
  primary_dns_server_address: "10.100.0.10",  
  secondary_dns_server_address: "10.100.0.11",  
  primary_nbns_server_address: "10.100.0.20",  
  secondary_nbns_server_address: "10.100.0.21",  
  ipv4_link_mtu_size: 1400  
}
```

---

## PCO en Mensajes GTP-C

### Respuesta a la Creación de Sesión

OmniPGW incluye PCO en el mensaje **Respuesta a la Creación de Sesión**:

#### Create Session Response

```
|— Cause: Request accepted
|— UE IP Address: 100.64.1.42
|— PCO (Protocol Configuration Options)
|   |— DNS Server IPv4 Address: 8.8.8.8
|   |— DNS Server IPv4 Address: 8.8.4.4
|   |— P-CSCF IPv4 Address: 10.0.0.50
|   |— P-CSCF IPv4 Address: 10.0.0.51
|   |— IPv4 Link MTU: 1400
```

## Procesamiento del UE

El UE recibe PCO y:

1. Configura el resolvidor DNS con los servidores proporcionados
  2. Se registra con P-CSCF para servicios IMS
  3. Establece el MTU de la interfaz al valor especificado
- 

## Solución de Problemas

### Problema: UE No Puede Resolver DNS

#### Síntomas:

- UE tiene dirección IP pero no puede acceder a internet
- Las búsquedas DNS fallan

#### Causas Posibles:

1. Direcciones de servidor DNS incorrectas en la configuración de PCO
2. Servidores DNS no accesibles desde el grupo de IP del UE
3. Firewall bloqueando el tráfico DNS

#### Resolución:

```
# Probar la accesibilidad del servidor DNS
ping 8.8.8.8

# Probar la resolución DNS desde la red del UE
nslookup google.com 8.8.8.8

# Verificar la configuración de PCO
grep "primary_dns_server_address" config/runtime.exs
```

## Problema: Falla en el Registro IMS

### Síntomas:

- Las llamadas VoLTE fallan
- UE muestra "No hay registro IMS"

### Causas Posibles:

1. Configuración de P-CSCF faltante
2. Direcciones IP de P-CSCF incorrectas
3. P-CSCF no accesible

### Resolución:

```
# Verificar la configuración de P-CSCF
pco: %{
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.0.0.50"] # Asegúrese de que no
  esté vacío
}
```

## Problema: Problemas de MTU

### Síntomas:

- Algunos sitios web cargan, otros no
- Las transferencias de archivos grandes fallan
- Problemas de fragmentación

## Causas Posibles:

- MTU demasiado grande para la sobrecarga de túneles
- MTU demasiado pequeño causando fragmentación excesiva

## Resolución:

```
# Recomendado: 1400 para túneles GTP
pco: %{
  ipv4_link_mtu_size: 1400
}

# Si aún tiene problemas, intente un valor más bajo
pco: %{
  ipv4_link_mtu_size: 1360
}
```

---

# Mejores Prácticas

## Configuración de DNS

### 1. Utilizar Servidores DNS Confiables

- Público: Google (8.8.8.8), Cloudflare (1.1.1.1)
- Privado: DNS interno para empresas

### 2. Siempre Configurar Secundario

- Proporciona redundancia
- Mejora la confiabilidad

### 3. Considerar la Seguridad de DNS

- Resolutores compatibles con DNSSEC
- Filtrado DNS para seguridad

# Configuración de IMS

## 1. Proporcionar Múltiples P-CSCF

- Al menos 2 para redundancia
- Distribución geográfica si es posible

## 2. Asegurar Accesibilidad

- P-CSCF debe ser accesible desde el grupo de IP del UE
- Probar conectividad SIP

# Optimización de MTU

## 1. Tener en Cuenta la Sobrecarga

- GTP-U: 36 bytes (IPv4)
- IPsec: Variable (50-100 bytes)

## 2. MTU Estándar para LTE

- Recomendado: **1400 bytes**
- Equilibra el rendimiento y la compatibilidad

## 3. Probar de Extremo a Extremo

- Descubrimiento de MTU de ruta
- Probar con paquetes grandes

---

# Documentación Relacionada

## Guías de Configuración

- **Guía de Configuración** - Referencia completa de runtime.exs, selección de UPF con anulaciones de PCO
- **Asignación de IP de UE** - Gestión de grupos de IP, asignación basada en APN



- **Monitoreo de P-CSCF** - Monitoreo del descubrimiento de P-CSCF, seguimiento de salud, métricas

## Gestión de Sesiones e Interfaces

- **Gestión de Sesiones** - Ciclo de vida de la sesión PDN, establecimiento de portadoras
- **Interfaz S5/S8** - Protocolo GTP-C, codificación y entrega de PCO
- **Interfaz PFCP** - Establecimiento de sesión de plano de usuario

## IMS y VoLTE

- **Interfaz Diameter Gx** - Control de políticas para portadoras IMS
- **Guía de Monitoreo** - Métricas y paneles relacionados con PCO

---

**Volver a la Guía de Operaciones**

---

**Configuración de PCO de OmniPGW** - *por Omnitouch Network Services*

# Descubrimiento y Monitoreo de P-CSCF

## Descubrimiento Dinámico del Servidor P-CSCF con Monitoreo en Tiempo Real

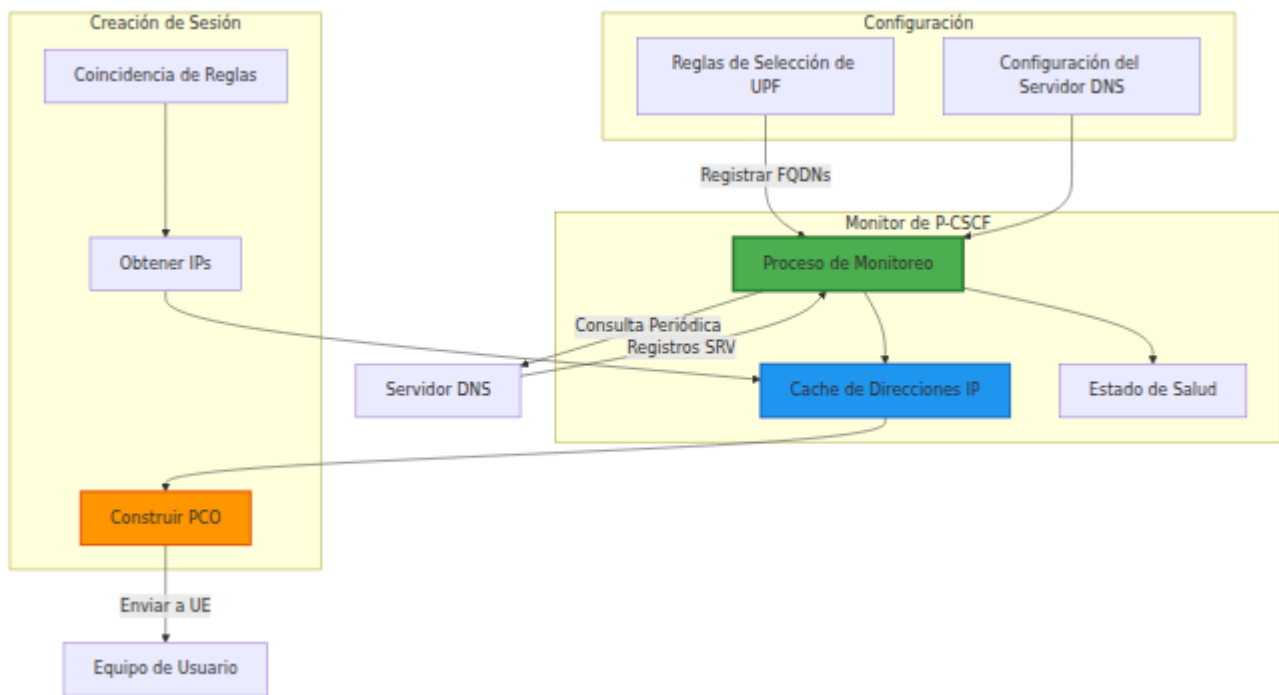
*OmnipGW de Omnitouch Network Services*

---

## Resumen

**Descubrimiento y Monitoreo de P-CSCF (Función de Control de Sesión de Llamadas Proxy)** proporciona un descubrimiento dinámico de servidores IMS P-CSCF utilizando consultas DNS SRV con verificación de salud SIP OPTIONS en tiempo real. Esta característica permite:

- **Descubrimiento P-CSCF por Regla:** Diferentes servidores P-CSCF para diferentes tipos de tráfico
- **Monitoreo Automático:** Proceso en segundo plano que monitorea continuamente la resolución DNS (cada 60 segundos)
- **Verificaciones de Salud SIP OPTIONS:** Verifica que los servidores P-CSCF estén activos a través de pings SIP OPTIONS
  - **TCP Primero:** Intenta SIP OPTIONS a través de TCP (preferido por fiabilidad)
  - **Recaída a UDP:** Recae a UDP si TCP falla
  - **Seguimiento de Estado:** Marca cada servidor como :up o :down según la respuesta
- **Seguimiento de Salud en Tiempo Real:** La interfaz web muestra el estado de resolución, IPs descubiertas y estado de salud
- **Recaída Gradual:** Estrategia de recaída de tres niveles para máxima fiabilidad
- **Métricas de Prometheus:** Total observabilidad a través de métricas de Prometheus



# Tabla de Contenidos

1. Inicio Rápido
2. Configuración
3. Cómo Funciona
4. Monitoreo de UI Web
5. Métricas y Observabilidad
6. Estrategia de Recaída
7. Configuración de DNS
8. Solución de Problemas
9. Mejores Prácticas

# Inicio Rápido

## Configuración Básica

```
# config/runtime.exs

# Configuración global de PC0 (servidor DNS para descubrimiento de
# P-CSCF)
config :pgw_c,
  pco: %{
    p_cscf_discovery_dns_server: "10.179.2.177",
    p_cscf_discovery_enabled: true,
    p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000
  },

  upf_selection: %{
    rules: [
      # Tráfico IMS - Descubrimiento dinámico de P-CSCF
      %{
        name: "Tráfico IMS",
        priority: 20,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^ims",
        upf_pool: [
          weight: 80,
          %{remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805,
            # FQDN de descubrimiento de P-CSCF (ver Guía de
            Configuración para más reglas de selección de UPF)
            p_cscf_discovery_fqdn:
              "pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org",
            # Recaída estática (ver Guía de Configuración de PC0)
            pco: %{
              p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100",
                "10.101.2.101"]
            }
          }
        ]
      }
    ]
  }
}
```

Consulta la [Guía de Configuración](#) para la configuración completa de la regla de selección de UPF y la [Configuración de PCO](#) para opciones de recaída estática de P-CSCF.

## Monitoreo de Acceso

1. Inicia OmniPGW
  2. Navega a **UI Web → Monitor de P-CSCF**  
([https://localhost:8086/pcscf\\_monitor](https://localhost:8086/pcscf_monitor))
  3. Visualiza el estado de resolución en tiempo real y las IPs descubiertas
- 

## Configuración

### Configuración Global de Descubrimiento de P-CSCF

Configura el servidor DNS utilizado para el descubrimiento de P-CSCF en la sección de PCO:

```
pco: %{\n  # Servidor DNS para el descubrimiento de P-CSCF (separado del\n  DNS dado a UE)\n  p_cscf_discovery_dns_server: "10.179.2.177",\n\n  # Habilitar la función de descubrimiento DNS de P-CSCF\n  p_cscf_discovery_enabled: true,\n\n  # Tiempo de espera para consultas DNS SRV (milisegundos)\n  p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000,\n\n  # Direcciones P-CSCF estáticas (recaída global)\n  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.146"]\n}
```

## **FQDNs de P-CSCF por Regla**

Cada regla de selección de UPF puede especificar su propio FQDN de descubrimiento de P-CSCF:

```

upf_selection: %{
  rules: [
    # Tráfico IMS - P-CSCF específico de IMS
    %{
      name: "Tráfico IMS",
      match_field: :apn,
      match_regex: "^ims",
      upf_pool: [...],
      p_cscf_discovery_fqdn:
"pcscf.ims.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org",
      pco: %{
        p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"] # Recaída
      }
    },

    # Empresa - P-CSCF específico de la empresa
    %{
      name: "Tráfico Empresarial",
      match_field: :apn,
      match_regex: "^enterprise",
      upf_pool: [...],
      p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.enterprise.example.com",
      pco: %{
        p_cscf_ipv4_address_list: ["192.168.1.50"] # Recaída
      }
    },

    # Internet - Sin descubrimiento de P-CSCF (utiliza la
    configuración global)
    %{
      name: "Tráfico de Internet",
      match_field: :apn,
      match_regex: "^internet",
      upf_pool: [...]
      # Sin p_cscf_discovery_fqdn - utiliza la configuración
      global de PC0
    }
  ]
}

```

# Cómo Funciona

## Proceso de Inicio

### 1. Inicio de la Aplicación

- Se inicializa el GenServer del Monitor de P-CSCF
- El analizador de configuración extrae todos los FQDN de P-CSCF únicos de las reglas de selección de UPF

### 2. Registro de FQDN

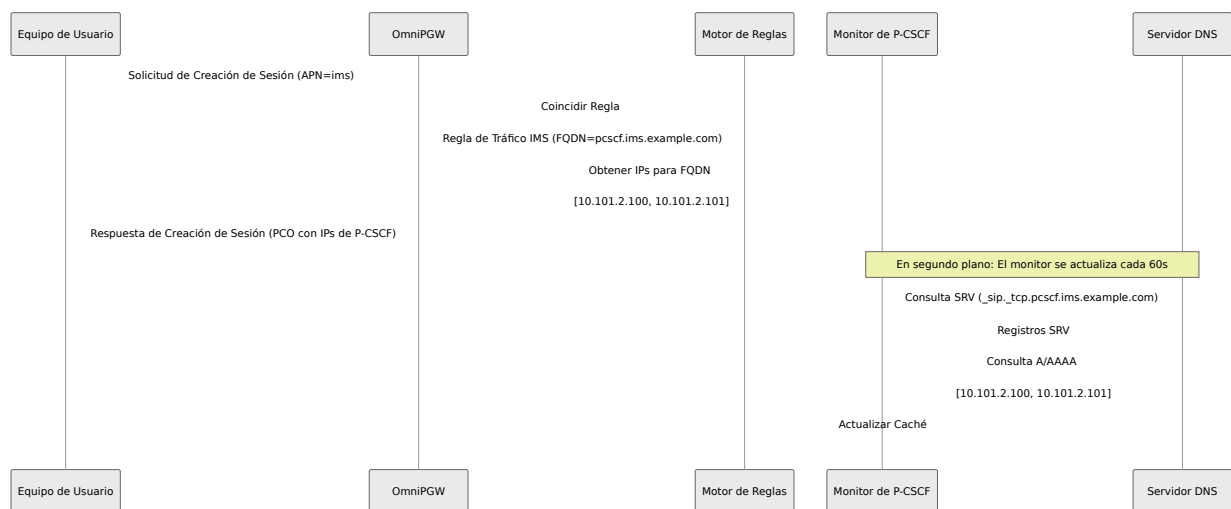
- Cada FQDN único se registra con el monitor
- El monitor realiza una consulta DNS SRV inicial para cada FQDN
- **Verificación de Salud SIP OPTIONS** (en paralelo para todos los servidores descubiertos):
  - Intenta TCP primero (SIP/2.0/TCP en el puerto 5060)
  - Si TCP falla, recae a UDP (SIP/2.0/UDP en el puerto 5060)
  - Marca cada servidor como :up (responde) o :down (sin respuesta/tiempo de espera)
- Los resultados (IPs, estado de salud o errores) se almacenan en caché con marcas de tiempo

### 3. Monitoreo Periódico (Cada 60 segundos)

- El monitor actualiza todos los FQDN
- Las consultas DNS se ejecutan en segundo plano sin bloquear
- Para cada servidor descubierto:
  - Envía SIP OPTIONS a través de TCP (tiempo de espera: 5 segundos)
  - Si TCP falla, intenta UDP (tiempo de espera: 5 segundos)
  - Actualiza el estado de salud según la respuesta
- La caché se actualiza con los últimos resultados DNS y el estado de salud



# Flujo de Creación de Sesión



## Proceso de Consulta DNS

El monitor utiliza **registros SRV de DNS** para el descubrimiento directo de P-CSCF:

1. **Consulta SRV:** Consulta registros SRV en `_sip._tcp.{fqdn}`
2. **Ordenamiento por Prioridad:** Ordenar por prioridad y peso
3. **Extracción de Destino:** Extraer nombres de host de los registros SRV
4. **Resolución de Nombres de Host:** Resolver nombres de host de destino a direcciones IP (registros A/AAAA)
5. **Caché:** Almacenar IPs resueltas con estado y marca de tiempo

## Precedencia de Selección de Direcciones P-CSCF

Cuando tanto el FQDN como el PCO estático están configurados en una regla, el FQDN tiene prioridad:

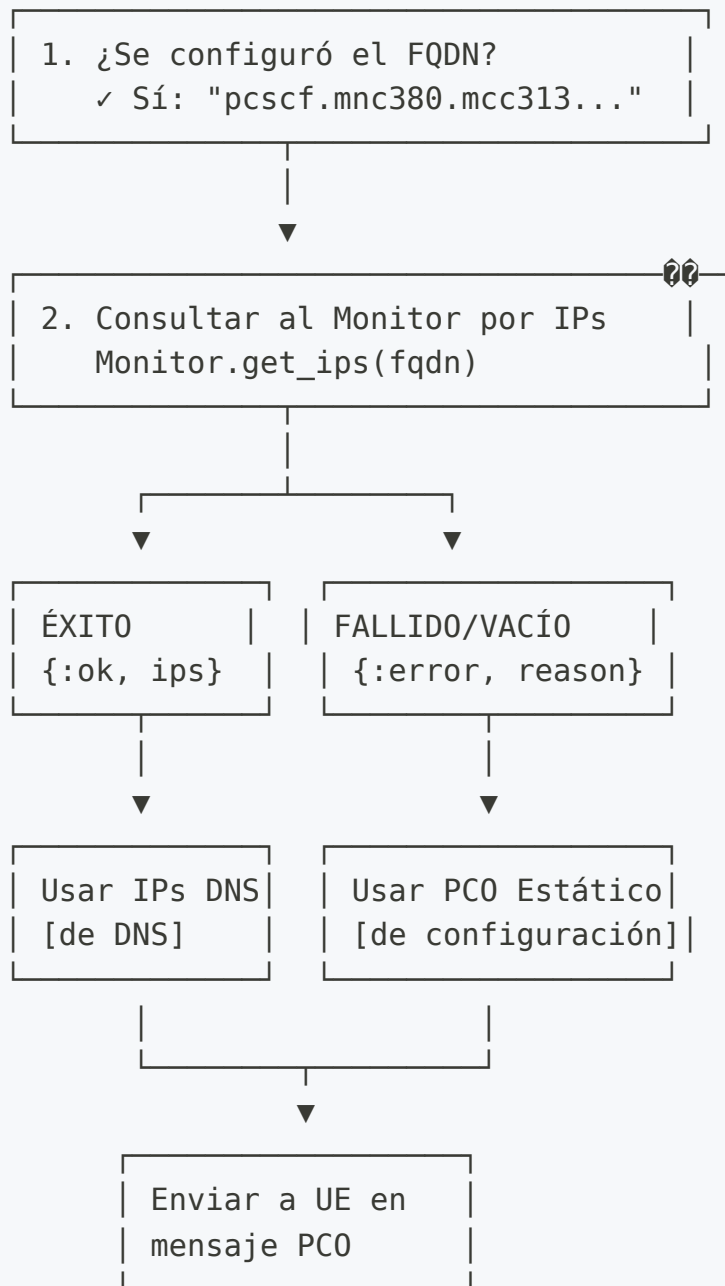
```
%{
  name: "Tráfico IMS",
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org",  #
← Intentado PRIMERO
  pco: %{
    p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"]  #
← Recaída
  }
}
```

### Lógica de Selección:

| Condición                        | Fuente de P-CSCF                   | IPs Utilizadas                                   | Me<br>R                               |
|----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>FQDN resuelve con éxito</b>   | Descubrimiento DNS (Monitor)       | IPs descubiertas de DNS                          | "Usando dirección de FQDN pcscf.e     |
| <b>FQDN falla al resolver</b>    | Anulación de PCO de Regla          | IPs estáticas de pco.p_cscf_ipv4_address_list    | "Fallo IPs de FQDN... a la co estátic |
| <b>FQDN devuelve lista vacía</b> | Anulación de PCO de Regla          | IPs estáticas de pco.p_cscf_ipv4_address_list    | Recaída                               |
| <b>Monitor no disponible</b>     | Anulación de PCO de Regla          | IPs estáticas de pco.p_cscf_ipv4_address_list    | Error ac recaída                      |
| <b>No FQDN configurado</b>       | Anulación de PCO de Regla o Global | IPs estáticas de la regla o configuración global | Utiliza l configur estática directar  |

## Flujo de Ejemplo:

Creación de Sesión para la Regla de Tráfico IMS:



## Escenarios del Mundo Real:

### Escenario 1: Descubrimiento DNS Funciona ☐

Configuración:

```
p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com"  
pco.p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"]
```

Resultado DNS: [10.101.2.150, 10.101.2.151]

UE Recibe: [10.101.2.150, 10.101.2.151] ← De DNS

Nota: PCO estático se ignora cuando DNS tiene éxito

## Escenario 2: DNS Falla, Recaída Gradual ⚠

Configuración:

```
p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com"  
pco.p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"]
```

Resultado DNS: ERROR :no\_naptr\_records

UE Recibe: [10.101.2.100] ← De PCO estático

Nota: La sesión tiene éxito a pesar de la falla de DNS

## Escenario 3: No FQDN Configurado

Configuración:

```
# Sin p_cscf_discovery_fqdn  
pco.p_cscf_ipv4_address_list: ["192.168.1.50"]
```

UE Recibe: [192.168.1.50] ← De PCO estático

Nota: No se intenta el descubrimiento DNS

## ¿Por qué este diseño?

1. **Preferir Dinámico:** DNS proporciona flexibilidad, balanceo de carga y enrutamiento consciente de la ubicación
2. **Asegurar Fiabilidad:** La recaída estática asegura que las sesiones nunca fallen debido a problemas de DNS
3. **Cero Intervención Manual:** Conmutación automática sin intervención del operador
4. **Seguro para Producción:** Lo mejor de ambos mundos - agilidad con estabilidad

**Recomendación:** Siempre configura tanto el FQDN como el PCO estático para implementaciones en producción:

```
# ✓ RECOMENDADO: Dinámico con recaída
%{
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com", # Preferido
  pco: %{
    p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"] # Red de
seguridad
  }
}

# ⚠ RIESGOSO: Solo dinámico (recae a PCO global)
%{
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com"
  # ¡Sin recaída específica de regla!
}

# ✓ VÁLIDO: Solo estático (sin sobrecarga de DNS)
%{
  pco: %{
    p_cscf_ipv4_address_list: ["192.168.1.50"]
  }
}
```

---

## Monitoreo de UI Web

### Página del Monitor de P-CSCF

Accede a la interfaz de monitoreo en: [https://localhost:8086/pcscf\\_monitor](https://localhost:8086/pcscf_monitor)

## Características:

- **Estadísticas Generales**

- Total de FQDNs monitoreados
- FQDNs resueltos con éxito
- Resoluciones fallidas
- Total de IPs de P-CSCF descubiertas

- **Tabla de FQDN**

- FQDN que se está monitoreando
- Estado de resolución (✓ Resuelto / ✗ Fallido / □ Pendiente)
- Número de IPs descubiertas
- Lista de direcciones IP resueltas (con detalles de servidor expandibles)
- Marca de tiempo de la última actualización
- Botón de actualización manual por FQDN
- **Estado de Salud:** Cada servidor descubierto muestra:
  - Dirección IP y puerto
  - Nombre de host (del objetivo DNS SRV)
  - Indicador de salud en tiempo real (✓ Activo / ✗ Inactivo)

- **Controles de Actualización**

- Botón **Actualizar Todo**: Activar reconsulta inmediata de todos los FQDNs
- **Actualización por FQDN**: Actualizar FQDNs individuales a demanda
- Auto-actualización: La página se actualiza cada 5 segundos

- **Tablero de Métricas de Monitoreo**

- **Total de FQDNs**: Número de FQDNs únicos registrados para monitoreo
- **Resueltos con Éxito**: FQDNs que se resolvieron con éxito a través de DNS
- **Resoluciones DNS Fallidas**: FQDNs que fallaron al resolverse
- **Total de Servidores P-CSCF**: Total de servidores descubiertos a través de todos los FQDNs
- ✓ **Saludable (SIP OPTIONS ACTIVO)**: Servidores que responden a las verificaciones de salud SIP OPTIONS
- ✗ **No Saludable (SIP OPTIONS INACTIVO)**: Servidores que no responden a SIP OPTIONS
- **Tasa de Éxito de DNS**: Porcentaje de resoluciones DNS exitosas
- **Intervalo de Verificación de Salud**: Frecuencia de verificaciones de salud SIP OPTIONS (60s, 5s de tiempo de espera)

El tablero de métricas proporciona visibilidad en tiempo real tanto de la salud de la resolución DNS como de la disponibilidad del servidor P-CSCF a través de SIP OPTIONS.

## Integración de la Página de Selección de UPF

La página de Selección de UPF (`/upf_selection`) muestra el estado de descubrimiento de P-CSCF para cada regla:

```
❑ Tráfico IMS (Prioridad 20)
  Coincidencia: APN coincidiendo con ^ims
  Pool: UPF-IMS-Primario (10.100.2.21:8805)

❑ Descubrimiento de P-CSCF
  FQDN: pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org
  Estado: ✓ Resuelto (2 IPs)
  IPs Resueltas: 10.101.2.100, 10.101.2.101

⚙ Anulaciones de PCO
  DNS Primario: 10.103.2.195
  P-CSCF (recaída estática): 10.101.2.100, 10.101.2.101
```

---

## Métricas y Observabilidad

### Métricas de Prometheus

El sistema de monitoreo de P-CSCF expone métricas a través de Prometheus (puerto 42069 por defecto):

#### Métricas de Medición



```

# Métricas a nivel de FQDN
pcscf_fqdns_total                                # Total de FQDNs
monitoreados
pcscf_fqdns_resolved                             # FQDNs resueltos con éxito
(DNS exitoso)
pcscf_fqdns_failed                               # Resoluciones de FQDN
fallidas (DNS fallido)

# Métricas a nivel de servidor (agregadas)
pcscf_servers_total                             # Total de servidores P-
CSCF descubiertos a través de DNS SRV
pcscf_servers_healthy                           # Servidores que responden
a SIP OPTIONS (agregados)
pcscf_servers_unhealthy                         # Servidores que no
responden a SIP OPTIONS (agregados)

# Métricas a nivel de servidor (por FQDN con etiqueta)
pcscf_servers_healthy{fqdn="..."}               # Servidores saludables
para un FQDN específico
pcscf_servers_unhealthy{fqdn="..."}             # Servidores no saludables
para un FQDN específico

```

### Detalles de Verificación de Salud:

- **healthy**: El servidor respondió al ping SIP OPTIONS (TCP o UDP)
- **unhealthy**: El servidor no respondió a SIP OPTIONS (5s de tiempo de espera por transporte)

## Ejemplos de Métricas

### Métricas de Resolución DNS:

```
# Consultar FQDNs resueltos con éxito
pcscf_fqdns_resolved

# Calcular tasa de éxito de DNS
(pcscf_fqdns_resolved / pcscf_fqdns_total) * 100

# Total de servidores descubiertos
pcscf_servers_total
```

## Métricas de Salud de SIP OPTIONS:

```
# Total de servidores saludables a través de todos los FQDNs
pcscf_servers_healthy

# Total de servidores no saludables
pcscf_servers_unhealthy

# Calcular tasa de éxito de verificación de salud
(pcscf_servers_healthy / pcscf_servers_total) * 100

# Servidores saludables para un FQDN específico
pcscf_servers_healthy{fqdn="pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org"}

# Alertar cuando todos los servidores están inactivos
pcscf_servers_healthy == 0 AND pcscf_servers_total > 0
```

## Ejemplos de Alertas de Prometheus:

```

# Alerta cuando todos los servidores P-CSCF están inactivos
- alert: AllPCSCFServersDown
  expr: pcscf_servers_healthy == 0 AND pcscf_servers_total > 0
  for: 5m
  labels:
    severity: critical
  annotations:
    summary: "Todos los servidores P-CSCF están no saludables"
    description: "{{ $value }}" servidores saludables (0) - todas
las verificaciones SIP OPTIONS fallaron"

# Alerta cuando más del 50% de los servidores están inactivos
- alert: MajorityPCSCFServersDown
  expr: (pcscf_servers_healthy / pcscf_servers_total) < 0.5
  for: 5m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "La mayoría de los servidores P-CSCF están no
saludables"
    description: "Solo {{ $value }}% de los servidores están
respondiendo a SIP OPTIONS"

# Alerta sobre fallos de resolución DNS
- alert: PCSCFDNSResolutionFailed
  expr: pcscf_fqdns_failed > 0
  for: 5m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Fallos de resolución DNS de P-CSCF"
    description: "{{ $value }}" FQDN(s) fallando en resolverse"

```

## Registro

El monitor registra eventos clave:

```
[info] Monitor de P-CSCF iniciado
[info] Registrando 2 FQDNs únicos de P-CSCF para monitoreo:
["pcscf.ims.example.com", "pcscf.enterprise.example.com"]
[info] Monitor de P-CSCF: Registrando FQDN pcscf.ims.example.com
[debug] Monitor de P-CSCF: Resuelto con éxito
pcscf.ims.example.com a 2 IPs
[warning] Monitor de P-CSCF: Falló al resolver
pcscf.enterprise.example.com: :nxdomain
[debug] Usando direcciones P-CSCF de FQDN pcscf.ims.example.com:
[{10, 101, 2, 100}, {10, 101, 2, 101}]
```

---

## Estrategia de Recaída

El sistema utiliza una **estrategia de recaída de tres niveles** para máxima fiabilidad:

### Nivel 1: Descubrimiento DNS (Preferido)

```
p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com"
```

- El monitor consulta DNS y almacena en caché las IPs resueltas
- La sesión utiliza las IPs en caché si están disponibles
- **Ventaja:** Dinámico, balanceado, consciente de la ubicación

### Nivel 2: PCO Estático Específico de Regla (Recaída)

```
pco: %{
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"]
}
```

- Utilizado si el descubrimiento DNS falla o no devuelve IPs
- Configuración estática específica de la regla

- **Ventaja:** Recaída específica de la regla, predecible

## Nivel 3: Configuración Global de PCO (Último Recurso)

```
# Configuración global de pco
pco: %{
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.146"]
}
```

- Utilizado si no hay configuración específica de la regla y DNS falla
- Direcciones P-CSCF globales predeterminadas
- **Ventaja:** Siempre disponible, previene fallos en la sesión

## Ejemplo de Lógica de Recaída

La sesión coincide con la regla "Tráfico IMS":

1. Intentar descubrimiento DNS para "pcscf.ims.example.com"
  - └ Éxito → Usar [10.101.2.100, 10.101.2.101] ✓
  - └ Fallo → Intentar siguiente nivel
2. Intentar anulación de PCO de la regla
  - └ Configurado → Usar [10.101.2.100, 10.101.2.101] ✓
  - └ No configurado → Intentar siguiente nivel
3. Usar configuración global de PCO
  - └ Usar [10.101.2.146] ✓ (Siempre tiene éxito)

---

## Configuración de DNS

### Configuración del Servidor DNS

Configura el servidor DNS con registros SRV y A/AAAA para el descubrimiento de P-CSCF:

```
; Registros SRV para P-CSCF (_sip._tcp se consulta automáticamente)
_sip._tcp.pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org. IN SRV 10 50 5060 pcscf1.example.com.
_sip._tcp.pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org. IN SRV 20 50 5060 pcscf2.example.com.

; Registros A
pcscf1.example.com. IN A 10.101.2.100
pcscf2.example.com. IN A 10.101.2.101
```

**Importante:** OmniPGW automáticamente antepone `_sip._tcp.` al FQDN configurado. Si configuras `p_cscf_discovery_fqdn:` `"pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org"`, el sistema consultará `_sip._tcp.pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org.`

## Formato de Registro SRV

Los registros SRV siguen este formato:

```
_servicio._proto.dominio. IN SRV prioridad peso puerto objetivo.
```

- **Prioridad:** Valores más bajos tienen mayor prioridad (10 antes de 20)
- **Peso:** Para balanceo de carga entre la misma prioridad (mayor = más tráfico)
- **Puerto:** Puerto SIP (típicamente 5060 para TCP, 5060 para UDP)
- **Objetivo:** Nombre de host a resolver a dirección IP

# Prueba de Configuración DNS

```
# Consultar registros SRV (nota el prefijo _sip._tcp)
dig SRV _sip._tcp.pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org
@10.179.2.177

# Salida esperada:
# _sip._tcp.pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org. 300 IN SRV 10 50
5060 pcscf1.example.com.

# Resolver nombre de P-CSCF a IP
dig A pcscf1.example.com @10.179.2.177

# Salida esperada:
# pcscf1.example.com. 300 IN A 10.101.2.100
```

---

## Solución de Problemas

### Problema: FQDN Muestra Estado "Fallido"

#### Síntomas:

- La UI web muestra estado ✗ Fallido
- Error: `:nxdomain`, `:timeout`, o `:no_naptr_records`

#### Causas Posibles:

1. Servidor DNS no accesible
2. FQDN no existe en DNS
3. No se configuraron registros NAPTR
4. Tiempo de espera del servidor DNS

#### Resolución:

```
# 1. Probar conectividad al servidor DNS
ping 10.179.2.177

# 2. Probar consulta NAPTR manualmente
dig NAPTR pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org @10.179.2.177

# 3. Revisar registros de OmniPGW
grep "P-CSCF" /var/log/pgw_c.log

# 4. Verificar configuración
grep "p_cscf_discovery_dns_server" config/runtime.exs

# 5. Actualización manual en la UI web
# Hacer clic en el botón "Actualizar" junto al FQDN fallido
```

## Problema: No se Devuelven IPs

### Síntomas:

- La UI web muestra "0 IPs"
- El estado puede ser ✓ Resuelto o ✗ Fallido

### Causas Posibles:

1. Existen registros NAPTR pero los FQDNs de reemplazo no resuelven
2. El campo de servicio no coincide con el patrón IMS/SIP
3. Faltan registros A/AAAA

### Resolución:

```
# Verificar el campo de servicio del registro NAPTR
dig NAPTR pcscf.example.com @10.179.2.177

# Asegurarse de que el servicio contenga "SIP" o "IMS":
# CORRECTO: "SIP+D2U", "x-3gpp-ims:sip"
# INCORRECTO: "HTTP", "FTP"

# Verificar que existan registros A/AAAA
dig pcscf1.example.com A @10.179.2.177
```



# Problema: Sesiones Usan P-CSCF Incorrecto

## Síntomas:

- UE recibe direcciones P-CSCF inesperadas
- Se utiliza la recaída estática en lugar de las IPs descubiertas

## Causas Posibles:

1. El descubrimiento DNS falló pero la recaída está funcionando
2. Coincidencia de regla incorrecta
3. FQDN no registrado

## Resolución:

```
# 1. Verificar página del Monitor de P-CSCF
# Asegurarse de que el FQDN esté registrado y resuelto

# 2. Revisar registros de sesión
grep "Usando direcciones P-CSCF de FQDN" /var/log/pgw_c.log

# 3. Verificar página de Selección de UPF
# Asegurarse de que la regla muestre el FQDN correcto y el estado

# 4. Probar coincidencia de regla
# Crear sesión con APN específico y verificar qué regla coincide
```

# Problema: Alta Latencia en Consultas DNS

## Síntomas:

- Creación de sesión lenta
- Las métricas muestran alta `pcscf_discovery_query_duration_seconds`

## Causas Posibles:

1. Problemas de rendimiento del servidor DNS
2. Latencia de red hacia el servidor DNS
3. Tiempo de espera demasiado alto

## Resolución:

```
# Reducir tiempo de espera de consulta
pco: %{
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 2000  # Reducir de 5000ms
}

# Considerar usar un servidor DNS más cercano
pco: %{
  p_cscf_discovery_dns_server: "10.0.0.10"  # DNS local
}
```

# Mejores Prácticas

## 1. Selección de Servidor DNS

### Usar Servidor DNS Dedicado

```
pco: %{
  # DNS dedicado para el descubrimiento de P-CSCF (no el mismo que
  el DNS de UE)
  p_cscf_discovery_dns_server: "10.179.2.177",

  # Servidores DNS de UE (dados a dispositivos móviles)
  primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
  secondary_dns_server_address: "8.8.4.4"
}
```

### ¿Por qué?

- Separar preocupaciones: DNS de UE vs. DNS interno de IMS
- Diferentes políticas de acceso y seguridad
- Escalabilidad y fiabilidad independientes

## 2. Siempre Configurar Recaída Estática

```
%{
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com", # Preferido
  pco: %{
    p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"] # Recaída
requerida
  }
}
```

### ¿Por qué?

- Asegura que las sesiones tengan éxito incluso si DNS falla
- Degradación gradual
- Cumple con los requisitos de SLA

## 3. Usar FQDNs Específicos por Tipo de Tráfico

```
rules: [
  # IMS
  %{
    name: "IMS",
    match_regex: "^ims",
    p_cscf_discovery_fqdn:
"pcscf.ims.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org"
  },

  # Empresa
  %{
    name: "Empresa",
    match_regex: "^enterprise",
    p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.enterprise.example.com"
  }
]
```

### ¿Por qué?

- Diferentes grupos de P-CSCF por servicio
- Mejor distribución de carga

- Enrutamiento específico del servicio

## 4. Monitorear el Rendimiento de Consultas DNS

```
# Alertar sobre alta latencia de consulta P-CSCF
alert: HighPCSCFQueryLatency
expr: histogram_quantile(0.95,
pcscf_discovery_query_duration_seconds_bucket) > 2
for: 5m
labels:
  severity: warning
annotations:
  summary: "Las consultas DNS de P-CSCF son lentas (p95 > 2s)"
```

## 5. Verificaciones de Salud de DNS Regulares

- **UI Web:** Revisar la página del Monitor de P-CSCF diariamente
- **Métricas:** Monitorear la métrica `pcscf_monitor_fqdns_failed`
- **Registros:** Estar atento a errores de DNS
- **Pruebas:** Verificar periódicamente que existan registros DNS

## 6. Configurar un Tiempo de Espera Apropiado

```
# Producción: Equilibrar fiabilidad vs. latencia
pco: %{
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000 # 5 segundos
}

# Alto rendimiento: Favorecer velocidad, depender de la recaída
pco: %{
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 2000 # 2 segundos
}
```

## 7. Usar Redundancia DNS

Configurar DNS primario y secundario:

```
# DNS Primario de P-CSCF
pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org. IN NAPTR 10 50 "s" "SIP+D2U"
"" _sip._udp.pcscf1.example.com.

# DNS Secundario de P-CSCF
pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org. IN NAPTR 20 50 "s" "SIP+D2U"
"" _sip._udp.pcscf2.example.com.
```

---

## Documentación Relacionada

- **Configuración de PCO** - Opciones de Configuración de Protocolo, configuración de DNS y P-CSCF
- **Guía de Configuración** - Referencia completa de configuración de OmniPGW
- **Monitoreo** - Métricas, registro y observabilidad
- **Gestión de Sesiones** - Ciclo de vida de la sesión y entrega de PCO
- **Interfaz PFCP** - Comunicación de la Función de Plano de Usuario

---

**Volver a la Documentación Principal**

---

**Monitoreo de P-CSCF de OmniPGW** - *por Omnitouch Network Services*

# Documentación de la Interfaz PFCP/Sxb

**Protocolo de Control de Reenvío de Paquetes** - Comunicación de PGW-C a PGW-U

---

## Tabla de Contenidos

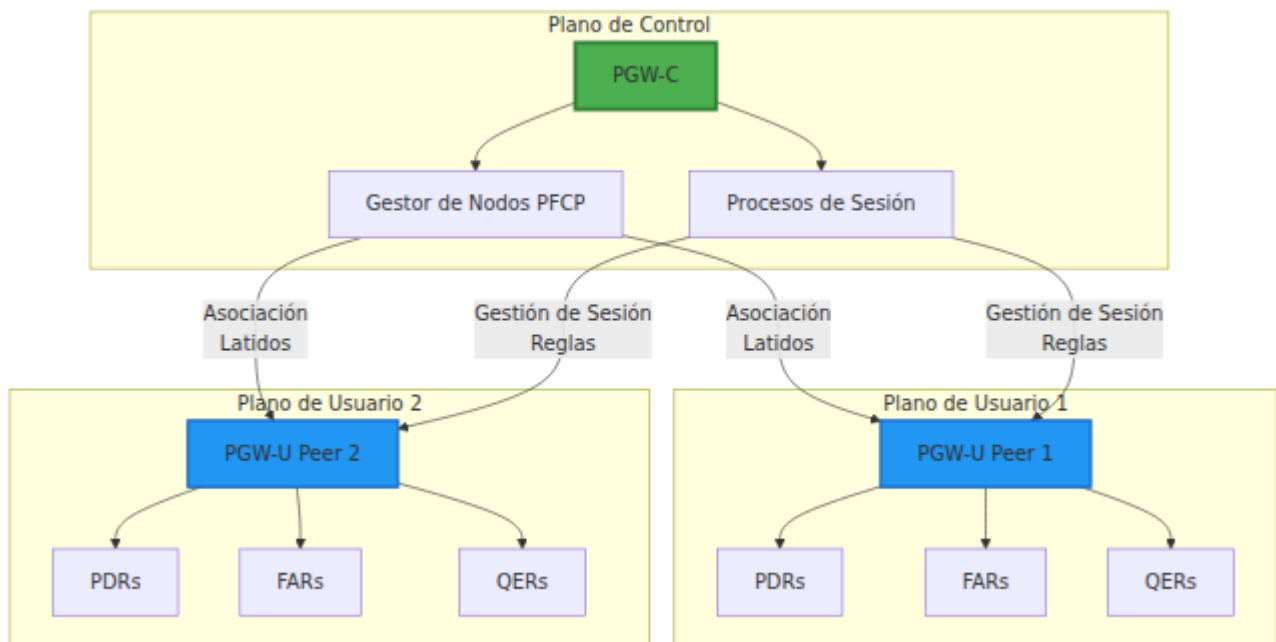
1. Descripción General
  2. Conceptos Básicos del Protocolo
  3. Gestión de Asociaciones PFCP
  4. Gestión de Sesiones PFCP
  5. Reglas de Procesamiento de Paquetes
  6. Configuración
  7. Selección de UPF Basada en DNS
  8. Flujos de Mensajes
  9. Solución de Problemas
  10. Interfaz Web - Monitoreo PFCP
  11. Documentación Relacionada
- 

## Descripción General

La **interfaz Sxb** utiliza el **PFCP (Protocolo de Control de Reenvío de Paquetes)** para la comunicación entre el PGW-C (plano de control) y el PGW-U (plano de usuario). Esta separación permite:

- **Plano de Control (PGW-C)** - Maneja la señalización, gestión de sesiones, decisiones de políticas
- **Plano de Usuario (PGW-U)** - Maneja el reenvío real de paquetes a alta velocidad

# Arquitectura PFCP



## Conceptos Básicos del Protocolo

### Versión PFCP

PGW-C implementa **PFCP Versión 1** (3GPP TS 29.244).

### Transporte

- **Protocolo:** UDP
- **Puerto Predeterminado:** 8805
- **Formato de Mensaje:** Codificado en binario utilizando la especificación PFCP

### Tipos de ID de Nodo

Los pares PFCP se identifican por ID de Nodo, que pueden ser:

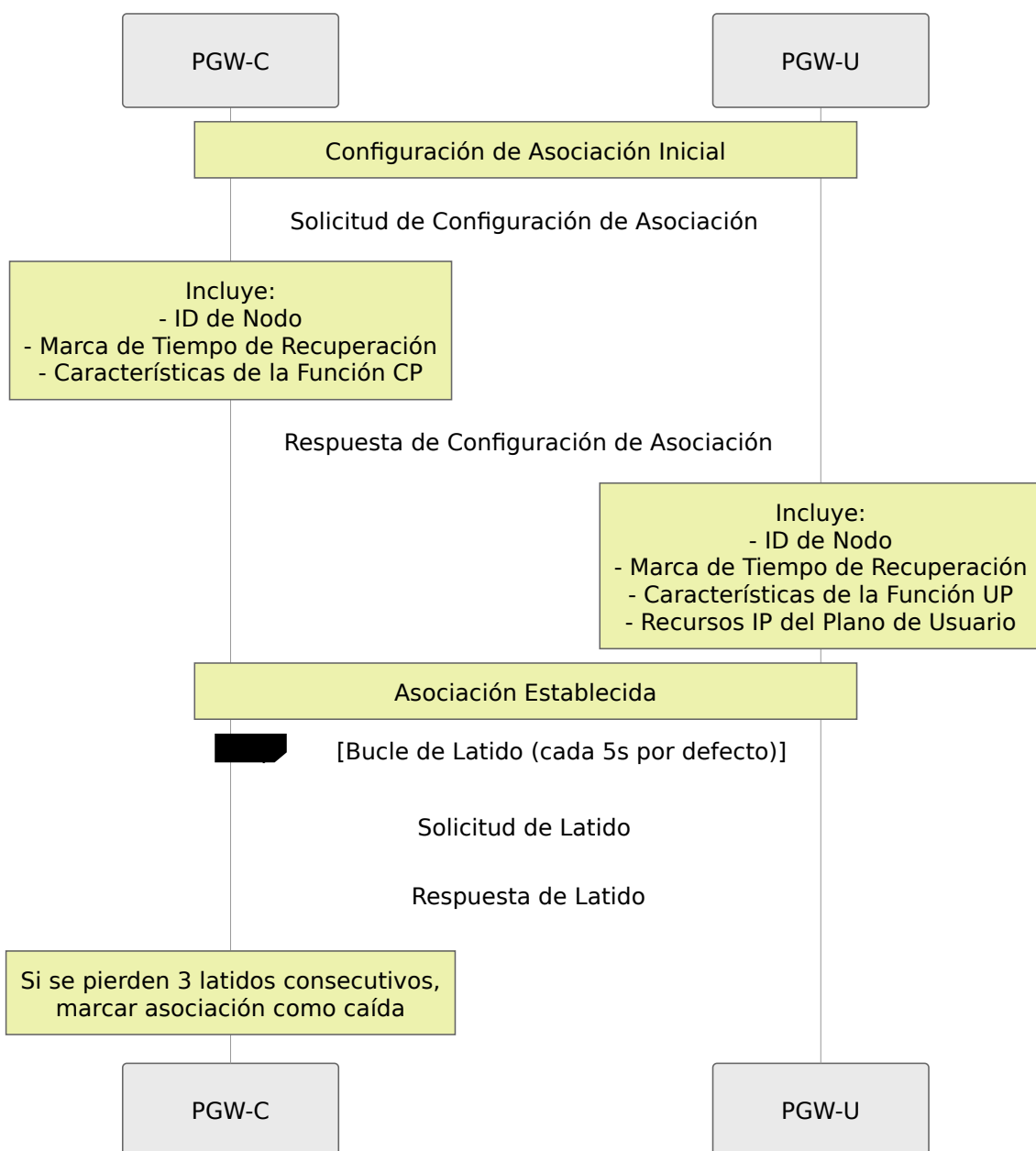
- **Dirección IPv4** - Más común
- **Dirección IPv6**

- **FQDN** (Nombre de Dominio Totalmente Calificado)

## Gestión de Asociaciones PFCP

Antes de que se pueda llevar a cabo la gestión de sesiones, se debe establecer una **asociación** PFCP entre PGW-C y PGW-U.

### Flujo de Configuración de Asociación





# Gestión del Estado del Par

Cada par PFCP mantiene un estado:

| Campo                                      | Descripción                                     |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <code>is_associated</code>                 | Booleano que indica el estado de asociación     |
| <code>remote_node_id</code>                | ID de Nodo del par (IP o FQDN)                  |
| <code>remote_ip_address</code>             | Dirección IP para la comunicación               |
| <code>remote_port</code>                   | Puerto UDP (predeterminado 8805)                |
| <code>heartbeat_period_ms</code>           | Intervalo de latido en milisegundos             |
| <code>missed_heartbeats_consecutive</code> | Conteo de latidos perdidos                      |
| <code>up_function_features</code>          | Características del plano de usuario soportadas |
| <code>up_recovery_time_stamp</code>        | Marca de tiempo de recuperación del par         |

## Mecanismo de Latido

**Propósito:** Detectar fallos en los pares y mantener la vitalidad de la asociación

**Configuración:**

```
# En config/runtime.exs
sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20"
},
upf_selection: %{
  fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.0.21", remote_port: 8805, weight:
100}
  ]
}
# Todos los UPFs se registran automáticamente con latidos de 5
segundos
```

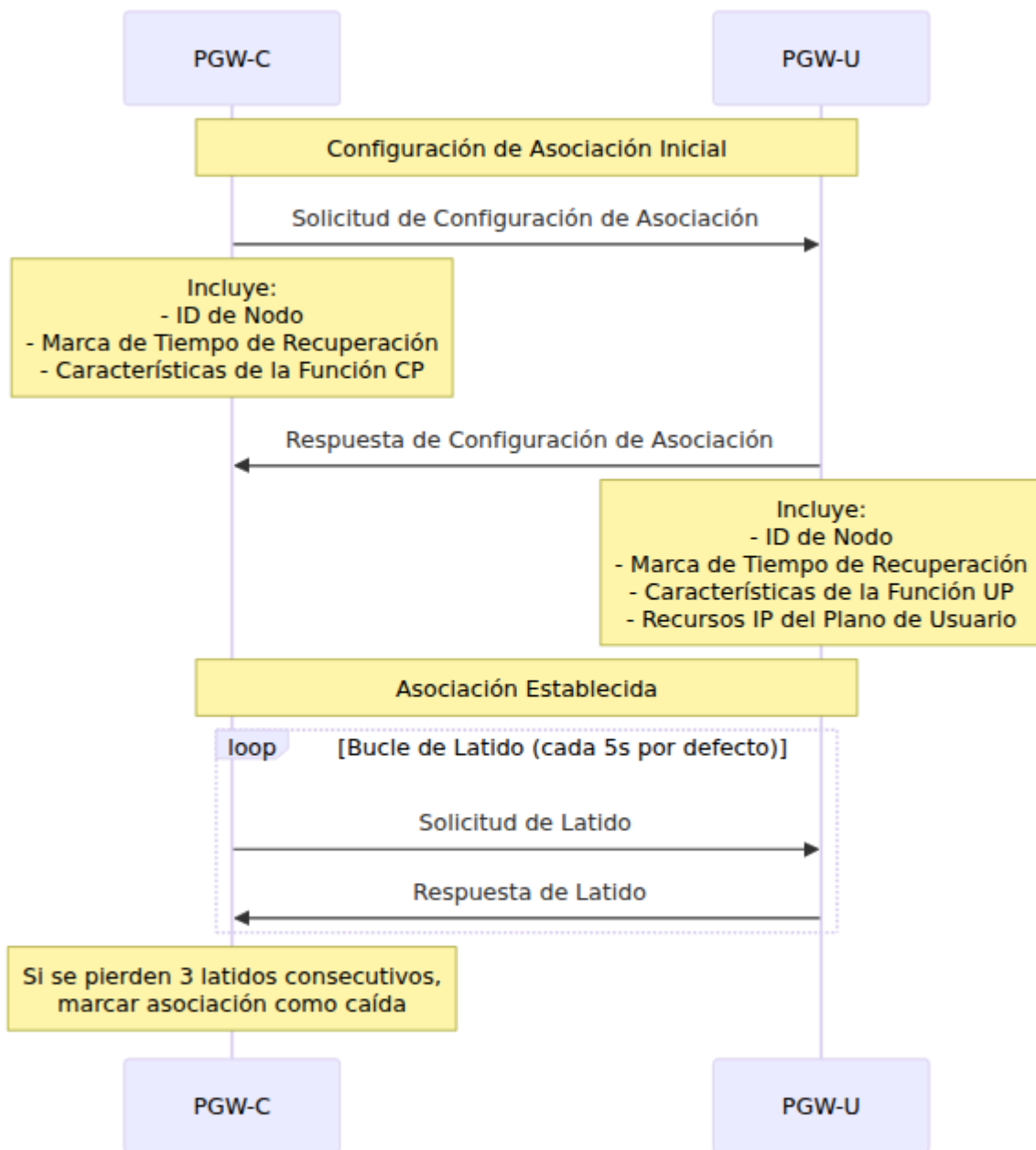
### Detección de Fallos:

- Cada latido perdido incrementa `missed_heartbeats_consecutive`
  - Típicamente configurado para fallar después de 3 pérdidas consecutivas
  - La asociación fallida impide nuevas sesiones a ese par
- 

## Gestión de Sesiones PFCP

Las sesiones PFCP se crean para cada conexión PDN de UE para programar reglas de reenvío en el plano de usuario.

# Ciclo de Vida de la Sesión



## Establecimiento de Sesión

**Cuándo:** UE se conecta y crea una conexión PDN

**PGW-C envía a PGW-U:**

**Solicitud de Establecimiento de Sesión** que contiene:

- **SEID** (ID de Punto de Final de Sesión) - Identificador único de sesión
- **ID de Nodo** - ID de Nodo de PGW-C

- **F-SEID** - SEID Totalmente Calificado (incluye IP + SEID)
- **PDRs** - Reglas de Detección de Paquetes (típicamente 2: uplink + downlink)
- **FARs** - Reglas de Acción de Reenvío (típicamente 2: uplink + downlink)
- **QERs** - Reglas de Aplicación de QoS (límites de bitrate)
- **BAR** - Regla de Acción de Buffering (para buffering de downlink)

#### **PGW-U responde:**

**Respuesta de Establecimiento de Sesión** que contiene:

- **Causa** - Razón de éxito o fallo
- **F-SEID** - Punto final de sesión de PGW-U
- **PDRs Creados** - Reconocimiento de reglas creadas
- **F-TEID** - TEID Totalmente Calificado para la interfaz S5/S8

## **Modificación de Sesión**

**Cuándo:** Ocurren cambios en QoS, actualizaciones de políticas o modificaciones de portadoras

**La modificación puede incluir:**

- Agregar nuevos PDRs, FARs, QERs
- Eliminar reglas existentes
- Actualizar parámetros de reglas

## **Eliminación de Sesión**

**Cuándo:** UE se desconecta o se termina la conexión PDN

**Proceso:**

1. PGW-C envía Solicitud de Eliminación de Sesión con SEID
2. PGW-U elimina todas las reglas y libera recursos
3. PGW-U responde con Respuesta de Eliminación de Sesión

# Asignación de F-TEID

## **F-TEID (Identificador de Punto de Final de Túnel Totalmente Calificado)**

identifica los puntos finales de túnel GTP-U para el tráfico del plano de usuario. Al establecer una sesión PFCP, alguien debe asignar el F-TEID que identifica dónde el UPF debe enviar el tráfico de uplink. Hay dos enfoques:

## **Entendiendo la Asignación de F-TEID**

**Qué se está asignando:** El F-TEID consiste en:

- **TEID** (Identificador de Punto de Final de Túnel) - Número de 32 bits que identifica el túnel
- **Dirección IP** - Dónde enviar los paquetes GTP-U (la dirección IP del UPF)

**La Pregunta:** ¿Quién asigna el valor TEID?

## **Opción 1: Asigna el UPF (Predeterminado Recomendado)**

- PGW-C dice "por favor asigna un TEID para mí" (bandera CHOOSE)
- UPF elige un TEID de su grupo local y responde con el valor

## **Opción 2: Asigna PGW-C (Modo de Compatibilidad)**

- PGW-C elige un TEID y le dice al UPF "usa este TEID específico"
- UPF utiliza el TEID proporcionado sin asignación

## **Asignación de UPF (Predeterminado - Recomendado)**

### **Configuración:**

```
sxb: %{  
    allocate_uplink_f_teid: false  # Predeterminado  
}
```

### **Cómo Funciona:**

1. PGW-C construye la Solicitud de Establecimiento de Sesión PFCP con la bandera F-TEID CHOOSE

2. UPF recibe la solicitud, asigna TEID de su grupo interno
3. UPF responde con F-TEID asignado (TEID + dirección IP)
4. PGW-C almacena el F-TEID asignado durante la vida de la sesión

### **Por qué esto es mejor (usualmente):**

#### **☐ Separación de Preocupaciones**

- UPF posee el plano de usuario = UPF gestiona los identificadores del plano de usuario
- No es necesario que PGW-C rastree qué TEIDs tiene disponibles el UPF
- Cada componente gestiona su propio grupo de recursos

#### **☐ Escalabilidad Multi-PGW-C**

- Múltiples instancias de PGW-C pueden comunicarse con el mismo UPF sin coordinación
- No hay riesgo de colisiones de TEID entre diferentes instancias de PGW-C
- UPF asegura la unicidad entre todos los pares del plano de control

#### **☐ Comportamiento Estándar de 3GPP**

- La bandera CHOOSE está definida en 3GPP TS 29.244 para este propósito
- Implementaciones modernas de UPF la soportan
- Sigue el principio de "dejar que el propietario asigne"

#### **☐ Failover Más Simple**

- Si PGW-C se reinicia, el UPF aún posee el espacio de nombres TEID
- No es necesario sincronizar el estado de asignación de TEID
- UPF puede continuar utilizando TEIDs existentes

### **Cuándo Usar:**

- ☐ Despliegues de producción con UPFs modernos (predeterminado)
- ☐ Despliegues Multi-PGW-C compartiendo grupos de UPF
- ☐ Arquitecturas nativas de la nube con planos de control sin estado
- ☐ Quieres el comportamiento estándar de PFCP de 3GPP

## Problemas Potenciales:

- ⚠ Algunas implementaciones de UPF heredadas o propietarias no soportan la bandera CHOOSE
- ⚠ Si el establecimiento de sesión falla con "IE obligatorio faltante" o similar, el UPF puede no soportar CHOOSE

## Asignación de PGW-C (Compatibilidad Heredada)

### Configuración:

```
sxb: %{  
  allocate_uplink_f_teid: true  
}
```

### Cómo Funciona:

1. PGW-C asigna TEID de su grupo local durante la creación de la sesión
2. PGW-C construye la Solicitud de Establecimiento de Sesión PFCP con un valor TEID explícito
3. UPF recibe la solicitud, utiliza el TEID proporcionado sin asignación
4. Tanto PGW-C como UPF rastrean el mismo valor TEID

### Por qué podrías necesitar esto:

#### ❑ UPF No Soporta CHOOSE

- Algunas implementaciones de UPF (especialmente heredadas/propietarias) no soportan la asignación dinámica
- UPF espera un TEID explícito en la Solicitud de Establecimiento de Sesión PFCP
- Única solución para compatibilidad

#### ❑ Gestión Centralizada de TEID

- Si necesitas que PGW-C tenga visibilidad total sobre todos los TEIDs asignados

- Útil para depurar problemas del plano de usuario (PGW-C conoce los valores exactos de TEID)
- Puede correlacionar TEID en capturas de paquetes con el estado de la sesión

### □ **Asignación Determinista**

- Si necesitas patrones de asignación de TEID predecibles
- Algunos entornos de prueba pueden requerir rangos de TEID específicos

### **Compensaciones:**

#### ⚠ **Se Requiere Coordinación para Multi-PGW-C**

- Múltiples instancias de PGW-C compartiendo un UPF deben evitar colisiones de TEID
- Requiere ya sea:
  - Rangos de TEID particionados por PGW-C (configuración compleja)
  - Servicio de asignación de TEID compartido (infraestructura adicional)
  - Aceptar riesgo de colisión con asignación aleatoria (baja probabilidad)

#### ⚠ **Sincronización de Estado**

- PGW-C debe rastrear los TEIDs asignados para evitar reutilización
- Estado del grupo de TEID perdido en el reinicio de PGW-C (debe reconstruirse a partir de sesiones)
- Escenarios de failover más complejos

#### ⚠ **Comportamiento No Estándar**

- No es el patrón de diseño PFCP previsto
- Puede no funcionar con todas las implementaciones de UPF que esperan CHOOSE

### **Cuándo Usar:**

- ⚠ **Solo cuando el UPF no soporte la bandera CHOOSE**
- ⚠ Implementaciones de UPF heredadas (por ejemplo, algún hardware propietario)

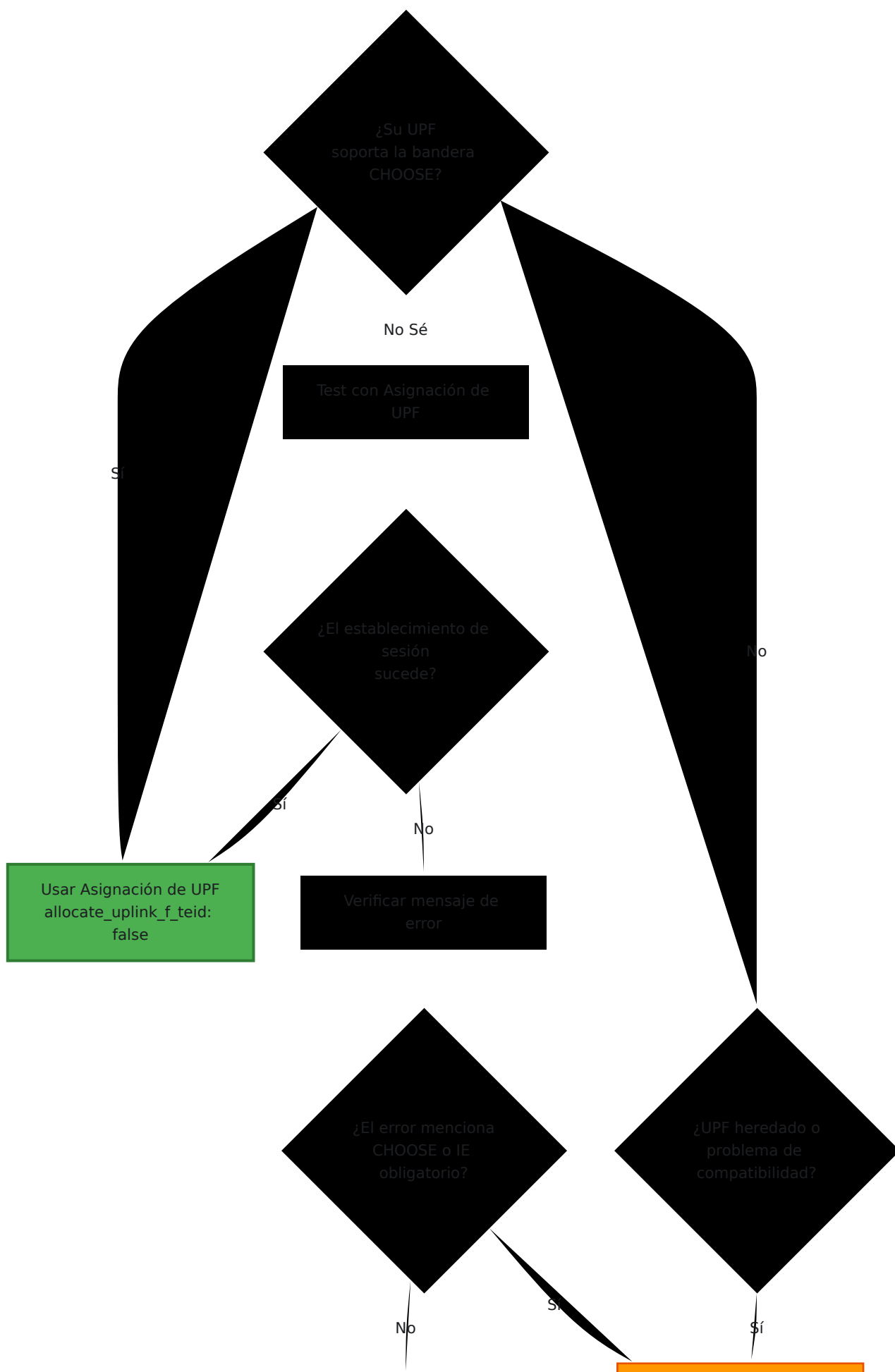


- ⚠ Requisitos de compatibilidad específicos
- ⚠ Escenarios de depuración que requieren visibilidad de TEID en PGW-C

**Manejo de Colisiones de TEID:** PGW-C utiliza asignación aleatoria con detección de colisiones:

- Rango de TEID: 1 a 0xFFFFFFFF (4.2 mil millones de valores)
- Probabilidad de colisión: ~0.023% a 1 millón de sesiones
- Reintento automático en caso de colisión (transparente para el llamador)
- TEIDs liberados automáticamente cuando la sesión termina

## **Cómo Elegir**



Problema diferente  
verificar registros de  
UPF

Usar Asignación de  
PGW-C  
allocate\_uplink\_f\_teid:  
true

## Solución de Problemas

### Síntoma: El establecimiento de sesión falla inmediatamente

Verifique los registros de PFCP:

```
# Busque errores relacionados con CH00SE
grep -i "choose\|mandatory.*missing" /var/log/pgw_c.log

# Verifique los códigos de causa de la Respuesta de
# Establecimiento de Sesión PFCP
grep "Session Establishment Response" /var/log/pgw_c.log
```

### Si el UPF rechaza la bandera CHOOSE:

- El error puede decir "IE obligatorio faltante" o "IE inválido"
- UPF espera un F-TEID explícito pero recibió CHOOSE
- **Solución:** Establecer `allocate_uplink_f_teid: true`

### Si la asignación de PGW-C causa problemas:

- Muy raro - el espacio de TEID es enorme (4 mil millones de valores)
- Verifique si hay agotamiento de TEID (poco probable por debajo de millones de sesiones):

```
# Verifique el conteo de registro
grep "registered_teid_count" /var/log/pgw_c.log
```

## Cambio entre Modos:

```
# Editar config/runtime.exs
sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20",
  allocate_uplink_f_teid: false # Cambiar a true si el UPF no
soporta CH00SE
}
```

Luego reinicie PGW-C:

```
systemctl restart pgw_c
```

**Verificando Qué Modo está Activo:** Verifique las capturas de paquetes PFCP:

```
# Capturar tráfico PFCP
tcpdump -i any -n port 8805 -w pfcp.pcap

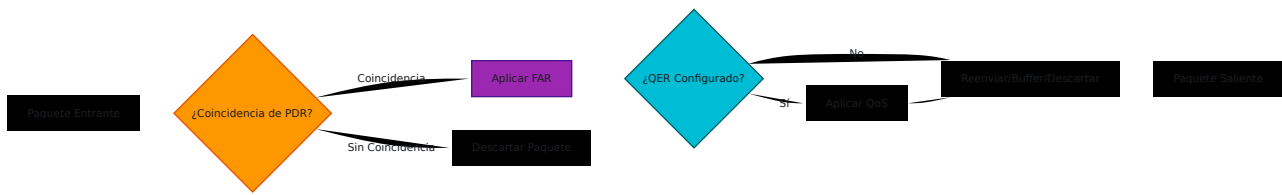
# Abrir en Wireshark y observar la Solicitud de Establecimiento de
Sesión
# Si F-TEID muestra "banderas CH00SE": modo de asignación de UPF
# Si F-TEID muestra un valor TEID explícito: modo de asignación de
PGW-C
```

---

## Reglas de Procesamiento de Paquetes

PFCP utiliza un conjunto de reglas para definir cómo el plano de usuario procesa paquetes.

# Arquitectura de Reglas



## PDR (Regla de Detección de Paquetes)

**Propósito:** Identificar a qué paquetes se aplica esta regla

**Configuración Típica de PGW-C:**

### PDR #1 - Downlink:

ID de PDR: 1  
Precedencia: 100  
PDI (Información de Detección de Paquetes):  
- Interfaz de Origen: CORE (lado de Internet)  
- Dirección IP de UE: 100.64.1.42/32  
ID de FAR: 1 (regla de reenvío asociada)

### PDR #2 - Uplink:

ID de PDR: 2  
Precedencia: 100  
PDI (Información de Detección de Paquetes):  
- Interfaz de Origen: ACCESS (lado de SGW)  
- F-TEID: <punto final de túnel S5/S8>  
ID de FAR: 2 (regla de reenvío asociada)  
ID de QER: 1 (aplicación de QoS)

### Campos Clave de PDR:

- **ID de PDR** - Identificador único de regla (por sesión)
- **Precedencia** - Prioridad de coincidencia de regla (más alto = más específico)
- **PDI** - Criterios de coincidencia (interfaz, IP, TEID, etc.)

- **Eliminación de Encabezado Externo** - Quitar encabezado GTP-U en ingreso
- **ID de FAR** - Acción de reenvío asociada
- **ID de QER** - Aplicación de QoS asociada (opcional)

## FAR (Regla de Acción de Reenvío)

**Propósito:** Definir qué hacer con los paquetes coincidentes

### FAR #1 - Downlink (Internet → UE):

ID de FAR: 1  
Aplicar Acción: REENVIAR  
Parámetros de Reenvío:

- Interfaz de Destino: ACCESS (hacia SGW)
- Creación de Encabezado Externo: GTP-U/UDP/IPv4
- F-TEID Remoto: <punto final de túnel SGW S5/S8>

### FAR #2 - Uplink (UE → Internet):

ID de FAR: 2  
Aplicar Acción: REENVIAR  
Parámetros de Reenvío:

- Interfaz de Destino: CORE (hacia Internet)
- (Sin encabezado externo - reenvío IP simple)

### Campos Clave de FAR:

- **ID de FAR** - Identificador único de regla
- **Aplicar Acción** - REENVIAR, DESCARTAR, BUFFER, NOTIFICAR
- **Parámetros de Reenvío:**
  - Interfaz de destino (ACCESS/CORE)
  - Creación de Encabezado Externo (agregar túnel GTP-U)
  - Instancia de Red (VRF/tablas de enrutamiento)

# QER (Regla de Aplicación de QoS)

**Propósito:** Aplicar límites de bitrate y parámetros de QoS. Los QERs también pueden rastrear el uso para la gestión de cuotas de carga en línea (ver [Interfaz Diameter Gy](#) para control de crédito).

## Ejemplo de QER:

```
ID de QER: 1
Estado de Puerta: ABIERTO
Bitrate Máximo:
  - Uplink: 100 Mbps
  - Downlink: 50 Mbps
Bitrate Garantizado: (opcional, para portadoras GBR)
  - Uplink: 10 Mbps
  - Downlink: 10 Mbps
```

## Campos Clave de QER:

- **ID de QER** - Identificador único de regla
- **Estado de Puerta** - ABIERTO (permitir) o CERRADO (bloquear)
- **MBR** - Bitrate Máximo (uplink/downlink)
- **GBR** - Bitrate Garantizado (para portadoras dedicadas)
- **QCI** - Identificador de Clase de QoS (afecta la programación)

# BAR (Regla de Acción de Buffering)

**Propósito:** Controlar el buffering de paquetes de downlink cuando el UE está inactivo

## Ejemplo de BAR:

```
ID de BAR: 1
Retraso de Notificación de Datos de Downlink: 100ms
Conteo Sugerido de Paquetes en Buffer: 10
```

**Usado para:** Optimización de DRX (Recepción Discontinua) en modo inactivo

---

# Configuración

## Configuración Básica de Sxb

Edita `config/runtime.exs`:



```
config :pgw_c,  
  sxb: %{  
    # Dirección IP local para la comunicación PFCP  
    local_ip_address: "10.0.0.20",  
  
    # Opcional: Sobrescribir el puerto predeterminado (8805)  
    local_port: 8805,  
  
    # Tiempo de espera de solicitud PFCP en milisegundos  
    (predeterminado: 500ms)  
    # Tiempo a esperar por la respuesta del UPF antes de  
    retransmitir  
    # Debe ser >= el tiempo de procesamiento esperado del UPF para  
    evitar sesiones duplicadas  
    request_timeout_ms: 500,  
  
    # Número de intentos de retransmisión para solicitudes PFCP  
    (predeterminado: 3)  
    # Tiempo total máximo de espera = request_timeout_ms *  
    request_attempts  
    request_attempts: 3,  
  
    # Opcional: Control de asignación de F-TEID para el plano de  
    usuario  
    # Cuando es falso (predeterminado): UPF asigna F-TEID (bandera  
    CH00SE)  
    # Cuando es verdadero: PGW-C pre-asigna F-TEID y proporciona  
    un valor explícito  
    # Nota: Algunos UPFs pueden no soportar la bandera CH00SE y  
    requerir asignación explícita  
    allocate_uplink_f_teid: false  
  },  
  
  # Selección de UPF - Todos los UPFs definidos aquí se registran  
  automáticamente  
  upf_selection: %{  
    fallback_pool: [  
      %{  
        # Dirección IP de PGW-U  
        remote_ip_address: "10.0.0.21",  
  
        # Puerto PFCP (predeterminado: 8805)  
        remote_port: 8805,
```

```
        # Peso para balanceo de carga (100 = normal, 0 = en
espera)
        weight: 100
    }
]
}
```

## Configuración de Tiempo de Espera de Solicitud

La interfaz PFCP utiliza tiempos de espera configurables para las solicitudes de Establecimiento, Modificación y Eliminación de Sesiones al UPF.

### Parámetros:

| Parámetro                       | Tipo   | Predeterminado | Descripción                                                                     |
|---------------------------------|--------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| <code>request_timeout_ms</code> | Entero | 500            | Tiempo en milisegundos a esperar por la respuesta del UPF antes de retransmitir |
| <code>request_attempts</code>   | Entero | 3              | Número máximo de intentos de transmisión antes de fallar la solicitud           |

**Tiempo Total de Espera:** `request_timeout_ms × request_attempts`

**Comportamiento predeterminado:** 500ms × 3 intentos = **1.5 segundos** de espera máxima total

### Por qué Importa la Configuración de Tiempo de Espera

Si `request_timeout_ms` se establece demasiado bajo en relación con el tiempo de procesamiento del UPF:

1. PGW-C envía la Solicitud de Establecimiento de Sesión
2. El tiempo de espera expira antes de que el UPF responda
3. PGW-C retransmite con el mismo número de secuencia
4. UPF procesa ambas solicitudes y crea **sesiones PFCP duplicadas**
5. PGW-C recibe la primera respuesta y almacena un ID de sesión
6. La segunda sesión se convierte en **huérfana** en el UPF



OmniCore  
5GC ▼

OmniCall  
▼

OmniRAN  
▼

OmniCharge  
▼

Platform  
▼

🌐 Español ▼

No Sé

Test con Asignación de UPF

¿El establecimiento de sesión sucede?

Sí

Sí

No

Usar Asignación de UPF  
allocate\_uplink\_f\_teid:  
false

Verificar mensaje de error

¿El error menciona CHOOSE o IE obligatorio?

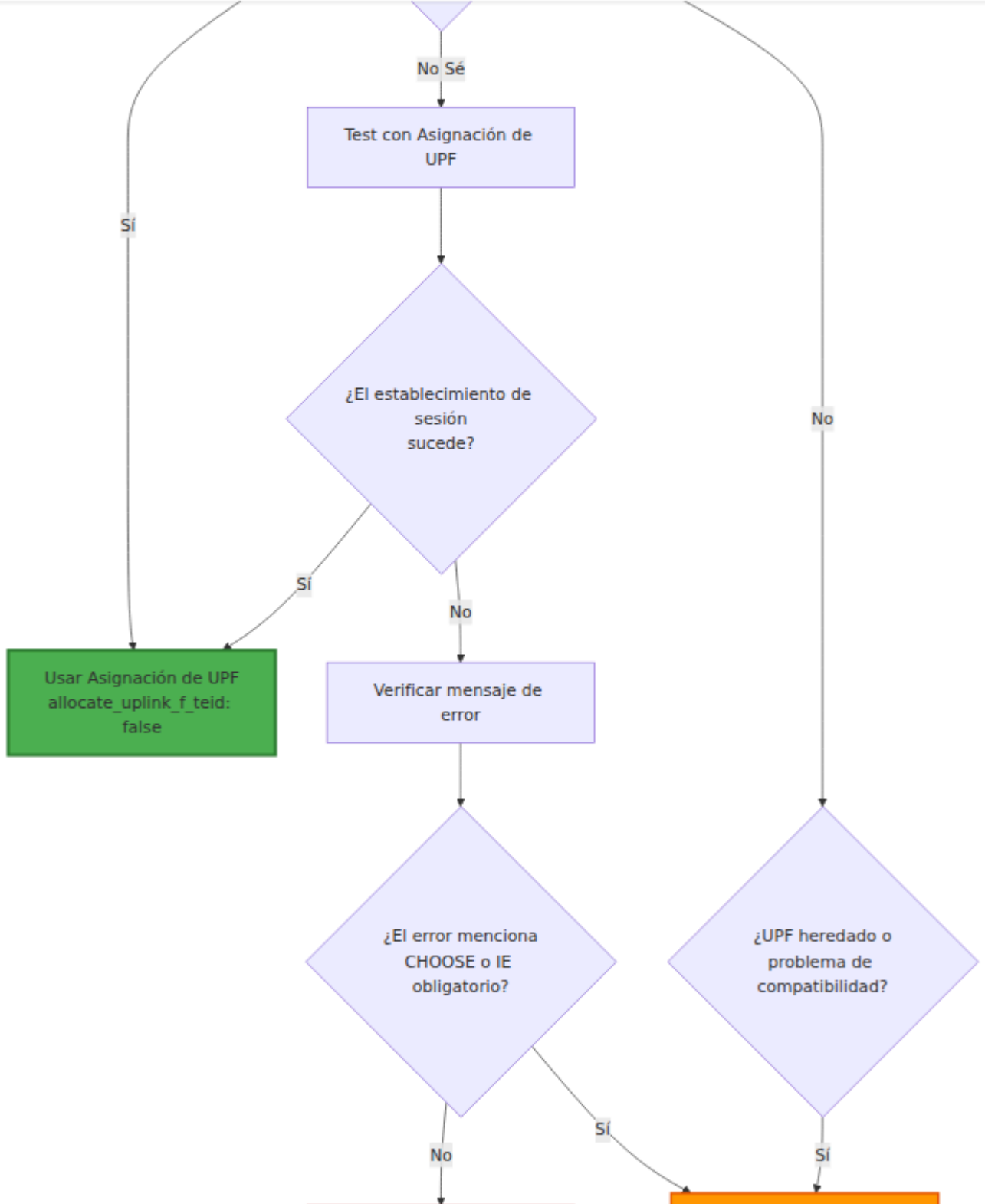
No

Sí

No

¿UPF heredado o problema de compatibilidad?

Sí



Problema diferente  
verificar registros de  
UPF

Usar Asignación de  
PGW-C  
allocate\_uplink\_f\_teid:  
true

## Directrices de Ajuste

| Tiempo de Respuesta del UPF | <code>request_timeout_ms</code><br>Recomendado | Tiempo Total de Espera |
|-----------------------------|------------------------------------------------|------------------------|
| Rápido (<100ms)             | 200-300ms                                      | 600-900ms (3 intentos) |
| Normal (100-300ms)          | 500ms (predeterminado)                         | 1.5s (3 intentos)      |
| Lento (300-500ms)           | 750-1000ms                                     | 2.25-3s (3 intentos)   |
| Muy lento (>500ms)          | 1500-2000ms                                    | 4.5-6s (3 intentos)    |

**Recomendación:** Establecer `request_timeout_ms` al menos **2x el tiempo de respuesta esperado del UPF** para evitar sesiones huérfanas inducidas por retransmisiones.

## Ejemplo - UPF Lento

```
sxb: %{\n  local_ip_address: "10.0.0.20",\n  request_timeout_ms: 1000, # 1 segundo por intento\n  request_attempts: 3      # Total: 3 segundos como máximo\n}
```

## Diagnóstico de Problemas de Tiempo de Espera

### Síntomas de tiempo de espera demasiado bajo:

- El UPF informa más sesiones PFCP de las esperadas
- Las sesiones huérfanas se acumulan en el UPF con el tiempo

- Mensajes de registro: "Solicitud de Establecimiento de Sesión agotada" seguido de sesión exitosa

### Cómo diagnosticar:

1. Verifique el conteo de sesiones del UPF a través de la API o interfaz de gestión del UPF
2. Compare con el conteo de sesiones activas de PGW-C
3. Si el UPF tiene más sesiones, existen huérfanas de retransmisiones

### Resolución:

1. Aumente `request_timeout_ms` para exceder el tiempo de respuesta del UPF
2. Reinicie PGW-C para aplicar la nueva configuración
3. Limpie las sesiones huérfanas del UPF (limpieza manual o reinicio del UPF)

## Múltiples Pares PGW-U

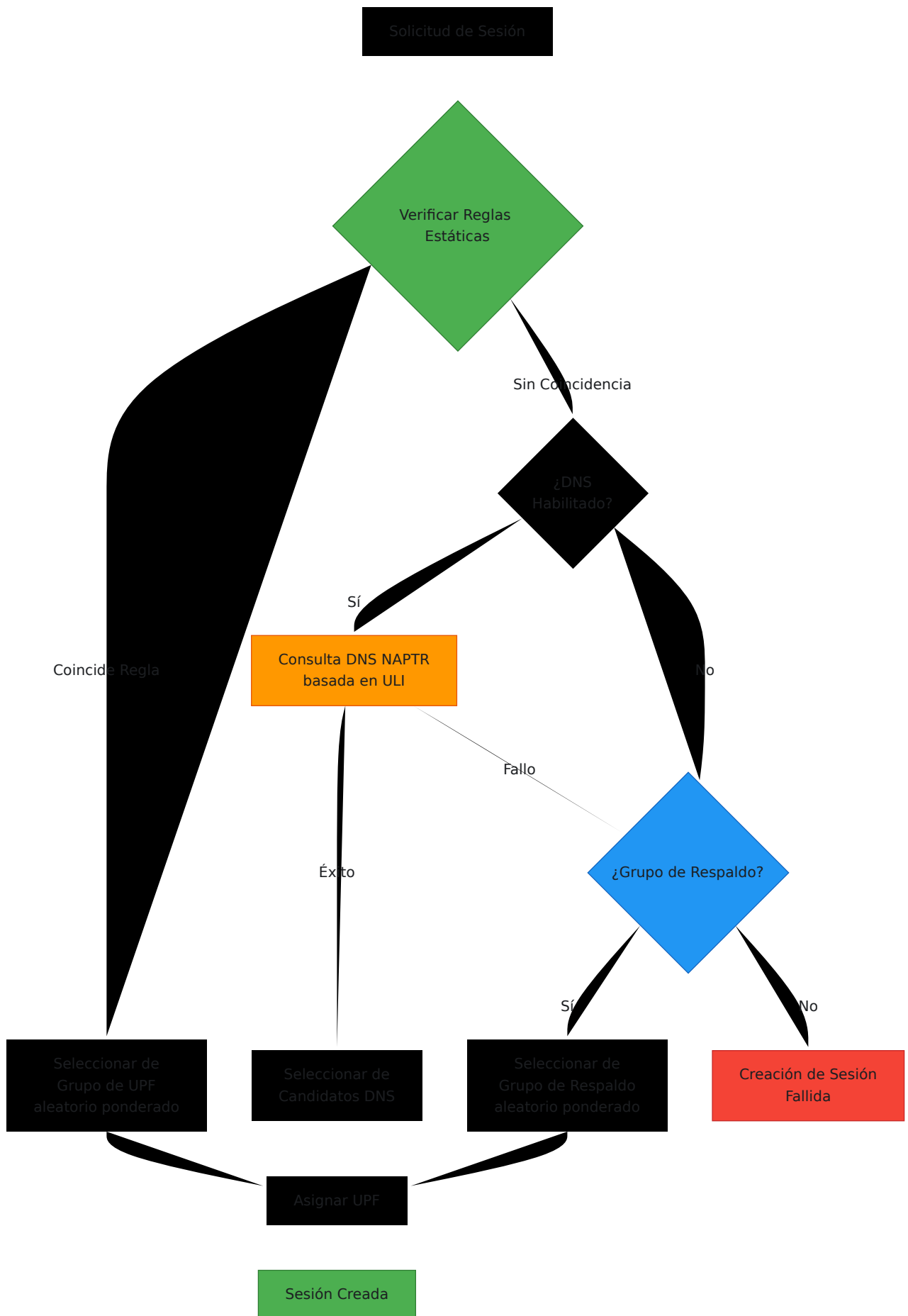
Para balanceo de carga o redundancia:

```
config :pgw_c,  
  sxb: %{  
    local_ip_address: "10.0.0.20"  
  },  
  upf_selection: %{  
    fallback_pool: [  
      %{remote_ip_address: "10.0.1.21", remote_port: 8805, weight:  
50}, # 50% tráfico  
      %{remote_ip_address: "10.0.2.21", remote_port: 8805, weight:  
50} # 50% tráfico  
    ]  
  }  
# Ambos UPFs se registran automáticamente con latidos de 5  
segundos
```

# Configuración de Selección de UPF

PGW-C utiliza un **sistema de selección de UPF de tres niveles** con reglas basadas en prioridades:

1. **Reglas Estáticas** (Mayor Prioridad) - Coinciden según los atributos de la sesión
2. **Selección Basada en DNS** (Prioridad Media) - Enrutamiento consciente de la ubicación a través de consultas DNS NAPTR
3. **Grupo de Respaldo** (Menor Prioridad) - Grupo de UPF predeterminado cuando no coinciden reglas





**Ejemplo Completo de Selección de UPF**

```

config :pgw_c,
  # Interfaz PFCP
  sxb: %{
    local_ip_address: "10.0.0.20"
  },

  # Selección de UPF: Todos los UPFs definidos aquí se registran
  automáticamente
  upf_selection: %{
    #
=====

    # Selección Basada en DNS (Enrutamiento Consciente de la
    Ubicación)
    #
=====

    # Consulta DNS utilizando Información de Ubicación del Usuario
    (ULI)
    # Proporciona selección dinámica de UPF basada en la ubicación de
    la celda
    dns_enabled: false,
    dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],
    dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",
    dns_timeout_ms: 5000,

    #
=====

    # Reglas de Selección Estática (Evaluadas por Prioridad)
    #
=====

    # Las reglas se verifican de mayor a menor prioridad
    # La primera regla que coincida determina el grupo de UPF
    rules: [
      # Regla 1: Tráfico IMS - Mayor Prioridad
      %{
        name: "Tráfico IMS",
        priority: 20,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^ims",
        upf_pool: [
          %{remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805,
weight: 80},
          %{remote_ip_address: "10.100.2.22", remote_port: 8805,
weight: 20}
        ]
      }
    ]
  }

```

```

    ],
    # Opcional: PCO sobrescribe para esta regla
    pco: %{
        p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"]
    }
},

# Regla 2: APN Empresarial - Alta Prioridad
%{
    name: "Tráfico Empresarial",
    priority: 15,
    match_field: :apn,
    match_regex: "^(enterprise|corporate)\.apn",
    upf_pool: [
        %{remote_ip_address: "10.100.3.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
    ],
    pco: %{
        primary_dns_server_address: "192.168.1.10",
        secondary_dns_server_address: "192.168.1.11",
        ipv4_link_mtu_size: 1500
    }
},

# Regla 3: Suscriptores en Roaming - Prioridad Media
%{
    name: "Suscriptores en Roaming",
    priority: 10,
    match_field: :serving_network_plmn_id,
    match_regex: "^(310|311|312|313)", # Redes de EE. UU.
    upf_pool: [
        %{remote_ip_address: "10.100.4.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
    ]
},

# Regla 4: Tráfico de Internet - Baja Prioridad
%{
    name: "Tráfico de Internet",
    priority: 5,
    match_field: :apn,
    match_regex: "^internet",
    upf_pool: [
        %{remote_ip_address: "10.100.1.21", remote_port: 8805,

```

```

weight: 33},
    {%remote_ip_address: "10.100.1.22", remote_port: 8805,
weight: 33},
    {%remote_ip_address: "10.100.1.23", remote_port: 8805,
weight: 34}
    ]
    }
    ],

    #
=====
    # Grupo de Respaldo (Último Recurso)
    #
=====
    # Usado cuando no coinciden reglas y la selección DNS falla o
está deshabilitada
    fallback_pool: [
        {%remote_ip_address: "127.0.0.21", remote_port: 8805, weight:
100}
    ]
    }

```

## **Campos de Coincidencia Soportados**

| Campo de Coincidencia    | Descripción                                 | Valor de Ejemplo               |
|--------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------|
| :imsi                    | Identidad Internacional de Suscriptor Móvil | "310260123456789"              |
| :apn                     | Nombre del Punto de Acceso                  | "internet", "ims"              |
| :serving_network_plmn_id | PLMN de la red que sirve (MCC+MNC)          | "310260" (operador de EE. UU.) |
| :sgw_ip_address          | Dirección IP de SGW (formato de cadena)     | "10.0.1.50"                    |
| :uli_tai_plmn_id         | ID de PLMN del Área de Seguimiento          | "310260"                       |
| :uli_ecgi_plmn_id        | ID de PLMN de la Celda E-UTRAN              | "310260"                       |

## Grupo de UPF y Balanceo de Carga

Cada regla puede especificar un **grupo de UPF** con selección aleatoria ponderada:

```
upf_pool: [
  {%remote_ip_address: "10.100.1.21", remote_port: 8805, weight:
50},
  {%remote_ip_address: "10.100.1.22", remote_port: 8805, weight:
30},
  {%remote_ip_address: "10.100.1.23", remote_port: 8805, weight:
20}
]
```

## Cómo Funciona la Selección Ponderada:

1. Calcular peso total:  $50 + 30 + 20 = 100$
2. Generar número aleatorio: 0.0 a 100.0
3. Seleccionar UPF según los rangos de peso acumulativos:
  - 0-50: UPF-1 (50% de probabilidad)
  - 50-80: UPF-2 (30% de probabilidad)
  - 80-100: UPF-3 (20% de probabilidad)

## Casos de Uso:

- **Distribución equitativa:** Todos los pesos iguales (33, 33, 34)
- **Primario/respaldo:** Primario de alto peso (80), respaldo de bajo peso (20)
- **Basado en capacidad:** Peso proporcional a la capacidad del UPF

## Sobrescrituras de PCO

Las reglas pueden sobrescribir valores de PCO (Opciones de Configuración de Protocolo):

```
%{
  name: "Tráfico IMS",
  match_field: :apn,
  match_regex: "^ims",
  upf_pool: [...],
  pco: %{
    # Sobrescribir solo campos específicos
    p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"],
    # Otros campos utilizan los valores predeterminados de la
    configuración principal de pco
  }
}
```

## Campos de Sobrescritura de PCO Disponibles:

- `primary_dns_server_address`
- `secondary_dns_server_address`
- `primary_nbns_server_address`

- `secondary_nbns_server_address`
- `p_cscf_ipv4_address_list`
- `ipv4_link_mtu_size`

## Selección Basada en DNS

Cuando está habilitada, PGW-C realiza consultas DNS NAPTR basadas en Información de Ubicación del Usuario:

```
upf_selection: %{
  dns_enabled: true,
  dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],
  dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",
  dns_timeout_ms: 5000
}
```

## Prioridad de Consulta:

1. **ECGI** (Identificador Global de Celda E-UTRAN) - Más específico
2. **TAI** (Identificador de Área de Seguimiento) - Área de celda
3. **RAI** (Identificador de Área de Enrutamiento) - Área 3G/2G
4. **SAI** (Identificador de Área de Servicio) - Área de servicio 3G
5. **CGI** (Identificador Global de Celda) - Celda 2G

## Ejemplo de Consulta DNS:

```
# Para consulta ECGI:
eci-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org

# Para consulta TAI:
tac-lb64.tac-hb00.tac.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

# Procesamiento de Respuestas DNS

## Formato de Registro NAPTR:

DNS devuelve registros NAPTR que apuntan a direcciones IP de UPF:

```
eci-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org.  
  IN NAPTR 10 50 "a" "x-3gpp-upf:x-s5-gtp:x-s8-gtp" ""  
upf1.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org.  
  
upf1.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org.  
  IN A 10.100.1.21
```

## Procesamiento de PGW-C:

1. Analizar registros NAPTR para extraer direcciones IP de UPF
2. Seleccionar el primer candidato de la respuesta DNS
3. Registrar dinámicamente si no está ya configurado (o implementar selección basada en carga)

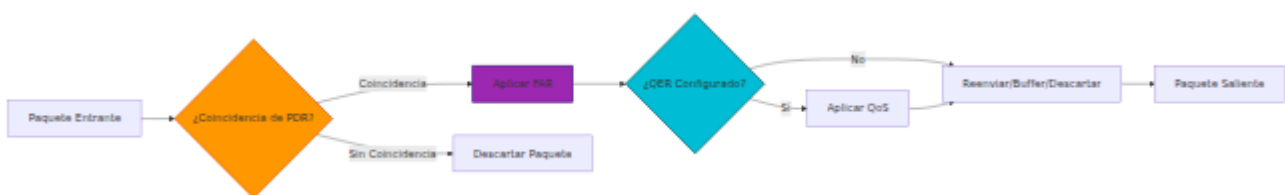
## Ejemplo:

DNS devuelve: [10.100.1.21, 10.100.5.99]

Seleccionado: 10.100.1.21 (primer candidato)

Acción: Registrar dinámicamente si no está en  
upf\_selection

## Ejemplo de Prioridad de Selección



## Casos de Uso

### 1. Balanceo de Carga Geográfica

**Escenario:** El operador tiene UPFs en múltiples ciudades

**Configuración DNS:**



```
# Celda de Chicago
```

```
eci-aaa.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF-Chicago  
(10.1.1.21)
```

```
# Celda de Nueva York
```

```
eci-bbb.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF-NewYork  
(10.2.1.21)
```

```
# Celda de Los Ángeles
```

```
eci-ccc.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF-  
LosAngeles (10.3.1.21)
```

**Beneficio:** Los usuarios se enrutan automáticamente al UPF más cercano, reduciendo la latencia y el backhaul

## 2. Computación en el Borde

**Escenario:** UPFs de MEC (Computación en el Borde Multi-acceso) desplegados en sitios de celdas

### Configuración DNS:

```
# Cada celda apunta a UPF de borde local
```

```
eci-*.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF de Borde  
Local
```

**Beneficio:** Latencia ultra-baja para aplicaciones de borde

## 3. Topología de Red Dinámica

**Escenario:** Las direcciones de UPF cambian debido a actualizaciones o mantenimiento

**Beneficio:** Actualizar registros DNS sin cambiar la configuración de PGW-C

# Solución de Problemas de Selección DNS

## Fallos en Consultas DNS

## Síntomas:

- Registro: "La selección de UPF DNS falló: :nxdomain"
- Las sesiones caen en el grupo de respaldo

## Causas Posibles:

1. Servidor DNS no configurado correctamente
2. Zona DNS no poblada para IDs de celda
3. ULI no presente en el mensaje GTP-C

## Resolución:

```
# Probar consulta DNS manualmente
dig eci-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org NAPTR

# Verificar registros de PGW-C para consultas DNS
grep "DNS UPF selection: querying" /var/log/pgw_c.log

# Verificar que ULI esté presente en la sesión
# Verificar campo "uli" en el estado de la sesión
```

## DNS Devuelve un UPF Desconocido

### Comportamiento:

- DNS devuelve un UPF candidato que no está en `upf_selection`
- El sistema intenta automáticamente el registro dinámico
- Si la asociación PFCP tiene éxito, se utiliza para la sesión
- Si la asociación PFCP falla, cae en el grupo de respaldo

### Ejemplo:

```
DNS devuelve: [10.99.1.50]
upf_selection: [10.100.1.21, 10.100.1.22]
```

Acción: Registrar dinámicamente 10.99.1.50

- Enviar Configuración de Asociación PFCP
- Si éxito: Usar para la sesión
- Si tiempo de espera: Caer en el grupo de respaldo

## Opciones de Resolución:

1. Preconfigurar en `upf_selection` para monitoreo inmediato:

```
upf_selection: %{
  fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.99.1.50", remote_port: 8805, weight:
100}
  ]
}
```

2. Actualizar DNS para devolver las IPs de UPF preconfiguradas

3. Permitir registro dinámico (recomendado para escenarios de MEC/borde)

## Tiempo de Espera de Consulta

### Síntomas:

- Registro: "Selección de UPF DNS: tiempo de espera de consulta"
- Las sesiones tardan más en establecerse

### Resolución:

```
upf_selection: %{
  dns_timeout_ms: 10000 # Aumentar el tiempo de espera a 10
segundos
}
```

# Monitoreo de Selección DNS

## Métricas:

```
# Tasa de éxito de consultas DNS
rate(upf_selection_dns_success_total[5m]) /
rate(upf_selection_dns_attempts_total[5m])

# Latencia de consultas DNS
histogram_quantile(0.95,
rate(upf_selection_dns_duration_seconds_bucket[5m]))

# Uso de respaldo (indica problemas de DNS)
rate(upf_selection_fallback_used_total[5m])
```

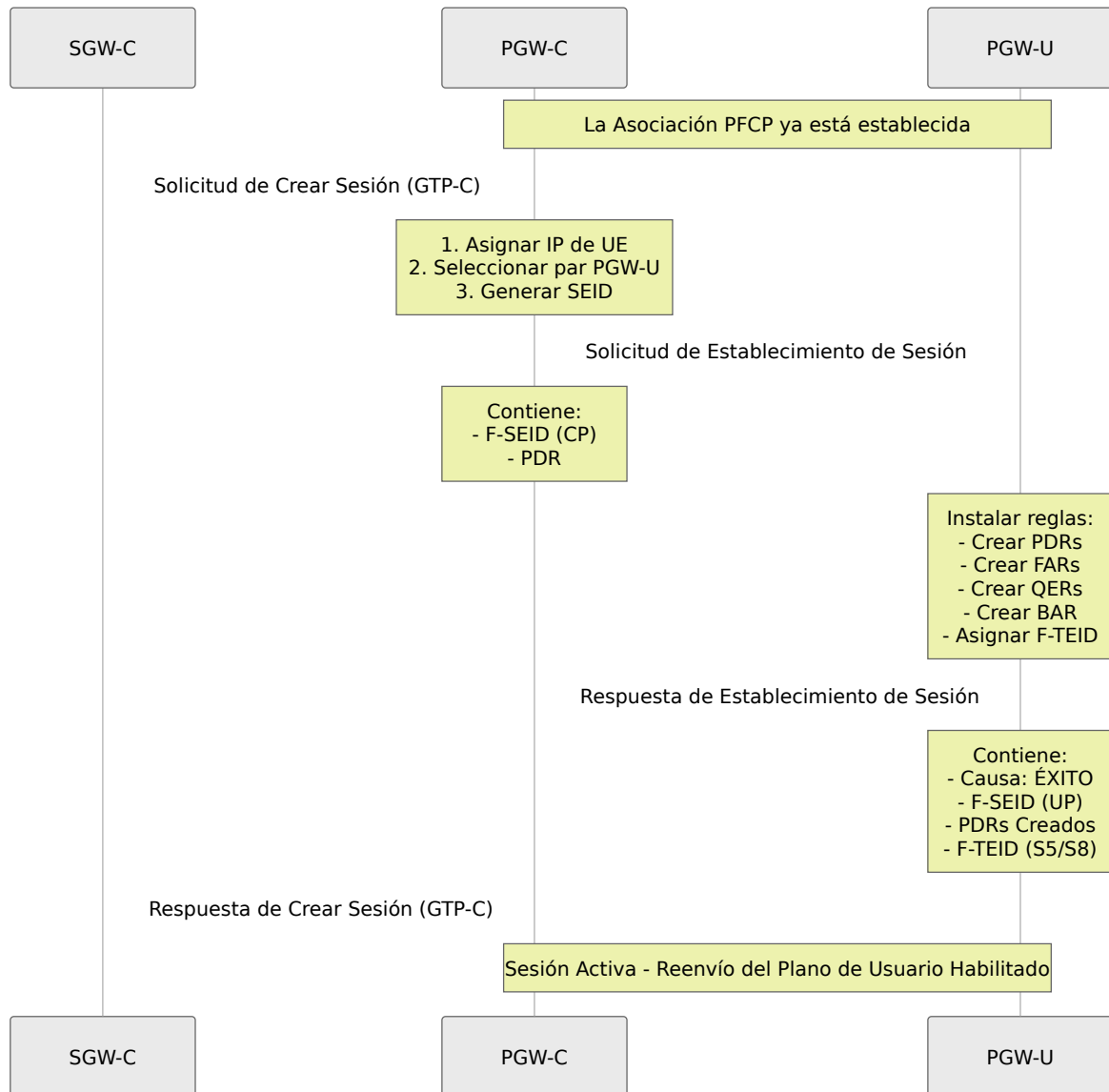
## Ejemplos de Registros:

```
[debug] Selección de UPF DNS: consultando eci-
1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
[debug] Selección de UPF DNS: obtuvo 2 candidatos de DNS
[info] Selección de UPF DNS: seleccionado 10.100.1.21
```

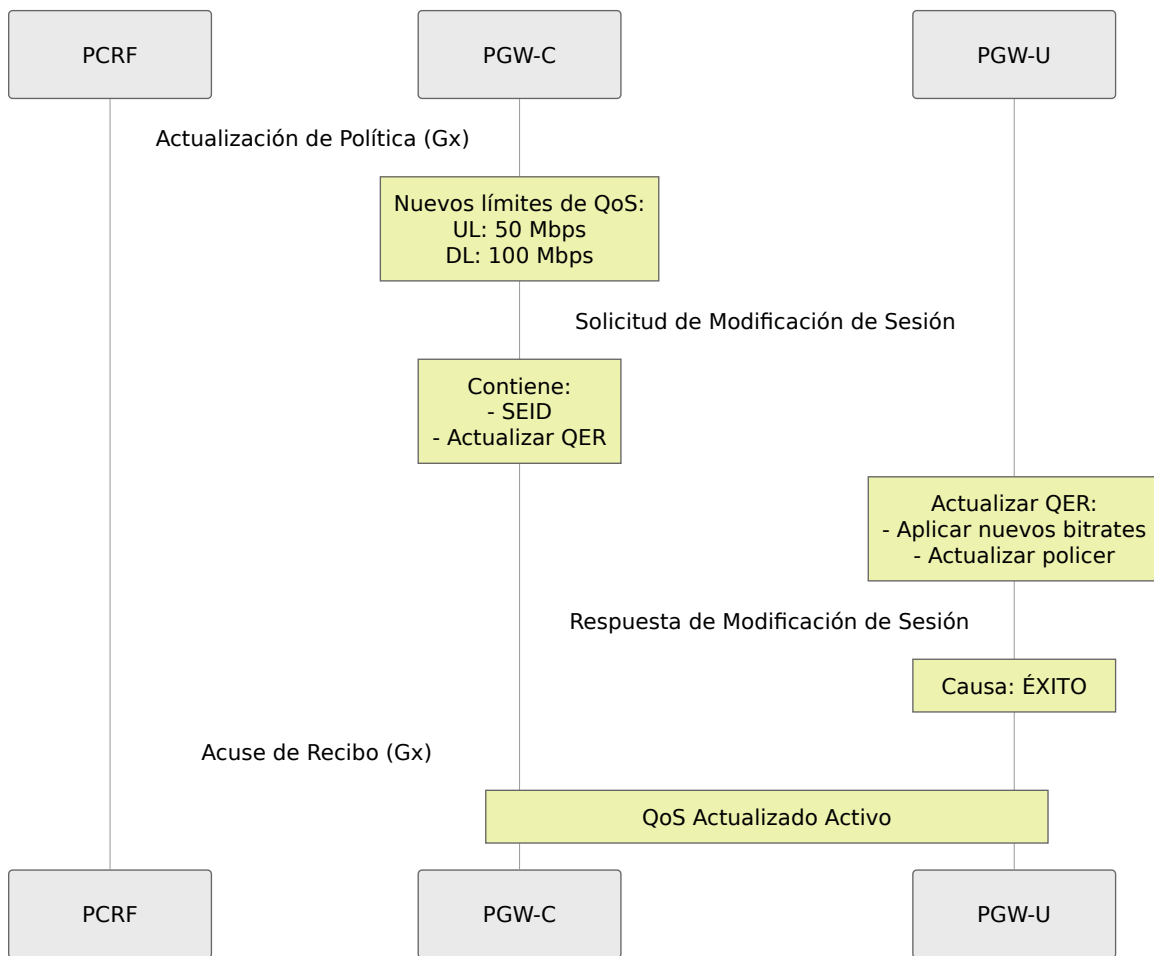
---

# Flujos de Mensajes

## Flujo Completo de Establecimiento de Sesión



# Flujo de Modificación de Sesión



# Recuperación de Fallos de Latido





# Solución de Problemas

## Problemas Comunes

### 1. La Configuración de Asociación Falla

#### Síntomas:

- Mensaje de registro: "La Configuración de Asociación PFCP falló"
- Sin respuesta a la Solicitud de Configuración de Asociación

#### Causas Posibles:

- PGW-U no es accesible (problema de red)
- PGW-U no está en ejecución
- Firewall bloqueando el puerto UDP 8805
- Dirección `remote_ip_address` incorrecta en la configuración

#### Resolución:

```
# Probar conectividad
ping <pgw_u_ip_address>

# Probar puerto UDP
nc -u -v <pgw_u_ip_address> 8805

# Verificar firewall
iptables -L -n | grep 8805
```

### 2. Fallos en los Latidos

#### Síntomas:

- Registro: "Fallos consecutivos de latido: 3"
- Asociación marcada como caída

#### Causas Posibles:

- Latencia de red o pérdida de paquetes
- PGW-U sobrecargado
- Intervalo de latido demasiado agresivo

### **Resolución:**

El período de latido está fijado en 5 segundos con un umbral de fallo de 3 latidos perdidos consecutivos.

## **3. El Establecimiento de Sesión Falla**

### **Síntomas:**

- Respuesta de Crear Sesión con código de error
- Registro: "El Establecimiento de Sesión PFCP falló"

### **Causas Posibles:**

- No hay pares PGW-U disponibles
- Agotamiento de recursos de PGW-U
- Configuración de regla inválida

### **Verifique:**

1. Verifique que al menos un par tenga `is_associated = true`
2. Verifique los registros de PGW-U para errores
3. Verifique la unicidad de SEID

## **4. Errores de SEID Duplicados**

### **Síntomas:**

- Respuesta de Establecimiento de Sesión: Causa "Contexto de sesión no encontrado"

### **Causa:**

- Colisión de SEID (muy raro)
- Reinicio de PGW-U sin conocimiento de PGW-C

## Resolución:

- Reiniciar la asociación PFCP (provoca una nueva marca de tiempo de recuperación)
- PGW-C detectará el reinicio de PGW-U y limpiará las sesiones antiguas

## Monitoreo de la Salud de PFCP

### Métricas a Monitorear:

```
# Estado de asociación de pares PFCP
pfcpeer_associated{peer="PGW-U Primario"} 1

# Sesiones PFCP activas
seid_registry_count 150

# Tasas de mensajes PFCP
rate(sxb_inbound_messages_total[5m])

# Errores PFCP
rate(sxb_inbound_errors_total[5m])

# Fallos de latidos
pfcpeer_consecutive_heartbeat_failures{peer="PGW-U Primario"} 0
```

### Ejemplos de Alertas:

```
# Alerta sobre asociación caída
- alert: PFCPPAssociationDown
  expr: pfcpeer_associated == 0
  for: 1m
  annotations:
    summary: "El par PFCP {{ $labels.peer }} está abajo"

# Alerta sobre altas tasas de fallos en el establecimiento de sesiones
- alert: PFCPSessionEstablishmentFailureHigh
  expr:
rate(sxb_inbound_errors_total{message_type="session_establishment_res
[5m]) > 0.1
  for: 5m
  annotations:
    summary: "Alta tasa de fallos en el establecimiento de sesiones F
```

---

## Interfaz Web - Monitoreo PFCP

OmniPGW proporciona dos páginas de interfaz web para monitorear las operaciones PFCP/Sxb en tiempo real.

### Página de Estado de UPF/Pare PFCP

**Acceso:** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/upf_status`

**Propósito:** Monitorear el estado de asociación PFCP con todos los pares PGW-U configurados

## **Características:**

### **1. Resumen del Estado del Par**

- **Conteo Asociado** - Número de pares con asociación PFCP activa
- **Conteo No Asociado** - Número de pares caídos o no conectados
- Se actualiza automáticamente cada 2 segundos

### **2. Información por Par** Para cada par PGW-U configurado:

- **Nombre del Par** - Nombre amigable de la configuración
- **Dirección IP** - IP remota de PGW-U
- **Estado de Asociación** - Asociado (verde) o No Asociado (rojo)
- **ID de Nodo** - Identificador de Nodo PFCP
- **Marca de Tiempo de Recuperación** - Última hora de reinicio del par
- **Período de Latido** - Intervalo de latido configurado
- **Latidos Perdidos Consecutivos** - Conteo actual de fallos
- **Características de la Función UP** - Capacidades anunciadas por PGW-U

**3. Detalles Expandibles** Haga clic en cualquier par para ver:

- Configuración completa del par
- Mapa de características de función UP
- Tiempos de asociación
- Estado completo del par

## Página de Sesiones PFCP

**Acceso:** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/pfcp_sessions`

**Propósito:** Ver sesiones PFCP activas entre OmniPGW y PGW-U

**Características:**

### 1. Conteo de Sesiones Activas

- Número total de sesiones PFCP activas
- Actualizaciones en tiempo real

### 2. Información de Sesión

 Para cada sesión PFCP:

- **Clave de Sesión** - Clave de registro interna

- **ID de Proceso** - Identificador del proceso de sesión
- **IMSI** - Suscriptor asociado (si está disponible)
- **Estado** - Estado de la sesión

### **3. Estado Completo de la Sesión** Vista expandible que muestra:

- Contexto completo de la sesión PFCP
- PDRs, FARs, QERs, BARs (reglas de reenvío)
- F-SEIDs (identificadores de puntos finales de sesión)
- Asociación de pares PGW-U

## **Casos de Uso Operativos**

### **Monitorear la Salud de la Asociación PFCP:**

1. Abrir la página de Estado de UPF
2. Verificar que todos los pares muestren "Asociado"
3. Verificar que el conteo de latidos perdidos = 0
4. Si un par muestra "No Asociado":
  - Verificar la accesibilidad de la IP del par
  - Verificar que el par esté en ejecución
  - Verificar el firewall (UDP 8805)

### **Solucionar Fallos en el Establecimiento de Sesiones:**

1. La sesión de usuario falla al establecerse
2. Verificar la página de Sesiones de PGW - ¿existe la sesión?
3. Verificar la página de Sesiones PFCP - ¿se creó la sesión PFCP?
4. Si no hay sesión PFCP:
  - Verificar Estado de UPF - ¿está asociado algún par?
  - Verificar registros para errores de PFCP
5. Si existe la sesión PFCP:
  - Inspeccionar PDRs/FARs para verificar reglas programadas
  - El problema es probablemente aguas abajo (PGW-U o red)

### **Verificar Distribución de Carga de Pares:**

1. Con múltiples pares PGW-U configurados
2. Verificar la página de Sesiones PFCP
3. Verificar que las sesiones estén distribuidas entre los pares
4. Identificar si un par tiene carga desproporcionada

### Detectar Fallos de Pares:

- Una rápida mirada a la página de Estado de UPF
- Insignia roja "No Asociado" visible de inmediato
- El contador de latidos perdidos muestra degradación antes de la falla total
- Configurar alertas de monitoreo basadas en datos de la Interfaz Web

### Ventajas:

- **Monitoreo en tiempo real** - No es necesario consultar métricas o SSH
  - **Estado visual** - Código de colores asociado/no asociado
  - **Tendencias de salud del par** - Conteo de latidos perdidos muestra advertencia temprana
  - **Inspección a nivel de sesión** - Ver exactamente PDRs/FARs/QERs programados
  - **Sin herramientas requeridas** - Solo un navegador web
- 

## Documentación Relacionada

### Configuración

- **Guía de Configuración** - Selección de UPF, monitoreo de salud, configuración de PFCP
- **Gestión de Sesiones** - Ciclo de vida de la sesión PDN, establecimiento de portadoras



## Carga y Monitoreo

- **Interfaz Diameter Gx** - Reglas de PCC que impulsan la aplicación de QoS de PFCP
- **Interfaz Diameter Gy** - Gestión de cuotas de carga en línea a través de URRs
- **Formato de CDR de Datos** - Generación de CDR a partir de informes de uso de PFCP
- **Guía de Monitoreo** - Métricas de PFCP, seguimiento de sesiones, alertas de salud de UPF

## Interfaces de Red

- **Interfaz S5/S8** - Gestión de portadoras del plano de control
- **Asignación de IP de UE** - Asignación de direcciones de UE a través de PFCP

---

**[Volver a la Guía de Operaciones](#)**

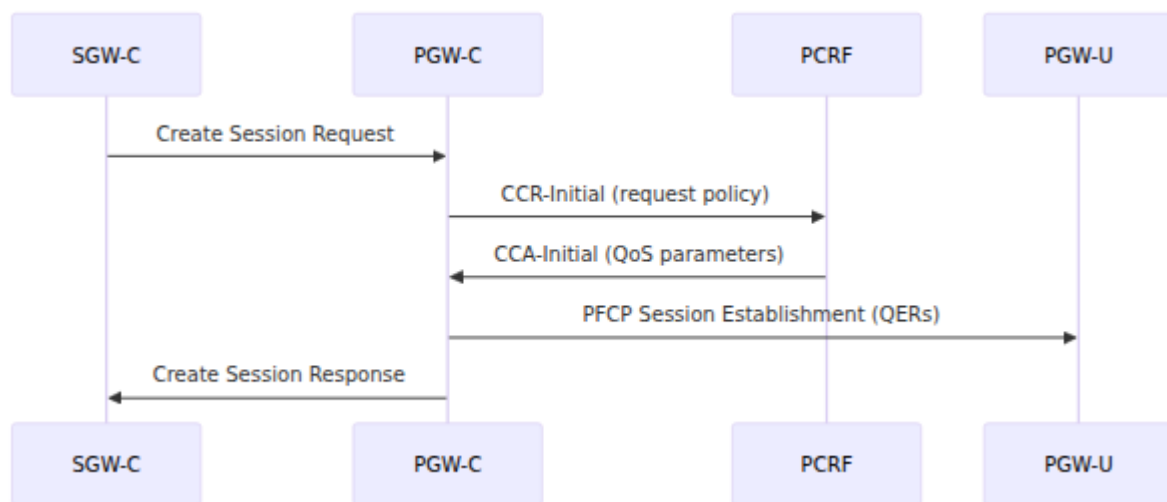
# QoS y Gestión de Bearer

## Descripción General

El PGW-C implementa un sistema de gestión de bearer y QoS basado en políticas que coordina tres interfaces clave:

- **Gx (Diameter)** - Recibe decisiones de políticas y parámetros de QoS del PCRF
- **S5/S8 (GTP-C)** - Gestiona los contextos de bearer con SGW-C
- **Sxb (PFCP)** - Programa reglas de aplicación de QoS en PGW-U

## Flujo de Arquitectura



## Conceptos Clave

- **Sesión:** Contiene información de UE, mapa de bearer, mapas de PDR/FAR/QER/BAR y AMBR
- **Contexto de Bearer:** Vincula EBI (EPS Bearer ID) a PDRs, FARs y QERs específicos

- **QER (Regla de Aplicación de QoS):** Aplica límites de MBR/GBR y estado de puerta en el plano de usuario
- **Bearer por Defecto:** Siempre creado con la sesión PDN, proporciona conectividad básica
- **Bearer Dedicado:** Creado dinámicamente basado en la política del PCRF, proporciona garantías de QoS específicas

## Configuración

### Importante: Política de QoS Dinámica

Todos los parámetros de QoS se reciben dinámicamente del PCRF a través de la interfaz Diameter Gx y se definen en el PCRF (Consulte OmniHSS para más información).

Los operadores configuran la **conexión PCRF** en `config/runtime.exs`:

```
config :pgw_c,
  diameter: %{
    listen_ip: "0.0.0.0",
    host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    peer_list: [
      %{
        host: "pcrf.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "192.168.1.100",
        initiate_connection: true
      }
    ]
  }
```

**Las políticas de QoS, las reglas de cobro y los límites de ancho de banda se configuran en el PCRF**, no en los archivos de configuración de PGW-C.

# Ciclo de Vida del Bearer

## Creación del Bearer por Defecto

El bearer por defecto se crea durante el establecimiento de la sesión PDN:



Create Session Request

AllocateIP

UE IP assigned

RequestPolicy

CCR-Initial sent to PCRF

CreateBearer

CCA-Initial received  
with QoS

ProgramUPF

PFCP Session  
Establishment

Active

Delete Session Request



**Flujo de Trabajo:**

1. SGW-C envía Create Session Request
2. PGW-C asigna dirección IP de UE del grupo configurado
3. PGW-C envía CCR-Initial al PCRF con IMSI, APN, dirección IP
4. PCRF responde con CCA-Initial que contiene parámetros de QoS:
  - Default-EPS-Bearer-QoS (QCI, ARP)
  - QoS-Information (ajustes de AMBR)
5. PGW-C crea contexto de bearer con:
  - IDs fijos: Downlink PDR=1, Uplink PDR=2, Downlink FAR=1, Uplink FAR=2, QER=1, BAR=1
  - QER programado con MBR del QoS del bearer
6. PGW-C envía PFCP Session Establishment Request a PGW-U
7. PGW-C envía Create Session Response a SGW-C

### **Características del bearer por defecto:**

- Siempre existe durante la duración de la sesión PDN
- Típicamente utiliza QCI 5 o QCI 9 (no-GBR)
- EBI rastreado en el estado de la sesión
- No puede ser eliminado de forma independiente (eliminarlo termina la sesión)

## **Creación del Bearer Dedicado**

Los bearers dedicados se crean dinámicamente basados en la política del PCRF:

**Disparador:** Re-Auth Request (RAR) del PCRF con Charging-Rule-Install

### **Flujo de Trabajo:**

1. PCRF envía RAR con Charging-Rule-Definition que contiene:
  - Charging-Rule-Name (identificador de regla de política)
  - Flow-Information (filtros de paquetes)
  - QoS-Information (QCI, MBR, GBR, ARP)
  - Precedence (prioridad de coincidencia de regla)
2. PGW-C traduce la regla dinámica a entidades PFCP:
  - Cada entrada de Flow-Information → nuevo PDR con SDF Filter

- QoS-Information → nuevo QER con aplicación de MBR/GBR
  - Flow-Description → reglas de coincidencia de 5-tuplas IP
3. PGW-C envía PFCP Session Modification Request para agregar PDRs/FARs/QERs
  4. PGW-C inicia Create Bearer Request a SGW-C
  5. SGW-C responde con Create Bearer Response confirmando el establecimiento

### Ejemplo de Charging-Rule-Definition:

```
Charging-Rule-Name: "video_streaming"
Flow-Information:
  - Flow-Description: "permit in ip from any to 10.0.0.1 5000-6000"
    Flow-Direction: 1 (downlink)
QoS-Information:
  QoS-Class-Identifier: 7
  Max-Requested-Bandwidth-UL: 5000000 (5 Mbps)
  Max-Requested-Bandwidth-DL: 10000000 (10 Mbps)
  Guaranteed-Bitrate-UL: 1000000 (1 Mbps)
  Guaranteed-Bitrate-DL: 2000000 (2 Mbps)
Precedence: 100
Flow-Status: 2 (ENABLED)
```

## Modificación del Bearer

La QoS del bearer puede ser modificada a través de:

- **Gx RAR** con Charging-Rule-Definition actualizada
- **PFCP Session Modification** para actualizar QERs existentes (cambiar tasas de bits), FARs (cambiar reenvío) o PDRs (cambiar filtros de paquetes)

## Eliminación del Bearer

### Disparadores:

- **Delete Session Request** (iniciado por SGW) - Elimina el bearer por defecto y termina la sesión

- **Re-Auth Request con Charging-Rule-Remove** (iniciado por PCRF) - Elimina el bearer dedicado

### Flujo de Trabajo:

1. Eliminar bearer del estado de la sesión
2. Eliminar PDRs/FARs/QRs asociados
3. Enviar Delete Bearer Request a SGW-C (si es iniciado por PCRF)
4. Enviar PFCP Session Modification (eliminar reglas) o Session Deletion (si es bearer por defecto)

## Parámetros de QoS

### QCI (Identificador de Clase de QoS)

**Fuente:** PCRF a través de Gx `QoS-Class-Identifier` AVP

#### Valores Estándar:

- **QCI 1:** Voz Conversacional (GBR, presupuesto de retraso de 100ms)
- **QCI 2:** Video Conversacional (GBR, presupuesto de retraso de 150ms)
- **QCI 3:** Juegos en Tiempo Real (GBR, presupuesto de retraso de 50ms)
- **QCI 4:** Video No Conversacional (GBR, presupuesto de retraso de 300ms)
- **QCI 5:** Señalización IMS (no-GBR, presupuesto de retraso de 100ms) - **Por Defecto para el bearer por defecto**
- **QCI 6:** Video (basado en TCP), Streaming en Vivo (no-GBR, presupuesto de retraso de 300ms)
- **QCI 7:** Voz, Juegos Interactivos (no-GBR, presupuesto de retraso de 100ms)
- **QCI 8:** Video (basado en TCP), por ejemplo, YouTube (no-GBR, presupuesto de retraso de 300ms)
- **QCI 9:** Internet por Defecto (no-GBR, presupuesto de retraso de 300ms)

#### Nota del Operador:

- QCI se recibe del PCRF y se señala a SGW-C en Bearer-Level-QoS IE

- PGW-C no aplica directamente el comportamiento de QCI - la aplicación real es a través de MBR/GBR en QERs
- Valores de QCI más bajos generalmente indican mayor prioridad
- QCI determina el tratamiento de reenvío de paquetes y la prioridad de programación

## ARP (Prioridad de Asignación y Retención)

**Fuente:** PCRF a través de Allocation-Retention-Priority grouped AVP

### Componentes:

- **Priority-Level:** 1 (prioridad más alta) a 15 (prioridad más baja)
- **Pre-emption-Capability:** ¿Puede este bearer pre-emptar bearers de menor prioridad?
  - 0 = HABILITADO (puede pre-emptar a otros)
  - 1 = DESHABILITADO (no puede pre-emptar)
- **Pre-emption-Vulnerability:** ¿Puede este bearer ser pre-emptado por bearers de mayor prioridad?
  - 0 = HABILITADO (puede ser pre-emptado)
  - 1 = DESHABILITADO (no puede ser pre-emptado)

### Valores por Defecto:

- Priority-Level: 1
- Pre-emption-Capability: HABILITADO (0)
- Pre-emption-Vulnerability: DESHABILITADO (1)

### Nota del Operador:

- ARP se señala a SGW-C y, en última instancia, a eNodeB
- **No es aplicado por PGW-C** - la aplicación es típicamente en eNodeB durante el control de admisión de radio
- Se utiliza durante la congestión de la red para determinar qué bearers admitir o eliminar
- Crítico para servicios de emergencia (nivel de prioridad 1) y servicios de alto valor



## MBR (Tasa de Bits Máxima)

**Fuente:** PCRF a través de `Max-Requested-Bandwidth-UL` y `Max-Requested-Bandwidth-DL` AVPs

**Formato:** Bytes por segundo (convertido a kbps internamente: `bytes / 1000`)

**Aplicado a:** Todos los bearers (por defecto y dedicados)

**Cómo funciona:**

- PGW-C crea QER con `mbr: %Bitrate{ul: kbps_ul, dl: kbps_dl}`
- QER enviado a PGW-U a través de PFCP
- **PGW-U aplica limitación de tasa** (policía de tráfico)
- El tráfico excesivo por encima de MBR es descartado

**Ejemplo:**

```
Max-Requested-Bandwidth-UL: 5000000 (5 Mbps)
Max-Requested-Bandwidth-DL: 10000000 (10 Mbps)
```

```
→ QER creado con mbr: {ul: 5000, dl: 10000} kbps
→ PGW-U descarta paquetes de uplink que excedan 5 Mbps
→ PGW-U descarta paquetes de downlink que excedan 10 Mbps
```

## GBR (Tasa de Bits Garantizada)

**Fuente:** PCRF a través de `Guaranteed-Bitrates-UL` y `Guaranteed-Bitrates-DL` AVPs

**Formato:** Bytes por segundo (convertido a kbps)

**Aplicado a:** Solo bearers dedicados (bearers GBR)

**Cómo funciona:**

- Si GBR se especifica en Charging-Rule-Definition, el bearer es **tipo GBR**
- PGW-U aplica la garantía de tasa de bits mínima a través de QER

- Requiere programación adecuada en eNodeB para reservar recursos de radio
- Los bearers GBR tienen control de admisión - pueden ser rechazados si no hay recursos disponibles

### Ejemplo:

Guaranteed-Bitrate-UL: 1000000 (1 Mbps)

Guaranteed-Bitrate-DL: 2000000 (2 Mbps)

→ QER creado con gbr: {ul: 1000, dl: 2000} kbps

→ La red garantiza al menos 1 Mbps de uplink y 2 Mbps de downlink

→ Utilizado para VoIP, videollamadas, streaming en vivo

### Nota del Operador:

- GBR requiere una planificación de capacidad de red suficiente
- Sobresuscribir recursos GBR conduce a fallos de admisión
- Monitorear el uso de GBR a través de conteos de sesiones y métricas de bearers

## AMBR (Tasa de Bits Máxima Agregada)

**Fuente:** PCRF a través de `APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL` y `APN-Aggregate-Max-Bitrate-DL` AVPs

**Alcance:** Se aplica a **todos los bearers no-GBR** para el APN (no por bearer)

### Cómo funciona:

- AMBR es un límite agregado en todos los bearers no-GBR en una sesión
- Enviado a SGW-C en Create Session Response
- La aplicación es típicamente en eNodeB/SGW
- PGW-C almacena AMBR en el estado de la sesión y lo señala a SGW-C

### Ejemplo:

APN-Aggregate-Max-Bitrates-UL: 50000000 (50 Mbps)

APN-Aggregate-Max-Bitrates-DL: 100000000 (100 Mbps)

→ Todos los bearers no-GBR combinados no pueden exceder 50 Mbps de uplink / 100 Mbps de downlink

→ Los bearers individuales están limitados por su propio MBR

→ AMBR proporciona un límite general adicional por UE/APN

### **Nota del Operador:**

- Se establece a través del perfil del suscriptor en HSS/PCRF
- Se utiliza para hacer cumplir los niveles de suscripción (por ejemplo, plan de 10 Mbps frente a plan de 100 Mbps)
- No afecta a los bearers GBR

## **Estado del Flujo y Control de Puertas**

### **Mapeo de Estado del Flujo (Gx) a Estado de la Puerta (PFCP)**

El PCRF controla si el tráfico está permitido a través del AVP `Flow-Status` en Charging-Rule-Definition:

| Flow-Status (Gx)     | Gate-Status (PFCP QER) | Significado                         |
|----------------------|------------------------|-------------------------------------|
| 0 = ENABLED-UPLINK   | ul: OPEN, dl: CLOSED   | Solo se permite tráfico de uplink   |
| 1 = ENABLED-DOWNLINK | ul: CLOSED, dl: OPEN   | Solo se permite tráfico de downlink |
| 2 = ENABLED          | ul: OPEN, dl: OPEN     | Se permiten ambas direcciones       |
| 3 = DISABLED         | ul: CLOSED, dl: CLOSED | No se permite tráfico               |
| 4 = REMOVED          | ul: CLOSED, dl: CLOSED | Bearer siendo eliminado             |

#### Casos de uso:

- **DISABLED:** Utilizado para servicios aparcados o agotamiento de crédito (paquetes descartados pero bearer retenido)
- **ENABLED-UPLINK:** Inusual, pero podría usarse para servicios solo de carga
- **ENABLED-DOWNLINK:** Servicios solo de descarga o escenarios limitados por crédito
- **ENABLED:** Operación normal

## Monitoreo y Observabilidad

### Métricas de Prometheus

#### Métricas a nivel de sesión:

|                            |                                     |
|----------------------------|-------------------------------------|
| session_registry_count     | # Bearers activos (pares IMSI, EBI) |
| address_registry_count     | # IPs de UE asignadas               |
| charging_id_registry_count | # Sesiones de cobro activas         |

### Métricas de la interfaz Gx:

|                                                   |               |
|---------------------------------------------------|---------------|
| gx_inbound_messages_total{message_type="gx_RAR"}  | #             |
| Actualizaciones de políticas del PCRF             |               |
| gx_outbound_messages_total{message_type="gx_CCR"} | # Solicitudes |
| de políticas al PCRF                              |               |
| gx_outbound_transaction_duration_bucket           | # Latencia al |
| PCRF                                              |               |

### Métricas de la interfaz PFCP:

|                                                                      |  |
|----------------------------------------------------------------------|--|
| sxb_outbound_messages_total{message_type="pfc_session_establishment_ |  |
| sxb_outbound_messages_total{message_type="pfc_session_modification_r |  |
| sxb_outbound_transaction_duration_bucket                             |  |

### Métricas de creación de bearers:

|                                                                    |  |
|--------------------------------------------------------------------|--|
| s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"} |  |
| # Bearers por defecto                                              |  |
| s5s8_outbound_messages_total{message_type="create_bearer_request"} |  |
| # Bearers dedicados                                                |  |

## Monitoreo de la Interfaz Web

### Página de Sesiones PGW (/pgw\_sessions):

- Buscar por IMSI, dirección IP, MSISDN o APN
- Ver bearers activos por sesión
- Inspeccionar parámetros de QoS del bearer (QCI, MBR, GBR, AMBR)
- Actualización automática en tiempo real (2 segundos)

### Página de Diameter (/diameter):

- Estado de conectividad del par PCRF
- Conteo de sesiones Gx
- Estado del par (conectado/desconectado)

### **Página de Registros (/logs):**

- Transmisión de registros en tiempo real
- Filtrar por "Control de Crédito" para intercambios CCR/CCA
- Filtrar por "Re-Auth" para eventos RAR (cambios de política)
- Filtrar por "PFCP" para eventos de programación del plano de usuario

## **Mensajes de Registro Clave**

|                                               |               |
|-----------------------------------------------|---------------|
| [debug] Sending Credit Control Request: ...   | # CCR al PCRF |
| [debug] Handling Credit Control Answer: ...   | # CCA del     |
| PCRF (contiene QoS)                           |               |
| [debug] Handling Re-Auth Request              | # RAR del     |
| PCRF (cambio de política)                     |               |
| [debug] Sending Session Establishment Request | # PFCP a PGW- |
| U (programar QERs)                            |               |
| [debug] Sending Session Modification Request  | # PFCP a PGW- |
| U (actualizar QERs)                           |               |

## **Tareas Operativas**

### **Verificar QoS Aplicada a la Sesión**

1. Acceder a la Interfaz Web → página de **Sesiones PGW**
2. Buscar IMSI (por ejemplo, 999000123456789)
3. Expandir detalles de la sesión
4. Verificar sección **qer\_map**:

```
qer_id: 1
gate_status: {ul: OPEN, dl: OPEN}
mbr: {ul: 50000, dl: 100000} # kbps
gbr: {ul: 10000, dl: 20000} # kbps (o nil para no-GBR)
```

5. Verificar que los valores coincidan con la política esperada del PCRF

## Solucionar Problemas de QoS Faltante

**Síntoma:** Sesión creada pero QoS no aplicada

**Pasos:**

### 1. Verificar conectividad del PCRF:

- Acceder a la Interfaz Web → página de **Diameter**
- Verificar estado del par PCRF = "conectado"
- Si está desconectado, verificar conectividad de red y configuración de Diameter

### 2. Verificar intercambio CCR/CCA:

- Acceder a la Interfaz Web → página de **Registros**
- Buscar "Credit Control Answer"
- Verificar que el AVP **QoS-Information** esté presente en el registro de CCA
- Comprobar errores en CCA (Result-Code debería ser 2001 = ÉXITO)

### 3. Verificar programación PFCP:

- Buscar registros de "PFCP Session Establishment Request"
- Verificar que QER esté incluido en el mensaje
- Comprobar registros de PGW-U para errores de procesamiento de PFCP

### 4. Verificar configuración de políticas del PCRF:

- Verificar perfil del suscriptor en el PCRF
- Confirmar que existan reglas de políticas específicas para el APN
- Comprobar registros del PCRF para errores de evaluación de políticas

## Monitorear Tasa de Creación de Bearers

**Consultas de Prometheus:**

```
# Tasa de creación de bearers por defecto (sesiones/segundo)
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"
[5m])

# Tasa de creación de bearers dedicados
rate(s5s8_outbound_messages_total{message_type="create_bearer_request"
[5m])

# Tasa de actualizaciones de políticas del PCRF
rate(gx_inbound_messages_total{message_type="gx_RAR"}[5m])
```

## Planificación de Capacidad

### Métricas clave a monitorear:

```
# Utilización de direcciones IP de UE (porcentaje)
(address_registry_count / <configured_pool_size>) * 100

# Conteo de bearers activos
session_registry_count

# Latencia de consulta PCRF (P95)
histogram_quantile(0.95, gx_outbound_transaction_duration_bucket)
```

### Límites de capacidad:

- Tamaño del grupo de direcciones: configurado en `config/runtime.exs` bajo `ue.subnet_map`
- Espacio TEID: 32 bits (4 mil millones de identificadores únicos, gestionados automáticamente)
- Sesiones concurrentes: típicamente limitadas por el tamaño del grupo de direcciones

### Directrices de planificación:

- Monitorear la utilización de direcciones IP - escalar el grupo antes de exceder el 80%



- Monitorear la latencia del PCRF - alta latencia impacta el tiempo de configuración de la sesión
- Monitorear la tasa de creación de bearers dedicados - indica complejidad de políticas

## Documentación Relacionada

- [Gestión de Sesiones](#) - Ciclo de vida de la sesión PDN
- [Interfaz Diameter Gx](#) - Detalles del protocolo de políticas del PCRF
- [Interfaz PFCP](#) - Programación del plano de usuario
- [Guía de Configuración](#) - Configuración del sistema
- [Guía de Monitoreo](#) - Métricas y observabilidad

# Documentación de la Interfaz S5/S8

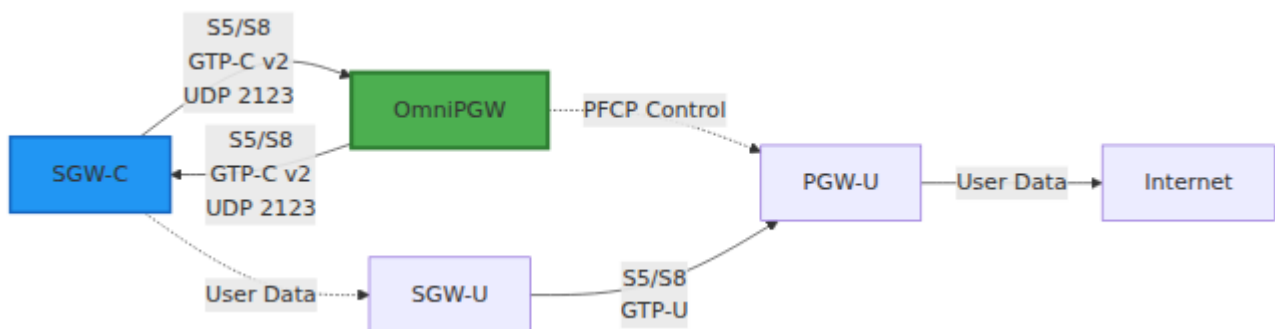
## Comunicación GTP-C con SGW-C

*OmniPGW de Omnitouch Network Services*

---

## Visión General

La **interfaz S5/S8** conecta OmniPGW con el SGW-C (plano de control de la puerta de enlace de servicio) utilizando el protocolo **GTP-C v2** (Protocolo de Túnel GPRS - Plano de Control). Esta interfaz maneja la señalización de gestión de sesiones entre las puertas de enlace.



## Detalles del Protocolo

### GTP-C Versión 2

- **Protocolo:** GTP-C v2 (3GPP TS 29.274)
- **Transporte:** UDP
- **Puerto:** 2123 (estándar)
- **Tipo de Interfaz:** Plano de Control

# TEID (Identificador de Punto de Final de Túnel)

Cada sesión tiene un **TEID** único para el enrutamiento de mensajes:

- **TEID Local** - Asignado por OmniPGW para mensajes entrantes
- **TEID Remoto** - Asignado por SGW-C para mensajes salientes

Flujo de Mensajes:

SGW-C → OmniPGW: TEID de destino = TEID local de OmniPGW

OmniPGW → SGW-C: TEID de destino = TEID remoto de SGW-C

---

# Configuración

## Configuración Básica

```
# config/runtime.exs
config :pgw_c,
  s5s8: %{
    # Dirección IPv4 local para la interfaz S5/S8
    local_ipv4_address: "10.0.0.20",

    # Opcional: Dirección IPv6 local
    local_ipv6_address: nil,

    # Opcional: Sobrescribir puerto por defecto
    local_port: 2123,

    # Tiempo de espera de solicitud GTP-C en milisegundos (por defecto: 500ms)
    # Tiempo de espera por intento al esperar respuestas GTP-C (Crear Bearer, Eliminar Bearer, etc.)
    request_timeout_ms: 500,

    # Número de intentos de reintento para solicitudes GTP-C (por defecto: 3)
    # Tiempo máximo total de espera = request_timeout_ms * request_attempts
    # Ejemplo: 500ms * 3 intentos = 1500ms (1.5 segundos) total
    request_attempts: 3
  }
```

## Configuración de Tiempo de Espera

La interfaz S5/S8 utiliza tiempos de espera configurables para las transacciones de solicitud/respuesta GTP-C.

### Parámetros:

- **request\_timeout\_ms** - Tiempo de espera en milisegundos por intento de reintento (por defecto: 500ms)

- **request\_attempts** - Número de intentos de reintento antes de rendirse (por defecto: 3)

**Tiempo Total de Espera:** `request_timeout_ms × request_attempts`

**Comportamiento por defecto:** 500ms × 3 intentos = **1.5 segundos de tiempo máximo total de espera**

**Directrices de Ajuste:**

| Latencia de Red        | <code>request_timeout_ms</code><br>recomendado | Tiempo Total de Espera |
|------------------------|------------------------------------------------|------------------------|
| Baja latencia (<50ms)  | 200-300ms                                      | 600-900ms (3 intentos) |
| Normal (50-150ms)      | 500ms (por defecto)                            | 1.5s (3 intentos)      |
| Alta latencia (>150ms) | 1000-2000ms                                    | 3-6s (3 intentos)      |
| Inestable/satélite     | 2000-3000ms                                    | 6-9s (3 intentos)      |

**Ejemplo - Red de Alta Latencia:**

```
s5s8: %{
  local_ipv4_address: "10.0.0.20",
  request_timeout_ms: 1500, # 1.5 segundos por intento
  request_attempts: 3      # Total: 4.5 segundos máximo
}
```

**Cuando ocurre un tiempo de espera:**

- OmniPGW registra el error: `"Se agotó el tiempo de espera de la solicitud de creación de Bearer"`
- Devuelve error al PCRF (Código de Resultado de Diámetro: 5012 UNABLE\_TO\_COMPLY)

- El Bearer permanece en almacenamiento temprano para limpieza a través de Charging-Rule-Remove

## Requisitos de Red

### Reglas de Firewall:

```
# Permitir GTP-C desde la red SGW-C
iptables -A INPUT -p udp --dport 2123 -s <sgw_network>/24 -j
ACCEPT

# Permitir GTP-C saliente a SGW-C
iptables -A OUTPUT -p udp --dport 2123 -d <sgw_network>/24 -j
ACCEPT
```

### Enrutamiento:

```
# Asegurar ruta a la red SGW-C
ip route add <sgw_network>/24 via <gateway_ip> dev eth0
```

---

## Tipos de Mensajes

La interfaz S5/S8 maneja la señalización GTP-C para la gestión de sesiones PDN. Para un ciclo de vida de sesión y gestión de estado detallados, consulte la [Guía de Gestión de Sesiones](#).

## Gestión de Sesiones

### Solicitud de Creación de Sesión

**Dirección:** SGW-C → OmniPGW

**Propósito:** Establecer una nueva conexión PDN

**IEs Clave (Elementos de Información):**

| Nombre de IE       | Tipo            | Descripción                                          |
|--------------------|-----------------|------------------------------------------------------|
| IMSI               | Identidad       | Identidad Internacional del Suscriptor Móvil         |
| MSISDN             | Identidad       | Número de teléfono móvil                             |
| APN                | Cadena          | Nombre del Punto de Acceso (por ejemplo, "internet") |
| Tipo de RAT        | Enum            | Tecnología de Acceso Radio (EUTRAN)                  |
| Contexto de Bearer | Agrupado        | Información del bearer por defecto                   |
| Zona Horaria UE    | Marca de Tiempo | Zona horaria del UE                                  |
| ULI                | Agrupado        | Información de Localización del Usuario (TAI, ECGI)  |
| Red de Servicio    | PLMN            | MCC/MNC de la red de servicio                        |

**Ejemplo:**

```
Solicitud de Creación de Sesión
├─ IMSI: 310260123456789
├─ MSISDN: 14155551234
├─ APN: internet
├─ Tipo de RAT: EUTRAN (6)
├─ Contexto de Bearer
│   └─ EBI: 5
│   └─ QoS de Bearer (QCI 9, ARP, tasas de bits)
│   └─ S5/S8 F-TEID (punto de final de túnel SGW-U)
└─ ULI
    └─ TAI: MCC 310, MNC 260, TAC 12345
    └─ ECGI: MCC 310, MNC 260, ECI 67890
```

## Respuesta de Creación de Sesión

**Dirección:** OmniPGW → SGW-C

**Propósito:** Reconocer la creación de la sesión

**IEs Clave:**

| Nombre de IE                | Tipo      | Descripción                                                                        |
|-----------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Causa                       | Resultado | Código de éxito o error                                                            |
| Contexto de Bearer          | Agrupado  | Información del bearer                                                             |
| Asignación de Dirección PDN | IP        | Dirección IP asignada al UE (ver <a href="#">Asignación de IP del UE</a> )         |
| Restricción de APN          | Enum      | Restricciones de uso de APN                                                        |
| PCO                         | Opciones  | Opciones de Configuración de Protocolo (ver <a href="#">Configuración de PCO</a> ) |

## Respuesta de Éxito:

```
Respuesta de Creación de Sesión
├─ Causa: Solicitud aceptada (16)
├─ Asignación de Dirección PDN
│   └─ IPv4: 100.64.1.42
├─ Contexto de Bearer
│   └─ EBI: 5
│   └─ Causa: Solicitud aceptada
│       └─ S5/S8 F-TEID (punto de final de túnel PGW-U desde PFCP)
├─ Restricción de APN: Público-1 (1)
└─ PCO
    ├── Servidor DNS: 8.8.8.8
    ├── Servidor DNS: 8.8.4.4
    └─ MTU de Enlace: 1400
```

## Solicitud de Eliminación de Sesión



**Dirección:** SGW-C → OmniPGW

**Propósito:** Terminar la conexión PDN

**IEs Clave:**

| Nombre de IE  | Descripción                   |
|---------------|-------------------------------|
| EBI           | ID de Bearer EPS a eliminar   |
| EBI Vinculado | Bearer relacionado (opcional) |

## Respuesta de Eliminación de Sesión

**Dirección:** OmniPGW → SGW-C

**Propósito:** Reconocer la eliminación de la sesión

**IEs Clave:**

| Nombre de IE | Descripción             |
|--------------|-------------------------|
| Causa        | Código de éxito o error |

## Gestión de Bearers

### Solicitud de Creación de Bearer

**Dirección:** OmniPGW → SGW-C

**Propósito:** Crear un bearer dedicado (iniciado por la política PCRF)

**Desencadenado por:**

- PCRF envía una nueva regla PCC que requiere un bearer dedicado
- OmniPGW solicita a SGW-C que establezca el bearer

### Solicitud de Eliminación de Bearer

**Dirección:** OmniPGW → SGW-C o SGW-C → OmniPGW

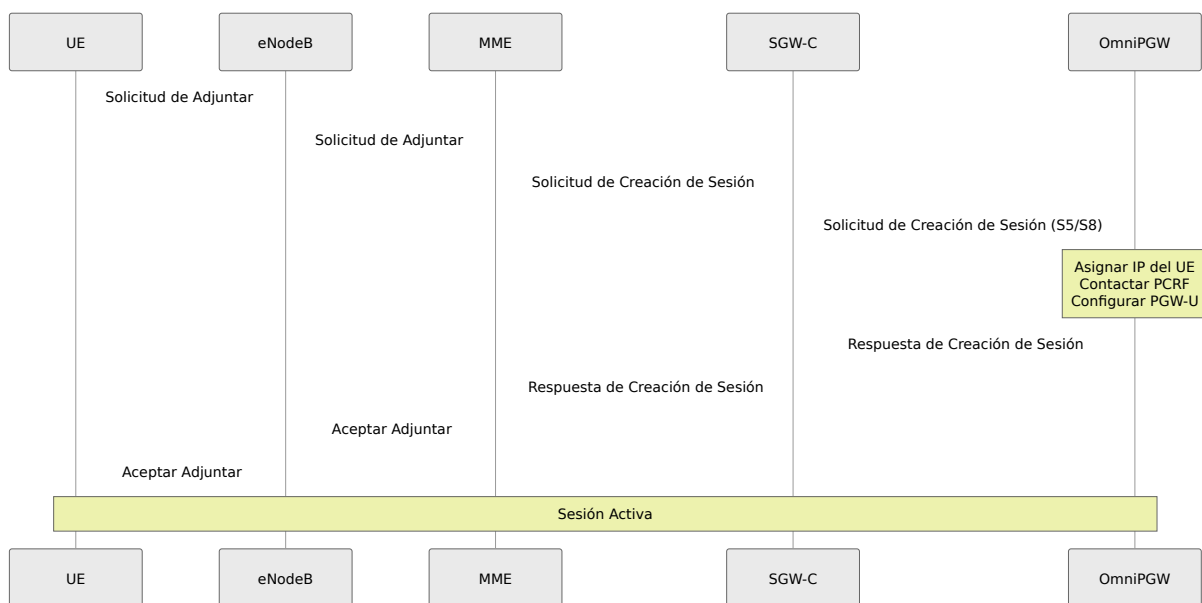
**Propósito:** Eliminar un bearer dedicado

**Escenarios:**

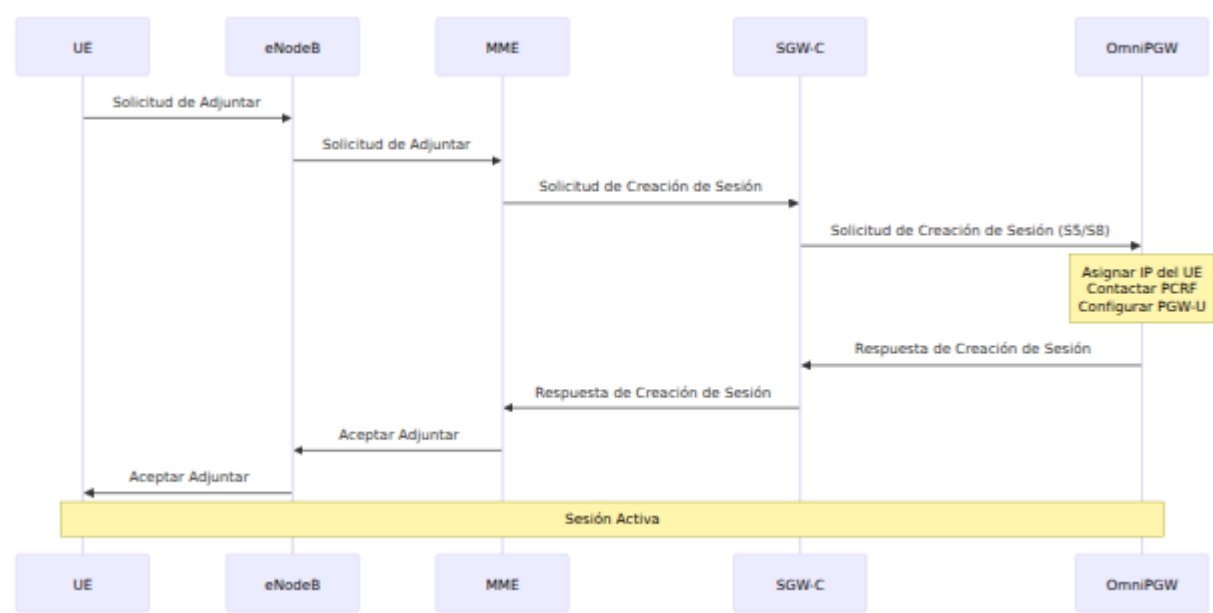
- **Iniciado por PGW:** Cambio de política PCRF elimina el bearer dedicado
- **Iniciado por SGW:** Liberación de recursos de radio

## Flujos de Mensajes

### Establecimiento de Sesión



# Terminación de Sesión



# Códigos de Causa

## Éxito

| Código | Nombre             | Descripción       |
|--------|--------------------|-------------------|
| 16     | Solicitud aceptada | Operación exitosa |

## Errores (Fallas Permanentes)

| Código | Nombre                      | Cuándo se Usa                          |
|--------|-----------------------------|----------------------------------------|
| 65     | Usuario Desconocido         | PCRF rechazado (IMSI no encontrado)    |
| 66     | No hay recursos disponibles | Grupo de IP agotado                    |
| 93     | Servicio no soportado       | APN inválido                           |
| 94     | Error semántico en TFT      | Plantilla de flujo de tráfico inválida |

## Errores (Fallas Transitorias)

| Código | Nombre                                     | Cuándo se Usa                  |
|--------|--------------------------------------------|--------------------------------|
| 72     | Par remoto no responde                     | Tiempo de espera de PCRF/PGW-U |
| 73     | Colisión con solicitud iniciada por la red | Operaciones simultáneas        |

---

# Monitoreo

## Métricas S5/S8

```
# Contadores de mensajes
s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}
s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"}

# Contadores de errores
s5s8_inbound_errors_total

# Latencia de manejo de mensajes
s5s8_inbound_handling_duration_bucket

# TEIDs activos
teid_registry_count
```

## Consultas Útiles

### Tasa de Creación de Sesiones:

```
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}[5m])
```

### Tasa de Errores:

```
rate(s5s8_inbound_errors_total[5m])
```

### Latencia (p95):

```
histogram_quantile(0.95,
rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="create_session_request"}[5m])
)
```

---

# Solución de Problemas

## Problema: Sin Respuesta de OmniPGW

### Síntomas:

- SGW-C envía Solicitud de Creación de Sesión
- No se recibe respuesta
- Tiempo de espera en SGW-C

### Causas:

1. Problema de conectividad de red
2. OmniPGW no está escuchando en la IP configurada
3. Firewall bloqueando UDP 2123
4. TEID incorrecto en la solicitud

### Depuración:

```
# Verificar que OmniPGW esté escuchando
netstat -ulnp | grep 2123

# Verificar paquetes entrantes
tcpdump -i any -n port 2123

# Verificar configuración
grep "local_ipv4_address" config/runtime.exs

# Verificar firewall
iptables -L -n | grep 2123
```

## Problema: Fallo en la Creación de Sesión

### Síntomas:

- Respuesta de Creación de Sesión con causa de error
- Sesión no establecida

## Causas Comunes:

Causa 65 (Usuario Desconocido):

- PCRF rechazó al suscriptor
- Verificar IMSI en HSS/SPR

Causa 66 (No hay recursos):

- Grupo de IP agotado
- Verificar: `curl http://pgw:9090/metrics | grep address_registry_count`
- Ampliar grupo de IP

Causa 72 (Par remoto no responde):

- Tiempo de espera de PCRF o PGW-U caído
- Verificar conectividad Gx
- Verificar asociación PFCP

## Problema: Colisión de TEID

### Síntomas:

- Mensaje enrutado a la sesión incorrecta
- Comportamiento inesperado

### Causa:

- TEID reutilizado antes de la limpieza
- Error en la asignación de TEID

### Resolución:

- Asegurar asignación única de TEID
  - Verificar registro de TEID en busca de fugas
-

# Mejores Prácticas

## Diseño de Red

### 1. Interfaz de Red Dedicada

- Usar VLAN separada para S5/S8
- Aislar del tráfico de gestión

### 2. Optimización de MTU

- Asegurar que MTU soporte encabezados GTP
- MTU mínima: 1500 bytes (1464 carga útil + 36 GTP)

### 3. Redundancia

- Múltiples instancias de OmniPGW
- Balanceo de carga basado en DNS desde SGW-C

## Rendimiento

### 1. Tamaños de Búfer UDP

- Aumentar búferes de socket para alta carga
- Típico: 4-8 MB por socket

### 2. Límites de Conexión

- Planificar para el número esperado de sesiones
- Monitorear conteo de registro de TEID

## Seguridad

### 1. Filtrado de IP

- Permitir solo GTP-C desde IPs SGW-C conocidas
- Usar iptables o ACLs de red



## 2. Validación de Mensajes

- OmniPGW valida todos los mensajes entrantes
  - Rechaza paquetes GTP-C mal formados
- 

# Documentación Relacionada

## Funciones Principales

- **Guía de Configuración** - Configuración de la interfaz S5/S8, configuración de IP local
- **Gestión de Sesiones** - Ciclo de vida de la sesión PDN, establecimiento de bearer
- **Asignación de IP del UE** - Entrega de dirección IP a través de Respuesta de Creación de Sesión
- **Configuración de PCO** - Parámetros de PCO en mensajes GTP-C

## Interfaces Relacionadas

- **Interfaz Gn/Gp** - GTP-C v1 para funcionalidad GGSN 2G/3G
- **Interfaz PFCP** - Coordinación del plano de usuario con el plano de control S5/S8
- **Interfaz Diameter Gx** - Integración de políticas con el establecimiento de bearer
- **Interfaz Diameter Gy** - Integración de carga con la gestión de bearer

## Operaciones

- **Guía de Monitoreo** - Métricas GTP-C S5/S8, seguimiento de mensajes
  - **Formato de CDR de Datos** - Generación de CDR a partir de sesiones GTP-C
- 

**Volver a la Guía de Operaciones**

---

## **Interfaz S5/S8 de OmniPGW** - *por Omnitouch Network Services*

# Guía de Gestión de Sesiones

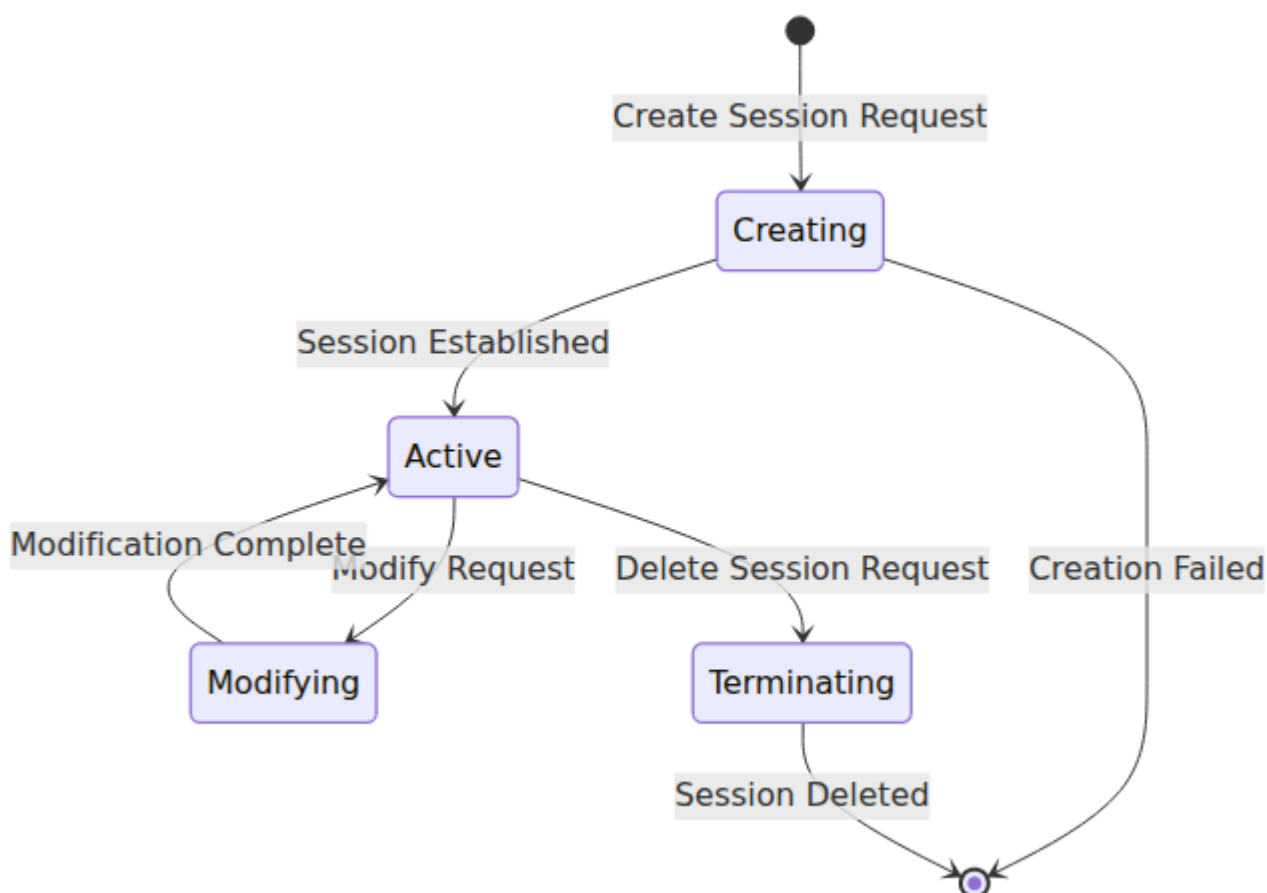
## Ciclo de Vida y Operaciones de Conexión PDN

*OmniPGW de Omnitouch Network Services*

---

## Descripción General

Una **Sesión PDN (Packet Data Network)** representa la conexión de datos de un UE a través de OmniPGW. Cada sesión coordina múltiples interfaces y recursos para habilitar la conectividad de datos.



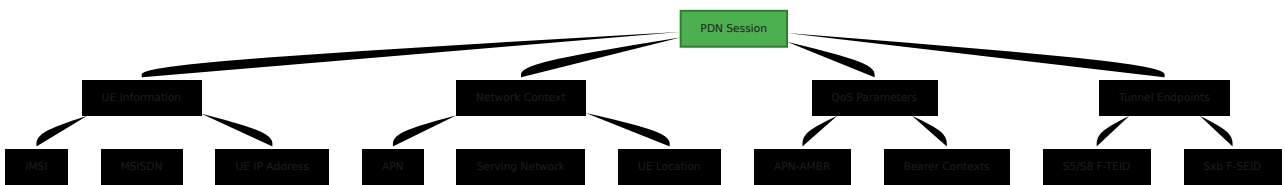
# Componentes de la Sesión

## Identificadores de Sesión

Cada sesión tiene múltiples identificadores para diferentes interfaces:

| Identificador | Interfaz      | Propósito                                     |
|---------------|---------------|-----------------------------------------------|
| TEID          | S5/S8 (GTP-C) | ID de Punto de Túnel para comunicación SGW-C  |
| SEID          | Sxb (PFCP)    | ID de Punto de Sesión para comunicación PGW-U |
| Session-ID    | Gx (Diameter) | Sesión Diameter para comunicación PCRF        |
| Charging-ID   | Contabilidad  | ID único para facturación/cobro               |

## Datos de la Sesión



## Creación de Sesiones

### Flujo de Llamadas



# Pasos

## 1. Recibir Solicitud de Creación de Sesión (S5/S8)

La creación de la sesión se inicia a través de señalización GTP-C en la interfaz S5/S8. Consulte [Interfaz S5/S8](#) para obtener detalles completos del protocolo GTP-C y formatos de mensajes.

### Entrada:

- IMSI, MSISDN, IMEI
- APN (por ejemplo, "internet")
- Tipo de RAT (EUTRAN)
- Ubicación del UE (TAI, ECGI)
- Contexto de Portadora (QoS, F-TEID)

## 2. Asignación de Recursos

- Asignar IP del UE del grupo de APN
- Generar ID de Cobro
- Generar Gx Session-ID
- Asignar S5/S8 TEID
- Seleccionar par PGW-U

## 3. Solicitud de Política (Gx)

Solicitar política al PCRF:

- Enviar CCR-Initial
- Recibir CCA-Initial con QoS y reglas PCC

## 4. Configuración del Plano de Usuario (PFCP)

Programar PGW-U con reglas de reenvío:

- Enviar Solicitud de Establecimiento de Sesión
- Incluir PDRs, FARs, QERs, BAR
- Recibir F-TEID para túnel S5/S8

## 5. Respuesta a SGW-C

Enviar Respuesta de Creación de Sesión:

- Dirección IP del UE
  - S5/S8 F-TEID (de PGW-U)
  - PCO (DNS, P-CSCF, MTU)
  - Contexto de Portadora
- 

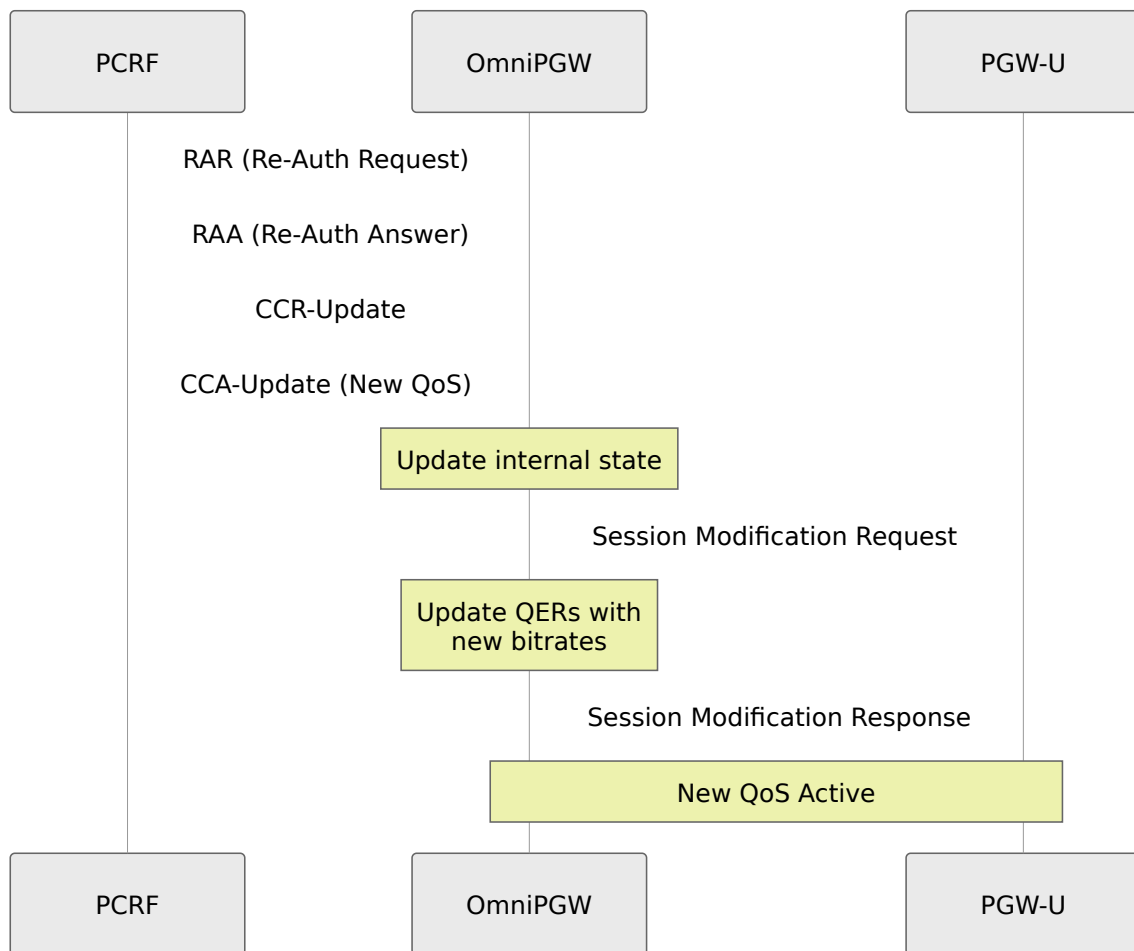
# Modificación de Sesiones

## Disparadores

Las sesiones pueden ser modificadas debido a:

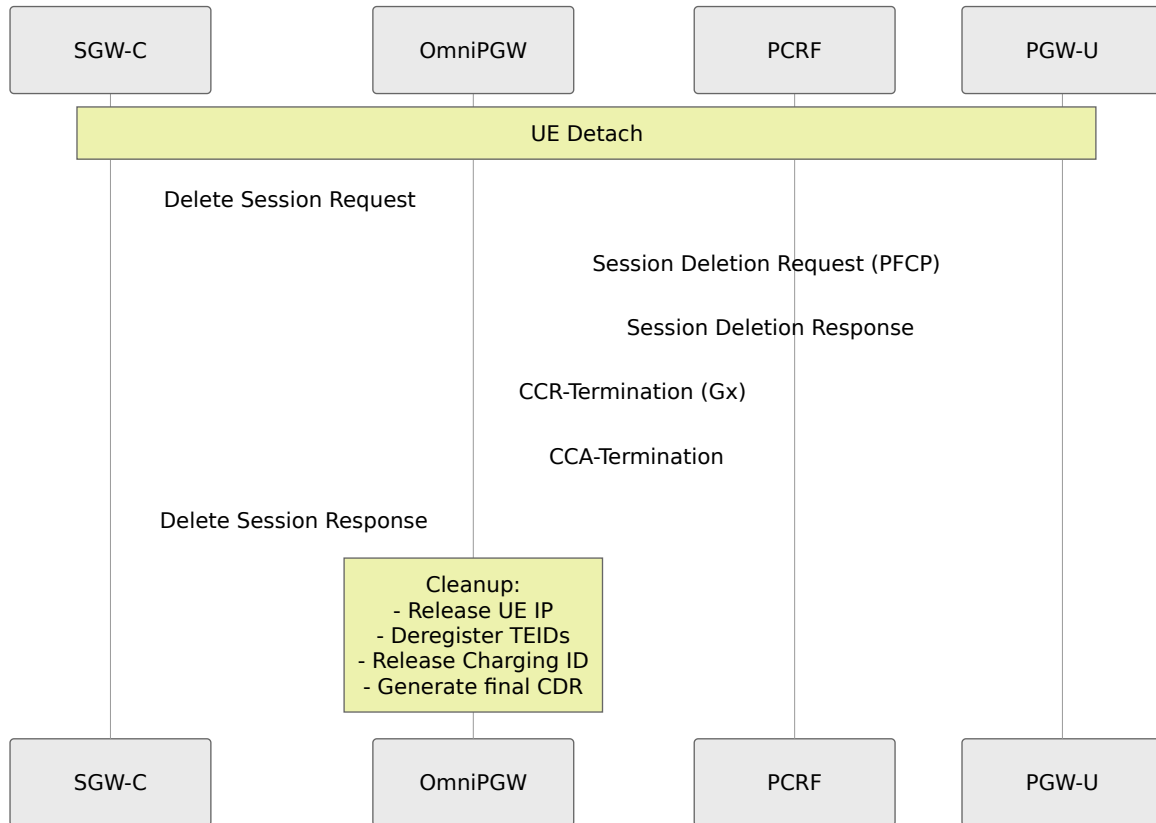
- **Cambios en QoS** - Actualizaciones de PCRF sobre tasas de bits
- **Operaciones de Portadora** - Agregar/quitar portadoras dedicadas
- **Transferencia** - Cambio de SGW
- **Actualizaciones de Política** - Nuevas reglas PCC del PCRF

# Flujo de Modificación de QoS



# Eliminación de Sesiones

## Flujo de Llamadas



## Proceso de Limpieza

### Recursos Liberados:

1. Dirección IP del UE → de vuelta al grupo
2. TEID → eliminado del registro
3. SEID → eliminado del registro
4. Session-ID → eliminado del registro
5. Charging-ID → liberado
6. Proceso de sesión terminado

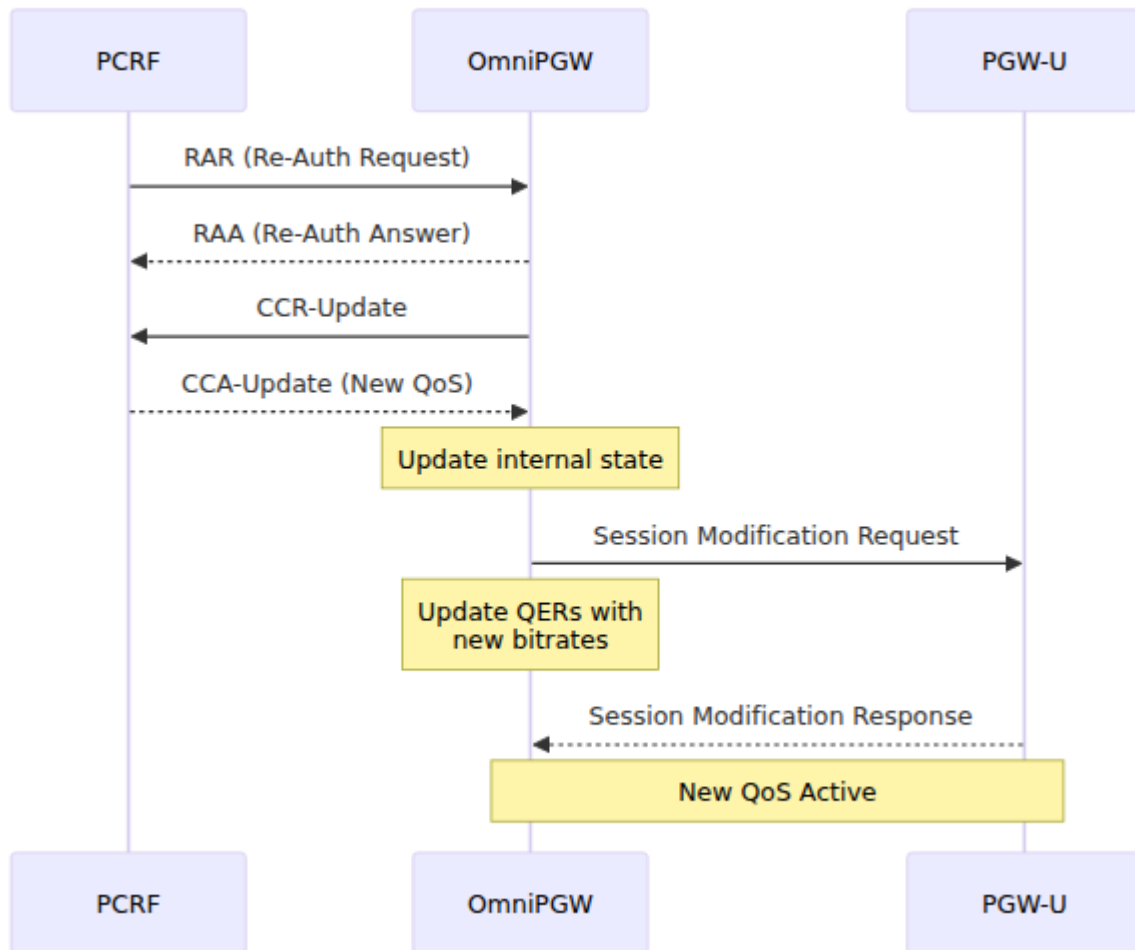
### Registros de Facturación Generados:

- CDR final (Registro de Datos de Cobro) escrito para facturación offline - Consulte [Formato de CDR de Datos](#)



# Estado de la Sesión

## Máquina de Estados



## Seguimiento de Sesiones

Búsquedas en el Registro:

By TEID (S5/S8):

TEID 0x12345678 → Session PID

By SEID (Sxb):

SEID 0xABCDEF → Session PID

By Session-ID (Gx):

"pgw.example.com;123;456" → Session PID

By UE IP:

100.64.1.42 → Session PID

By IMSI + EBI:

"310260123456789" + EBI 5 → Session PID

---

# Monitoreo de Sesiones

## Conteo de Sesiones Activas

```
# Total active sessions
```

```
teid_registry_count
```

```
# PFCP sessions
```

```
seid_registry_count
```

```
# Gx sessions
```

```
session_id_registry_count
```

# Métricas de Sesiones

```
# Session creation rate
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}[5m])

# Session deletion rate
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"}[5m])

# Session creation latency (p95)
histogram_quantile(0.95,
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="create_session_request"}[5m])
)
```

## Problemas Comunes

### Fallos en la Creación de Sesiones

#### Causas:

1. **Grupo de IPs Agotado** - No hay IPs disponibles
2. **PCRF Inalcanzable** - Tiempo de espera Gx
3. **PGW-U Caído** - No hay par PFCP disponible
4. **Rechazo del PCRF** - Usuario desconocido, no autorizado

#### Depuración:

```
# Check IP pool
curl http://pgw:9090/metrics | grep address_registry_count

# Check PCRF connectivity
# Check for Gx errors in logs

# Check PGW-U association
# Verify PFCP peer status
```

# Sesión Atascada/Obsoleta

## Síntomas:

- Sesión no eliminada correctamente
- Recursos no liberados
- Registros muestran un conteo más alto de lo esperado

## Causas:

1. Solicitud de Eliminación de Sesión no recibida
2. Proceso de sesión falló sin limpieza
3. Fuga en el registro

## Resolución:

```
# Restart OmniPGW (releases all sessions)
# Implement session timeout mechanism
```

# UE No Puede Establecer Sesión

## Síntomas:

- Fallo en el adjunto del UE
- Respuesta de Creación de Sesión con causa de error

## Causas Comunes y Respuestas:

| Valor de Causa              | Significado                                  | Acción                  |
|-----------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|
| Usuario Desconocido         | PCRF rechazado (IMSI no en la base de datos) | Provisionar suscriptor  |
| No Hay Recursos Disponibles | Grupo de IP agotado                          | Ampliar grupo de IP     |
| Par Remoto No Responde      | Tiempo de espera PCRF/PGW-U                  | Verificar conectividad  |
| Servicio No Soportado       | APN inválido                                 | Configurar grupo de APN |

## Mejores Prácticas

### Límites de Sesión

#### Configurar capacidad apropiada:

Usuarios concurrentes esperados: 10,000  
 Sobrecarga de sesión por usuario: ~10KB RAM  
 RAM total para sesiones: ~100MB

Configuraciones de Erlang VM:

- Máx. procesos: 262,144 (predeterminado)
- Tamaño del heap de procesos: Ajustar según carga

### Limpieza de Sesiones

#### Asegurar limpieza adecuada:

1. Siempre responder a Solicitudes de Eliminación de Sesiones
2. Implementar tiempo de espera para sesiones obsoletas

3. Monitorear conteos de registro para fugas

## Alta Disponibilidad

### Redundancia de Sesiones:

- Usar diseño sin estado (sesiones vinculadas a la instancia)
  - Implementar base de datos de sesiones para HA (futuro)
  - DNS/balancer de carga para conmutación por error
- 

## Elementos de Datos de Sesión

### ¿Qué Información Almacena una Sesión?

Cada sesión PDN activa mantiene la siguiente información:

#### Identificación del UE:

- IMSI: "310260123456789" (identidad del suscriptor)
- MSISDN: "14155551234" (número de teléfono)
- MEI/IMEI: Identificador del dispositivo

#### Detalles de la Conexión PDN:

- APN: "internet" (nombre de la red)
- Dirección IP del UE: 100.64.1.42 (IP asignada)
- Tipo de PDN: IPv4, IPv6 o IPv4v6

#### Identificadores de Sesión:

- ID de Cobro: Identificador único de facturación
- EBI de Portadora Predeterminada: Identificador de Portadora EPS (típicamente 5)

#### Parámetros de QoS:

- APN-AMBR: Tasa Máxima de Bits Agregada
  - Enlace Ascendente: 100 Mbps
  - Enlace Descendente: 50 Mbps

### **Reglas de Reenvío:**

- PDRs (Reglas de Detección de Paquetes): Coincidir paquetes
- FARs (Reglas de Acción de Reenvío): Acciones de reenvío/caída
- QERs (Reglas de Aplicación de QoS): Limitación de tasa
- BAR (Regla de Acción de Buffering): Buffering de enlace descendente

### **Contexto de la Interfaz:**

- Estado S5/S8: TEIDs locales/remotos, dirección SGW-C
  - Estado Sxb: SEIDs locales/remotos, dirección PGW-U
  - Estado Gx: Session-ID Diameter, contador de solicitudes
- 

## **Interfaz Web - Monitoreo de Sesiones en Vivo**

OmniPGW incluye una **Interfaz Web** en tiempo real para monitorear sesiones activas sin necesidad de consultar métricas o registros.

### **Búsqueda de UE y Profundización**

**Acceso:** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/ue_search`

**Propósito:** Buscar sesiones específicas de UE y ver información detallada

**Características:**

**1. Funcionalidad de Búsqueda** Buscar sesiones por:

- **IMSI** (por ejemplo, "310170123456789")
- **MSISDN** (número de teléfono)
- **Dirección IP** (por ejemplo, "100.64.1.42")

**2. Opciones de Búsqueda**

- Selector desplegable para elegir tipo de búsqueda
- Búsqueda en tiempo real con resultados instantáneos
- Interfaz clara con sugerencias de búsqueda

**3. Resultados de Profundización** Una vez encontrado, muestra información completa de la sesión:

**a) Sesiones Activas**

- Todas las sesiones activas para este suscriptor
- IMSI, MSISDN, Dirección IP del UE



- APN, Tipo de RAT
- PGW TEID, SGW TEID

**b) Ubicación Actual** Datos de ubicación en tiempo real de la sesión:

- **TAC** (Código de Área de Seguimiento) - Área de seguimiento donde se encuentra el UE
- **ID de Celda (ECI)** - Identificador de Celda E-UTRAN
- **ECGI** - Identificador Global de Celda E-UTRAN (PLMN + ECI)
- **MCC/MNC** - Código de País Móvil / Código de Red Móvil

**Integración de Base de Datos de Torres de Celular:** Si se configura la base de datos OpenCellID, la interfaz muestra:

- Coordenadas geográficas de la torre celular (latitud/longitud)
- Mapa de Google incrustado que muestra la ubicación exacta de la torre
- Mapa visual del último sitio celular conocido del UE

Consulte [Configuración de la Base de Datos de Torres de Celular](#) a continuación para obtener instrucciones de configuración.

**c) Información de Portadora** Listado detallado de portadoras con parámetros de QoS:

*Portadora Predeterminada:*

- EBI (Identificador de Portadora EPS)
- QCI (Identificador de Clase de QoS)
- Nombre de Regla de Cobro
- APN-AMBR (enlace ascendente/descendente)

*Portadoras Dedicadas (si están activas):*

- EBI, QCI, Nombre de Regla de Cobro
- MBR UL/DL (Tasa Máxima de Bits)
- GBR UL/DL (Tasa Garantizada de Bits)

**d) Información de Cobro** (Interfaz Gy)

- ID de Sesión Gy
- Cuota Concedida, Cuota Usada
- Características de Cobro

#### **e) Información de Política** (Interfaz Gx)

- ID de Sesión Gx
- Host de Origen/Destino PCRF
- Número de Solicitud CC
- Reglas de Cobro Instaladas (reglas PCC de las portadoras)

#### **f) Eventos Recientes**

- Historial de eventos para este suscriptor
- Eventos de creación/actualización/eliminación de sesiones

#### **Casos de Uso:**

- Solucionar problemas específicos de suscriptores
- Verificar el establecimiento de la sesión
- Comprobar la dirección IP asignada
- Inspeccionar parámetros de sesión

# Página de Sesiones PGW

**Acceso:** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/pgw_sessions`

**Propósito:** Vista en tiempo real de todas las sesiones PDN activas

## Características:

### 1. Resumen de Sesiones

- Conteo de sesiones en vivo (se actualiza cada 2 segundos)
- Vista en cuadrícula de todas las sesiones activas
- No se necesita refrescar - se actualiza automáticamente

### 2. Información Rápida de Sesiones Visible para cada sesión:

- **IMSI** - Identidad del suscriptor
- **UE IP** - Dirección IP asignada
- **SGW TEID** - ID de túnel S5/S8 de SGW
- **PGW TEID** - ID de túnel S5/S8 de OmniPGW
- **APN** - Nombre del Punto de Acceso

### 3. Funcionalidad de Búsqueda Buscar sesiones por:

- IMSI (por ejemplo, "310260")
- Dirección IP del UE (por ejemplo, "100.64")
- MSISDN / número de teléfono
- Nombre de APN

**4. Detalles Expandibles** Haga clic en cualquier fila de sesión para ver detalles completos:

- Información completa del suscriptor (IMSI, MSISDN, IMEI)
- Contexto de red (tipo de RAT, red de servicio MCC/MNC)
- Parámetros de QoS (AMBR en enlace ascendente/descendente en formato legible)
- Identificadores de túnel (ambos TEIDs en formato hexadecimal)
- ID de proceso para depuración
- Estado completo de la sesión (estructura de datos en bruto)

## Vista de Topología de Red

**Acceso:** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/topology`

**Propósito:** Representación visual de conexiones de red y sesiones activas

**Características:**

**1. Visualización de Topología**

- Gráfico visual de elementos de red
- Muestra el nodo PGW-C (Plano de Control)
- Pares de HSS (Servidor de Suscriptores Locales) conectados
- Visualización del conteo de sesiones activas

**2. Elementos Interactivos**

- Controles de zoom (+/-)
- Botón de centrar vista
- Hacer clic en nodos para detalles
- Muestra el estado de conexión (verde = activo, rojo = caído)

**3. Conteo de Sesiones**

- Contador de sesiones activas en tiempo real
- Se actualiza automáticamente
- Indicación visual de carga

## Casos de Uso:

- Comprender la arquitectura de la red de un vistazo
- Verificar conexiones de pares
- Monitorear cambios en la topología
- Verificación rápida de la salud de la red

# Historial de Sesiones y Registro de Auditoría

**Acceso:** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/session_history`

**Propósito:** Rastrear eventos históricos de sesiones y registro de auditoría

## Características:

### 1. Filtrado de Eventos

- Filtrar por tipo de evento (Todos los Eventos, Sesión Creada, Sesión Eliminada, etc.)
- Selección de rango de fechas (Desde Fecha / Hasta Fecha)
- Búsqueda por IMSI, MSISDN, dirección IP o TEID

### 2. Funcionalidad de Exportación

- Exportar a CSV para análisis
- Incluye todos los resultados filtrados
- Útil para cumplimiento y reportes

### **3. Tipos de Eventos Rastreados**

- Eventos de creación de sesiones
- Eventos de eliminación de sesiones
- Eventos de modificación
- Eventos de error

#### **Casos de Uso:**

- Registro de auditoría para cumplimiento
- Análisis histórico de sesiones
- Solucionar problemas de eventos pasados
- Generar informes de uso
- Rastrear patrones de sesión a lo largo del tiempo

## **Casos de Uso Operacionales**

#### **Verificación de Sesiones:**

1. El usuario informa un problema de conectividad
2. Buscar en la Interfaz Web por IMSI o número de teléfono
3. Verificar que la sesión exista y que el UE tenga dirección IP
4. Comprobar que los valores de QoS coincidan con el plan del suscriptor
5. Verificar que los puntos finales de túnel estén establecidos

#### **Monitoreo de Capacidad:**

- Echar un vistazo al conteo de sesiones activas
- Comparar con la capacidad licenciada
- Identificar patrones de uso por APN

#### **Solución de Problemas:**

- Encontrar sesión específica por cualquier identificador
- Inspeccionar el estado completo de la sesión sin SSH/IEx
- Verificar que los TEIDs de SGW y PGW coincidan entre sistemas
- Comprobar los valores de AMBR aplicados desde PCRF

### **Ventajas sobre Métricas:**

- Ver detalles de sesiones individuales (las métricas muestran agregados)
  - Capacidades de búsqueda y filtrado
  - Formato legible para humanos (ancho de banda en Mbps, no bps)
  - Inspección del estado en tiempo real
  - No se requiere acceso a la línea de comandos
- 

## **Configuración de la Base de Datos de Torres de Celular**

OmniPGW puede integrarse con la base de datos OpenCellID para mostrar ubicaciones de torres de celular en la interfaz de Búsqueda de UE. Esta característica permite la visualización geográfica de dónde se encuentran los suscriptores según su sitio celular de servicio.

### **Descripción General**

Cuando se configura, la interfaz de Búsqueda de UE:

- Muestra coordenadas de torres celulares (latitud/longitud)
- Muestra una vista incrustada de Google Maps de la ubicación de la torre
- Proporciona confirmación visual de la ubicación del suscriptor
- Ayuda a solucionar problemas de enrutamiento basados en la ubicación

### **Configuración**

Acceda a la página de Torres de Celular en `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/cell_towers` y haga clic en el botón **"Volver a Descargar Base de**



**Datos".** Esto activa un proceso automático de descarga e importación en segundo plano.

### **Características:**

- Descarga datos frescos de OpenCellID.org
- Extrae e importa automáticamente en SQLite
- Se ejecuta en segundo plano (toma de 10 a 15 minutos)
- Muestra notificaciones de progreso a través de la interfaz web
- Seguro: solo elimina la base de datos antigua después de confirmar que la nueva descarga se ha completado con éxito

**Configuración Inicial:** Cuando acceda por primera vez a la página de Torres de Celular, mostrará instrucciones de configuración con el botón "Volver a Descargar Base de Datos". Simplemente haga clic en él para inicializar la base de datos.

## **Información de la Base de Datos**

### **Ubicación de la Base de Datos:**

- DB SQLite: `priv/cell_towers.db`
- Descarga CSV (temporal): `priv/data/cell_towers.csv.gz`
- Índices: Creado automáticamente en MCC, MNC, LAC, CellID para búsquedas rápidas

### **Tamaño de la Base de Datos:**

- ~107 MB de descarga comprimida desde OpenCellID.org
- Tiempo de importación: 10-15 minutos dependiendo del hardware

### **Rendimiento de Búsqueda:**

- Las búsquedas de torres celulares están indexadas y son muy rápidas (<1ms)
- Sin impacto en el rendimiento de establecimiento de sesiones
- Las búsquedas ocurren solo al ver los resultados de Búsqueda de UE

# Características Habilitadas

Después de la configuración, las siguientes características se vuelven disponibles:

## Página de Búsqueda de UE:

- La sección de Ubicación Actual muestra coordenadas de torres celulares
- Mapa de Google incrustado que muestra la ubicación de la torre
- Representación visual del último sitio celular conocido del suscriptor

## Interfaz Web de Torres de Celular:

- Ver estadísticas de la base de datos (total de registros, tamaño de la base de datos, fecha de creación)
- **Botón Volver a Descargar Base de Datos** - Actualización con un clic a los últimos datos de OpenCellID
- Navegar por la base de datos de torres de celular
- Buscar por MCC, MNC, LAC, ID de Celda
- Ver distribución geográfica de torres
- Ver instrucciones de configuración si la base de datos aún no está configurada

## Beneficios Operacionales:

- Identificar rápidamente la ubicación geográfica del suscriptor
- Verificar escenarios de roaming
- Solucionar problemas relacionados con la ubicación
- Apoyar los requisitos de ubicación de servicios de emergencia

# Actualización de la Base de Datos

La base de datos OpenCellID es mantenida por la comunidad y se actualiza regularmente.

## Para refrescar su base de datos local:

1. Navegue a `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/cell_towers`

2. Haga clic en el botón "**Volver a Descargar Base de Datos**"
3. Confirme la acción en el cuadro de diálogo emergente
4. Espere de 10 a 15 minutos para que se complete la descarga/importación en segundo plano
5. Actualice la página para ver estadísticas actualizadas

**Frecuencia de Actualización Recomendada:** Mensual o trimestral

**Nota:** OpenCellID puede limitar la tasa de descargas. Si ha descargado recientemente, espere unas horas antes de intentar nuevamente.

## Solución de Problemas

### Fallas en la Descarga:

- Verifique la conectividad a Internet con OpenCellID.org
- Verifique que el firewall permita descargas HTTPS
- Verifique el espacio en disco (se requieren ~200 MB de espacio libre)
- Verifique los registros de la aplicación para mensajes de error específicos
- OpenCellID puede estar limitando la tasa - espere unas horas y vuelva a intentarlo
- Verifique que la interfaz web muestre el mensaje de error de la tarea en segundo plano

### Errores de Escritura en la Base de Datos:

- Verifique los permisos de escritura en la base de datos en el directorio `priv/`
- Asegúrese de tener suficiente espacio en disco (~150 MB para la base de datos)
- Verifique que la aplicación tenga permiso para crear/eliminar archivos en `priv/`

### Torre de Celular No Encontrada:

- La base de datos puede no tener cobertura para todos los sitios celulares
- OpenCellID es contribuido por la comunidad y puede tener lagunas

- Los datos de torres celulares pueden estar desactualizados para sitios recién desplegados

### Mapa No Mostrando:

- Verifique la consola de JavaScript del navegador para errores
  - Verifique los permisos de incrustación de Google Maps
  - Verifique si las coordenadas de la torre celular son válidas
- 

## Documentación Relacionada

### Funciones Básicas de Sesión

- **Interfaz PFCP** - Establecimiento de sesión del plano de usuario, PDRs, FARs, QERs, URRs
- **Asignación de IP del UE** - Asignación de dirección IP, gestión del grupo de APN
- **Configuración de PCO** - Parámetros DNS, P-CSCF, MTU entregados al UE
- **Guía de Configuración** - Selección de UPF, flujos de establecimiento de sesiones

### Política y Cobro

- **Interfaz Diameter Gx** - Control de política PCRF, reglas PCC, gestión de QoS
- **Interfaz Diameter Gy** - Cobro en línea OCS, seguimiento de cuotas
- **Formato de CDR de Datos** - Generación de registros de cobro offline

### Interfaces de Red

- **Interfaz S5/S8** - Protocolo GTP-C, comunicación SGW-C
- **Gestión de QoS y Portadoras** - Aplicación de QoS de portadoras

# Operaciones

- **Guía de Monitoreo** - Métricas de sesión, seguimiento de sesiones activas, alertas
  - **Monitoreo de P-CSCF** - Monitoreo de sesiones IMS
- 

**Volver a la Guía de Operaciones**

---

**Gestión de Sesiones OmniPGW** - *por Omnitouch Network Services*

# Guía de Solución de Problemas de OmniPGW

## Procedimientos de Solución de Problemas y Problemas Comunes

*por Omnitouch Network Services*

---

## Tabla de Contenidos

1. Descripción General
  2. Herramientas de Solución de Problemas
  3. Problemas de Establecimiento de Sesión
  4. Problemas de PFCP / Plano de Usuario
  5. Problemas de Diámetro (Gx/Gy)
  6. Problemas de Asignación de IP
  7. Referencia Rápida
- 

## Descripción General

Esta guía proporciona procedimientos de solución de problemas paso a paso para problemas operativos comunes de OmniPGW. Cada problema incluye:

- **Síntoma:** Lo que observarás
- **Causas Probables:** Causas raíz comunes
- **Diagnóstico:** Cómo confirmar la causa
- **Resolución:** Solución paso a paso
- **Prevención:** Cómo evitar la recurrencia

## Documentación Relacionada

- **Guía de Monitoreo** - Métricas de Prometheus, alertas, monitoreo de rendimiento
  - **Guía de Configuración** - Referencia de configuración del sistema
- 

# Herramientas de Solución de Problemas

## Interfaz Web

**Acceso:** `http://<omnipgw_ip>:4000`

### Páginas Clave:

- **/pgw\_sessions** - Visor de sesiones en tiempo real (buscar por IMSI, IP, MSISDN, APN)
- **/diameter** - Estado del par de Diámetro (Gx PCRF, Gy OCS)
- **/pfcp\_peers** - Estado del par de PFCP (conectividad PGW-U)
- **/logs** - Transmisión de registros en tiempo real con filtrado

## Métricas de Prometheus

**Acceso:** `http://<omnipgw_ip>:9090/metrics`

### Métricas Clave:

- `teid_registry_count` - Sesiones activas
- `address_registry_count` - IPs de UE asignadas
- `sxb_inbound_errors_total` - Errores de PFCP
- `gx_inbound_errors_total` - Errores de Diámetro Gx
- `gy_inbound_errors_total` - Errores de Diámetro Gy

Consulta la **Guía de Monitoreo** para la referencia completa de métricas.

# Análisis de Registros

**Interfaz Web:** Accede a la página **/logs** y utiliza filtros de búsqueda

## Filtros de Registro Comunes:

- "create\_session\_request" - Establecimiento de sesión
  - "Credit Control" - Interacciones Gx/Gy
  - "PFCP Session" - Programación del plano de usuario
  - "error" o "ERROR" - Mensajes de error
  - "timeout" - Problemas de tiempo de espera
- 

# Problemas de Establecimiento de Sesión

## Problema: Solicitud de Crear Sesión Rechazada con "No Hay Recursos Disponibles"

### Síntoma:

- SGW-C recibe Respuesta de Crear Sesión con causa "No hay recursos disponibles" (73)
- Todos los intentos de nueva sesión fallan
- Las sesiones existentes continúan funcionando
- Registros: [PGW-C] Solicitud de Crear Sesión bloqueada - licencia inválida



*Captura de Wireshark mostrando Respuesta de Crear Sesión con causa "No hay recursos disponibles"*

### **Causa Probable:**

- Licencia de OmniPGW inválida o expirada
- Servidor de licencias inalcanzable

### **Diagnóstico:**

#### **1. Verifica la métrica de licencia:**

```
license_status
```

- Un valor de 0 indica licencia inválida

#### **2. Verifica los registros en busca de advertencias de licencia:**

- Busca "license" o "License"
- Busca mensajes "Unable to contact license server"

#### **3. Verifica la conectividad del servidor de licencias:**

- Verifica la URL configurada en `config/runtime.exs` bajo `:license_client`

- Predeterminado: `https://localhost:10443/api`

## Resolución:

### 1. Verifica que el servidor de licencias sea alcanzable:

```
curl -k https://<license_server_ip>:10443/api/status
```

### 2. Verifica la configuración de licencia en `config/runtime.exs`:

```
config :license_client,  
  license_server_api_urls:  
  ["https://<license_server_ip>:10443/api"],  
  licensee: "Your Company Name"
```

### 3. Verifica que el producto esté licenciado:

- Nombre del producto: `omnipgwc`
- Contacta a Omnitouch para verificar el estado de la licencia

### 4. Reinicia OmniPGW después de los cambios de configuración

## Prevención:

- Monitorea la métrica `license_status` con alertas críticas
- Asegura alta disponibilidad del servidor de licencias
- Configura alertas de expiración de licencia antes de la expiración

---

## Problema: Solicitud de Crear Sesión Rechazada (Otras Causas)

### Síntoma:

- SGW-C recibe Respuesta de Crear Sesión con causa de error
- Los usuarios no pueden establecer conexiones PDN
- Métrica: `s5s8_inbound_errors_total` en aumento

## Causas Probables:

1. Pool de IP agotado
2. PCRF (Gx) inalcanzable o rechazando políticas
3. PGW-U (PFCP) no disponible
4. Configuración de APN inválida

## Diagnóstico:

### 1. Verifica la utilización del pool de IP:

```
address_registry_count
```

- Si es igual al tamaño del pool configurado, el pool está agotado

### 2. Verifica la conectividad del PCRF:

- Interfaz Web → página **/diameter**
- Busca el estado del par PCRF = "desconectado"
- Registros: Busca "Credit Control Answer" para errores

### 3. Verifica el estado del par PFCP:

- Interfaz Web → página **/pfcpeers**
- Busca "Association: DOWN"
- Métrica: `pfcpeers_associated` = 0

### 4. Verifica la configuración de APN:

- Revisa `config/runtime.exs` bajo `ue.apn_map`
- Verifica que el APN solicitado exista en la configuración

## Resolución:

### Para el Agotamiento del Pool de IP:

1. Identifica sesiones obsoletas: Interfaz Web → **/pgw\_sessions**, busca sesiones antiguas
2. Expande el pool de IP en `config/runtime.exs`:

```
config :pgw_c,  
  ue: %{  
    subnet_map: %{  
      "internet" => "10.0.0.0/23" # Cambiado de /24 a /23  
      (duplica la capacidad)  
    }  
  }  
}
```

3. Reinicia OmniPGW

4. Verifica: `curl http://<ip>:9090/metrics | grep  
address_registry_count`

### Para Problemas de Conectividad del PCRF:

1. Verifica la conectividad de red: `ping <pcrf_ip>`
2. Verifica el servicio de Diámetro del PCRF: `telnet <pcrf_ip> 3868`
3. Verifica la configuración del par de Diámetro en `config/runtime.exs`
4. Reinicia OmniPGW si se cambió la configuración
5. Verifica a través de la Interfaz Web → **/diameter** (el par debería mostrar "conectado")

### Para Problemas de PFCP:

- Consulta la sección [Problemas de PFCP / Plano de Usuario](#)

### Prevención:

- Monitorea la utilización del pool de IP con alertas al 80%
- Monitorea la conectividad del PCRF con alertas de pares de Diámetro
- Implementa limpieza de sesiones para sesiones inactivas

---

## Problema: Sesiones Atascadas en Estado Intermedio

### Síntoma:

- La sesión aparece en la Interfaz Web pero está incompleta

- Las métricas muestran un aumento en el conteo de sesiones pero sin tráfico de usuario
- La Solicitud de Eliminación de Sesión falla o se agota

### **Causas Probables:**

1. El Establecimiento de la Sesión PFCP falló pero se creó la sesión S5/S8
2. El CCR-Initial del PCRF se agotó
3. La Solicitud de Crear Portadora (portadora dedicada) falló
4. Disrupción de la red durante la configuración de la sesión

### **Diagnóstico:**

#### **1. Busca la sesión en la Interfaz Web:**

- **/pgw\_sessions** → Busca por IMSI
- Verifica si `pfcp_seid` está presente (si falta, PFCP falló)
- Verifica si `gx_session_id` está presente (si falta, Gx falló)

#### **2. Verifica los registros para el IMSI:**

- Filtra los registros por IMSI
- Busca "Solicitud de Establecimiento de Sesión" (PFCP)
- Busca "Solicitud de Control de Crédito" (Gx)
- Busca mensajes de tiempo de espera o error

#### **3. Verifica las métricas:**

```
# Sesiones con TEID pero sin sesión PFCP
teid_registry_count - seid_registry_count

# Sesiones con TEID pero sin sesión Gx
teid_registry_count - session_id_registry_count
```

### **Resolución:**

#### **1. Para fallos en el establecimiento de PFCP:**

- Verifica la salud y los registros del PGW-U

- Verifica la asociación PFCP: Interfaz Web → **/pfcpeers**
- Envía la Solicitud de Eliminación de Sesión desde SGW-C para limpiar

## 2. Para problemas de tiempo de espera de Gx:

- Verifica la latencia del PCRF: `histogram_quantile(0.95, rate(gx_outbound_transaction_duration_bucket[5m]))`
- Aumenta el tiempo de espera de Gx en `config/runtime.exs` si es necesario
- Envía la Solicitud de Eliminación de Sesión para limpiar

## 3. Limpieza manual (último recurso):

- Actualmente requiere reiniciar OmniPGW para borrar sesiones atascadas
- Monitorea `teid_registry_count` antes/después del reinicio para confirmar la limpieza

### Prevención:

- Monitorea las métricas de latencia de PFCP y Gx
- Implementa tiempo de espera/limpieza de sesiones para sesiones incompletas
- Alerta sobre desajustes en el conteo de registros

---

# Problemas de PFCP / Plano de Usuario

## Problema: Asociación PFCP Caída

### Síntoma:

- Interfaz Web → **/pfcpeers** muestra "Asociación: DOWN"
- Todos los nuevos establecimientos de sesión fallan
- Métrica: `pfcpeer_associated` = 0

- Registros: "Tiempo de espera de latido de PFCP" o "Configuración de Asociación fallida"

### Causas Probables:

1. PGW-U inalcanzable (problema de red)
2. PGW-U falló o se reinició
3. Desajuste en la configuración de PFCP (IP, puerto)
4. Firewall bloqueando UDP 8805

### Diagnóstico:

#### 1. Verifica la conectividad de red:

```
ping <pgw_u_ip>  
nc -u -v <pgw_u_ip> 8805
```

#### 2. Verifica la configuración de PFCP:

- Revisa `config/runtime.exs` bajo `upf.peer_list`
- Verifica que la dirección IP y el ID del nodo coincidan con la configuración del PGW-U

#### 3. Verifica el estado del PGW-U:

- Accede a los registros del PGW-U
- Verifica que el PGW-U esté en funcionamiento: `systemctl status omnipgw_u` (o equivalente)

#### 4. Verifica las métricas:

```
# Fallos de latido  
pfcpc_consecutive_heartbeat_failures  
  
# Tasa de error de PFCP  
rate(sxb_inbound_errors_total[5m])
```

### Resolución:

### 1. Para problemas de red:

- Verifica el enrutamiento: `traceroute <pgw_u_ip>`
- Verifica las reglas del firewall: Asegúrate de que UDP 8805 esté permitido
- Verifica grupos de seguridad (si es implementación en la nube)

### 2. Para fallos del PGW-U:

- Reinicia el servicio PGW-U
- Espera 30 segundos para la re-establecimiento de la asociación
- Verifica a través de la Interfaz Web → **/pfcg\_peers** (debería mostrar "Asociación: UP")

### 3. Para problemas de configuración:

- Corrige la configuración del par PFCP en `config/runtime.exs`
- Reinicia OmniPGW
- Verifica que la asociación se haya establecido

### Prevención:

- Monitorea la métrica `pfcg_peer_associated` con alertas críticas
- Monitorea `pfcg_consecutive_heartbeat_failures` (alerta si > 2)
- Implementa instancias redundantes de PGW-U
- Habilita el mantenimiento/latido de PFCP (debería ser predeterminado)

---

## Problema: Fallos en la Modificación de Sesión PFCP

### Síntoma:

- La creación de portadora dedicada falla
- Las actualizaciones de políticas de QoS (desde PCRF RAR) fallan
- Registros: "Solicitud de Modificación de Sesión fallida"
- Métrica:

`sxb_inbound_errors_total{message_type="session_modification_respon`



se"} en aumento

## **Causas Probables:**

1. Reglas PFCP inválidas (referencias PDR/FAR/QER)
2. Agotamiento de recursos del PGW-U
3. Conflictos de ID de regla
4. Error de software del PGW-U

## **Diagnóstico:**

### **1. Verifica los registros:**

- Filtra por "Modificación de Sesión" y SEID
- Busca códigos de causa de error en la respuesta PFCP
- Causas comunes: "El ID de regla ya existe", "Sin recursos"

### **2. Verifica los registros del PGW-U:**

- Busca errores de procesamiento de PFCP
- Verifica la utilización de recursos (CPU, memoria)

### **3. Verifica el estado de la sesión en la Interfaz Web:**

- **/pgw\_sessions** → Encuentra la sesión por IMSI
- Revisa `pdr_map`, `far_map`, `qer_map` en busca de conflictos
- Busca IDs duplicados

## **Resolución:**

### **1. Para conflictos de reglas:**

- Elimina y recrea la portadora dedicada
- Si persiste, elimina la sesión y haz que el UE se reconecte

### **2. Para problemas de recursos del PGW-U:**

- Verifica la capacidad del PGW-U (sesiones, PDRs, rendimiento)
- Escala el PGW-U si es necesario
- Reduce la carga de sesiones en la instancia afectada del PGW-U

### 3. Para errores de software:

- Captura el estado completo de la sesión (detalles de sesión de la Interfaz Web)
- Captura los registros de mensajes PFCP
- Informa al proveedor con pasos de reproducción

#### Prevención:

- Monitorea la utilización de recursos del PGW-U
  - Prueba la creación de portadoras dedicadas en staging
  - Monitorea `sxb_inbound_errors_total` con alertas
- 

## Problemas de Diámetro (Gx/Gy)

### Problema: Par PCRF Desconectado (Gx)

#### Síntoma:

- Interfaz Web → **/diameter** muestra el par PCRF "desconectado"
- Sesiones creadas sin políticas de QoS (se aplica QCI=5 por defecto)
- Registros: "Conexión del par de Diámetro fallida" o "Tiempo de espera CER/CEA"

#### Causas Probables:

1. PCRF inalcanzable (problema de red)
2. Servicio PCRF caído
3. Desajuste en la configuración de Diámetro (Origin-Host, Realm)
4. Firewall bloqueando TCP 3868

#### Diagnóstico:

1. **Verifica la conectividad de red:**

```
ping <pcrf_ip>  
telnet <pcrf_ip> 3868
```

## 2. Verifica la configuración de Diámetro:

- Revisa `config/runtime.exs` bajo `diameter.peer_list`
- Verifica que `host`, `realm`, `ip` coincidan con la configuración del PCRF
- Verifica que `origin_host` coincida con lo que espera el PCRF

## 3. Verifica los registros del PCRF:

- Busca CER (Capabilities-Exchange-Request) del PGW-C
- Busca razones de rechazo

## 4. Verifica las métricas:

```
# Errores de conexión de Diámetro  
diameter_peer_connected{peer="<pcrf_host>"}
```

## Resolución:

### 1. Para problemas de red:

- Verifica el enrutamiento hacia el PCRF
- Verifica las reglas del firewall: Asegúrate de que TCP 3868 esté permitido
- Prueba la conectividad: `nc -v <pcrf_ip> 3868`

### 2. Para servicio PCRF caído:

- Reinicia el servicio PCRF
- Espera la reconexión automática (intervalo de reintento de 30s)
- Verifica a través de la Interfaz Web → **/diameter**

### 3. Para desajuste de configuración:

- Corrige la configuración de Diámetro en `config/runtime.exs`:

```
config :pgw_c,  
  diameter: %{  
    host: "pgw-c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org", #  
    Debe coincidir con la configuración del PCRF  
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",  
    peer_list: [  
      %{  
        host: "pcrf.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",  
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",  
        ip: "192.168.1.100",  
        initiate_connection: true  
      }  
    ]  
  }  
}
```

- Reinicia OmniPGW
- Verifica que la conexión se haya establecido

### Prevención:

- Monitorea la conectividad del par de Diámetro con alertas críticas
- Implementa instancias redundantes de PCRF (si es compatible)
- Documenta la configuración de Diámetro en el libro de operaciones

---

## Problema: Tiempos de Espera CCR/CCA (Solicitudes de Políticas Gx)

### Síntoma:

- Establecimiento de sesión lento (> 5 segundos)
- Registros: "Tiempo de espera de Solicitud de Control de Crédito"
- Métrica: `gx_outbound_transaction_duration` muy alta (> 5s)
- Sesiones creadas con QoS por defecto (comportamiento de respaldo)

### Causas Probables:

1. PCRF sobrecargado
2. Base de datos del PCRF lenta

3. Latencia de red
4. Problema de software del PCRF

## Diagnóstico:

### 1. Verifica la latencia de Gx:

```
# Latencia P95
histogram_quantile(0.95,
rate(gx_outbound_transaction_duration_bucket[5m]))

# Latencia P99 (valores atípicos)
histogram_quantile(0.99,
rate(gx_outbound_transaction_duration_bucket[5m]))
```

### 2. Verifica la salud del PCRF:

- Accede a los paneles de monitoreo del PCRF
- Verifica CPU, memoria, conexiones a la base de datos
- Revisa los registros del PCRF en busca de consultas lentas

### 3. Verifica la latencia de la red:

```
ping -c 100 <pcrf_ip> | tail -1 # Verifica la latencia
promedio
```

### 4. Verifica los registros:

- Cuenta los intercambios CCR/CCA: Filtra "Control de Crédito"
- Mide el tiempo entre "Enviando CCR" y "Recibiendo CCA"

## Resolución:

### 1. Para sobrecarga del PCRF:

- Escala el PCRF (agrega instancias)
- Reduce el tamaño del mensaje CCR si es posible
- Ajusta los grupos de hilos/trabajadores del PCRF

## 2. Para latencia de red:

- Investiga la ruta de red (enrutadores, conmutadores)
- Considera co-localizar PGW-C y PCRF

## 3. Solución temporal (aumentar tiempo de espera):

- Edita `config/runtime.exs`:

```
config :pgw_c,  
  diameter: %{  
    transaction_timeout_ms: 10000 # Aumentar de 5000 por  
    defecto  
  }
```

- Reinicia OmniPGW
- **Nota:** Esto solo enmascara el problema; corrige la causa raíz

## Prevención:

- Monitorea la latencia de Gx con alertas (advertencia > 1s, crítica > 5s)
- Planifica la capacidad del PCRF para la tasa de sesiones esperada
- Prueba el rendimiento del PCRF bajo carga

---

# Problema: Par OCS Desconectado (Gy)

## Síntoma:

- Interfaz Web → **/diameter** muestra el par OCS "desconectado"
- Las sesiones no pueden ser cobradas (el cobro en línea falla)
- Registros: "Conexión del par Gy fallida"

## Diagnóstico y Resolución:

Similar a **Par PCRF Desconectado**, pero para la interfaz Gy.

## Diferencias Clave:

- Puerto: Típicamente TCP 3868 (igual que Gx)

- Impacto: Fallos en el cobro, las sesiones pueden ser rechazadas o permitidas sin cobro (depende de la configuración)
- Configuración: Verifica `diameter.peer_list` para la entrada de OCS

**Consulta:** [Interfaz de Diámetro Gy](#) para solución de problemas específicos de Gy

---

# Problemas de Asignación de IP

## Problema: Pool de IP Agotado

### Síntoma:

- Solicitud de Crear Sesión rechazada con causa "No hay recursos disponibles"
- Métrica: `address_registry_count` igual al tamaño del pool configurado
- Interfaz Web → **/pgw\_sessions** muestra muchas sesiones activas
- Registros: "Fallo en la asignación de IP: pool agotado"

### Causas Probables:

1. Pool demasiado pequeño para la base de suscriptores
2. Sesiones que no liberan IPs (fallos en la Eliminación de Sesión)
3. Cambio rápido de sesiones sin limpieza
4. Fuga de direcciones IP

### Diagnóstico:

#### 1. Verifica la utilización del pool:

```
# Para subnet /24 (254 IPs)
(address_registry_count / 254) * 100
```

#### 2. Verifica el tamaño del pool configurado:

- Revisa `config/runtime.exs` bajo `ue.subnet_map`
- Ejemplo: "10.0.0.0/24" = 254 IPs utilizables

### 3. Compara el conteo de sesiones con el conteo de IP:

```
# Deberían ser aproximadamente iguales
teid_registry_count
address_registry_count
```

### 4. Revisa las sesiones activas:

- Interfaz Web → **/pgw\_sessions**
- Ordena por tiempo de inicio de sesión
- Busca sesiones muy antiguas (posibles fugas)

## Resolución:

### Inmediata (expande el pool):

1. Edita `config/runtime.exs`:

```
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      "internet" => "10.0.0.0/22" # 1022 IPs (era /24 = 254
IPs)
    }
  }
```

2. Reinicia OmniPGW
3. Verifica: Las sesiones ahora pueden establecerse

### A Largo Plazo (limpieza):

1. Identifica sesiones obsoletas en la Interfaz Web
2. Coordina con SGW-C para enviar Solicitudes de Eliminación de Sesiones
3. Implementa política de tiempo de espera de sesión en PCRF/SGW
4. Monitorea `address_registry_count` para verificar que el pool se haya liberado después de la limpieza



## **Prevención:**

- Monitorea la utilización del pool de IP con alertas:
    - Advertencia: > 70%
    - Crítica: > 85%
  - Análisis de tendencias para predecir el agotamiento
  - Implementa tiempo de espera de sesión inactiva
  - Auditorías regulares de sesiones
- 

## **Problema: Dirección IP Duplicada Asignada**

### **Síntoma:**

- UE informa conflicto de dirección IP
- Registros: advertencia "IP ya asignada"
- Dos sesiones en la Interfaz Web con la misma dirección IP

### **Causas Probables:**

1. Error de software (raro)
2. Inconsistencia en la base de datos después de un fallo
3. Error de intervención manual

### **Diagnóstico:**

#### **1. Busca la IP en la Interfaz Web:**

- **/pgw\_sessions** → Busca por dirección IP
- Verifica si múltiples IMSIs tienen la misma IP

#### **2. Verifica los registros:**

- Busca la dirección IP
- Busca eventos de "asignación de IP"

### **Resolución:**

#### **1. Identifica las sesiones afectadas:**

- Toma nota de ambos IMSIs con IP duplicada

## **2. Elimina una sesión:**

- Coordina con SGW-C para enviar Solicitud de Eliminación de Sesión para un IMSI
- Prefiere eliminar la sesión más nueva

## **3. Reconexiones del UE:**

- El UE debería reconectarse automáticamente
- Recibirá una nueva IP única

## **4. Si persiste:**

- Reinicia OmniPGW para reconstruir el registro de IP
- Todas las sesiones se perderán (coordina ventana de mantenimiento)

## **Prevención:**

- Monitorea asignaciones duplicadas (actualmente no hay métrica incorporada)
  - Revisiones regulares de integridad de la base de datos (si corresponde)
-

# Referencia Rápida

## Consultas Comunes de Prometheus

```
# Sesiones activas
teid_registry_count

# Tasa de establecimiento de sesiones (por segundo)
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}[5m])

# Utilización del pool de IP (para subnet /24)
(address_registry_count / 254) * 100

# Latencia de establecimiento de sesión P95
histogram_quantile(0.95,
rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="create_session_request"}[5m]))

# Tasa de error
rate(s5s8_inbound_errors_total[5m])

# Latencia del PCRF
histogram_quantile(0.95, rate(gx_outbound_transaction_duration_bucket{transaction_type="PCRF"}[5m]))

# Estado de asociación PFCP
pfcpeer_associated
```

## Filtros de Registro Comunes (Interfaz Web)

| Filtro           | Propósito                                                   |
|------------------|-------------------------------------------------------------|
| IMSI             | Encontrar todos los registros para un suscriptor específico |
| "create_session" | Flujo de establecimiento de sesión                          |
| "delete_session" | Flujo de finalización de sesión                             |
| "Credit Control" | Interacciones Gx PCRF                                       |
| "PFCP Session"   | Programación del plano de usuario                           |
| "error"          | Todos los mensajes de error                                 |
| "timeout"        | Problemas de tiempo de espera                               |
| "Association"    | Eventos de asociación PFCP                                  |

# Comandos de Verificación de Salud

```
# Verifica el estado del servicio
systemctl status omnipgw_c

# Verifica la interfaz web
curl http://<omnipgw_ip>:4000

# Verifica el endpoint de métricas
curl http://<omnipgw_ip>:9090/metrics

# Verifica sesiones activas
curl http://<omnipgw_ip>:9090/metrics | grep teid_registry_count

# Verifica la asociación PFCP
curl http://<omnipgw_ip>:9090/metrics | grep pfcpeer_associated

# Verifica el uso del pool de IP
curl http://<omnipgw_ip>:9090/metrics | grep
address_registry_count
```

---

## Documentación Relacionada

- **Guía de Monitoreo** - Métricas de Prometheus, paneles de Grafana, alertas
- **Guía de Configuración** - Referencia de configuración del sistema
- **Gestión de Sesiones** - Detalles del ciclo de vida de la sesión
- **Interfaz PFCP** - Detalles de solución de problemas de PFCP
- **Interfaz de Diámetro Gx** - Solución de problemas de políticas Gx
- **Interfaz de Diámetro Gy** - Solución de problemas de cobro Gy
- **Gestión de QoS y Portadoras** - Problemas relacionados con QoS

---

**Volver a la Guía de Operaciones**

---

**Guía de Solución de Problemas de OmniPGW** - *por Omnitouch Network Services*

# Documentación de Asignación de IP de UE

Gestión de Direcciones IP para Dispositivos Móviles

---

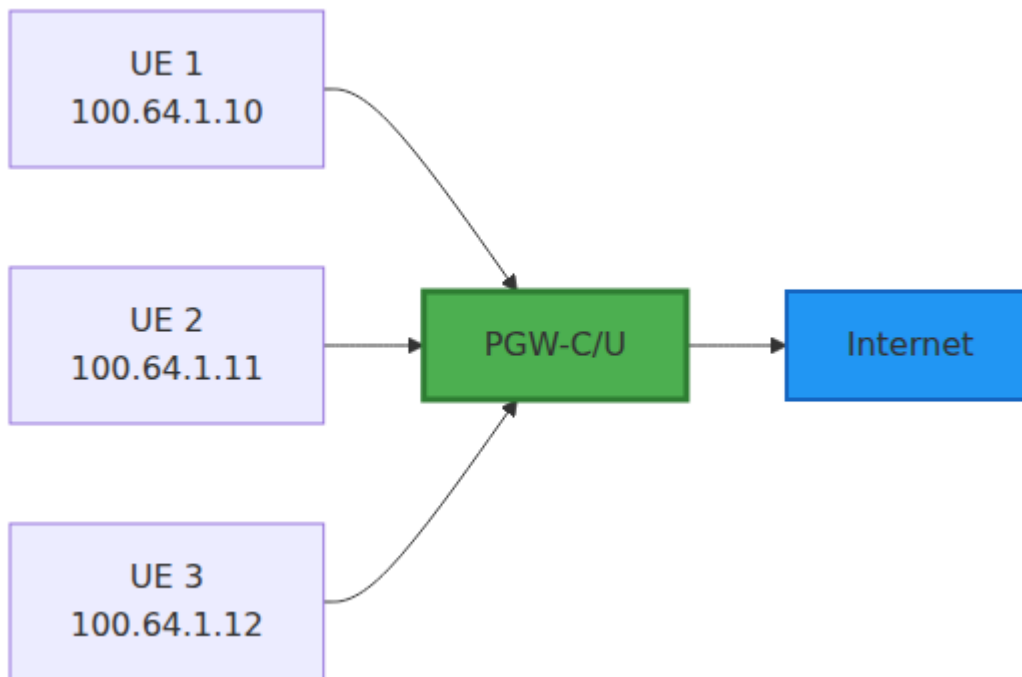
## Tabla de Contenidos

1. Descripción General
  2. Conceptos de Asignación de IP
  3. Configuración
  4. Proceso de Asignación
  5. Temas Avanzados
  6. Monitoreo
  7. Solución de Problemas
- 

## Descripción General

El PGW-C asigna direcciones IP a dispositivos UE (Equipo de Usuario) cuando establecen conexiones PDN (Red de Datos por Paquete). Esta es una función crítica que permite a los dispositivos móviles comunicarse con redes externas.

# Por qué la Asignación de IP es Importante



Cada UE recibe una **dirección IP única** del PGW-C que:

- Identifica el dispositivo en la red
- Rutea el tráfico hacia/desde el dispositivo
- Permite la facturación y la aplicación de políticas
- Persiste durante la duración de la conexión PDN

## Versiones de IP Soportadas

| Versión de IP | Soporte    | Descripción                       |
|---------------|------------|-----------------------------------|
| IPv4          | ☑ Completo | Direcciones IPv4 estándar         |
| IPv6          | ☑ Completo | Direcciones y prefijos IPv6       |
| IPv4v6        | ☑ Completo | Doble pila (tanto IPv4 como IPv6) |

---



# Conceptos de Asignación de IP

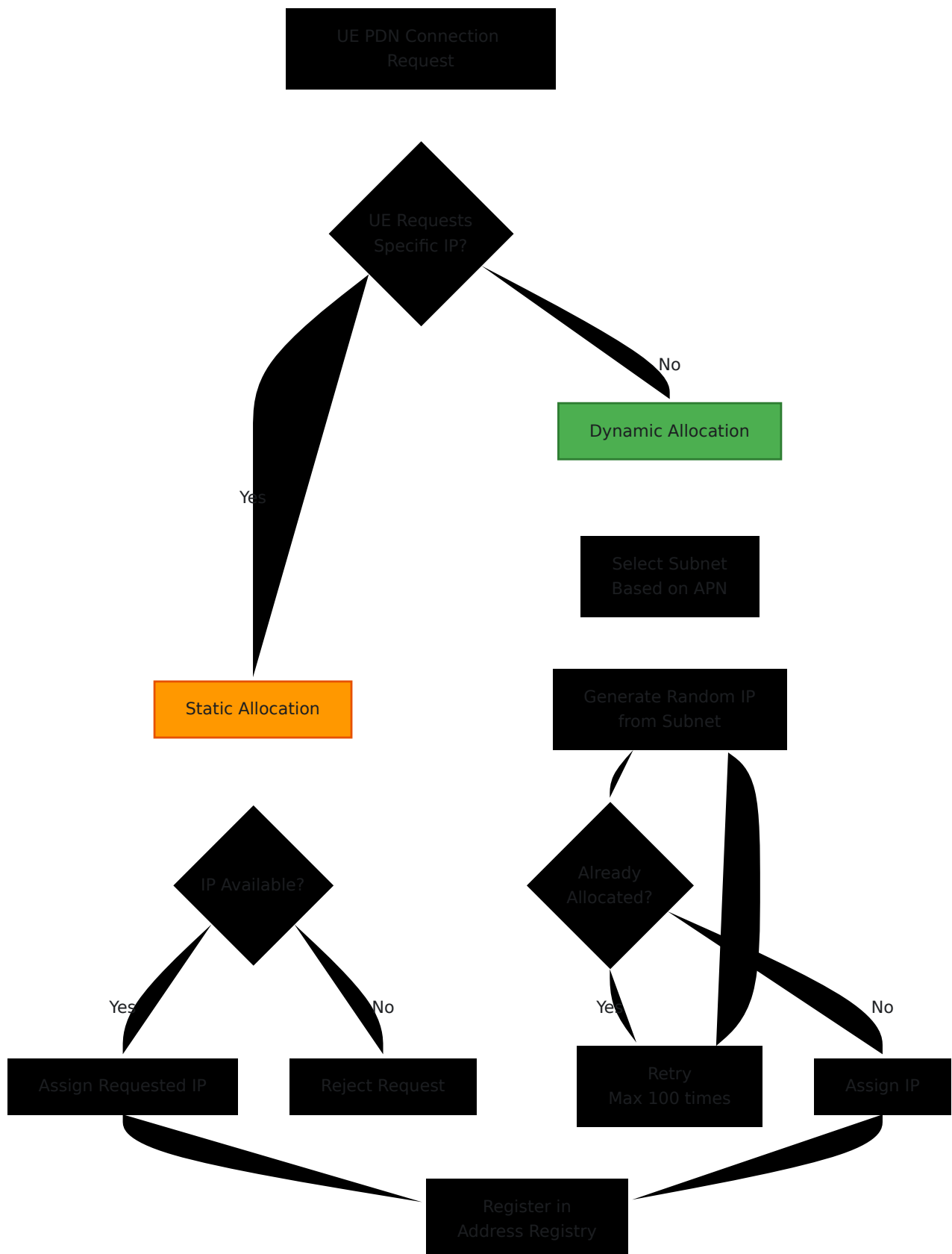
## Tipo de PDN

Cuando un UE solicita una conexión PDN, especifica un **Tipo de PDN**:

| <b>Tipo de PDN</b> | <b>Descripción</b>     | <b>Direcciones Asignadas</b>           |
|--------------------|------------------------|----------------------------------------|
| <b>IPv4</b>        | Conexión solo IPv4     | Dirección IPv4 única                   |
| <b>IPv6</b>        | Conexión solo IPv6     | Prefijo IPv6 (por ejemplo, /64)        |
| <b>IPv4v6</b>      | Conexión de doble pila | Tanto dirección IPv4 como prefijo IPv6 |

## Métodos de Asignación

El PGW-C soporta dos métodos de asignación de IP:



### 1. Asignación Dinámica (Más Común):

- El PGW-C selecciona IP del grupo configurado
- Selección aleatoria para evitar predictibilidad

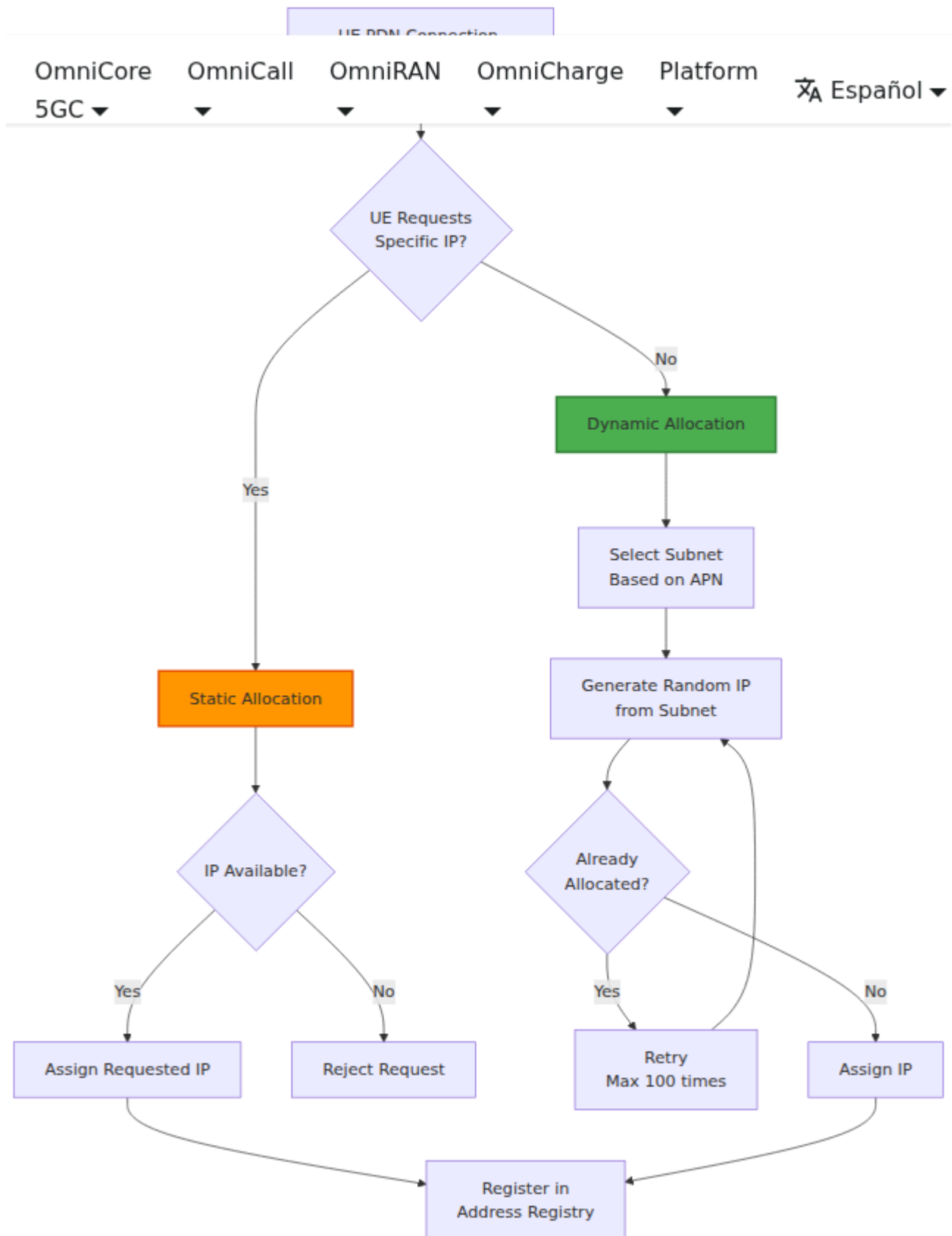
- Detección de colisiones asegura unicidad

## **2. Asignación Estática:**

- UE solicita IP específica en el mensaje GTP-C
- El PGW-C valida la disponibilidad
- Útil para dispositivos empresariales con IPs fijas

## **Selección de Subred Basada en APN**

Diferentes **APNs (Nombres de Punto de Acceso)** pueden usar diferentes grupos de IP:



### Beneficios:

- **Segregación de Tráfico** - Diferentes APNs rutean a diferentes redes
- **Diferenciación de Políticas** - Aplicar diferentes políticas por APN

- **Planificación de Capacidad** - Dimensionar grupos según el uso esperado
- **Facturación** - Rastrear el uso por tipo de servicio

## Registro de Direcciones

El **Registro de Direcciones** rastrea las IPs asignadas:

| Función                        | Descripción                             |
|--------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>Registro</b>                | Mapea UE IP → PID del Proceso de Sesión |
| <b>Búsqueda</b>                | Encontrar sesión por UE IP              |
| <b>Deregistro</b>              | Liberar IP cuando la sesión termina     |
| <b>Detección de Colisiones</b> | Prevenir asignaciones duplicadas        |

---

## Configuración

### Configuración Básica

Edita `config/runtime.exs`:

```

config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      # APN "internet" usa dos subredes
      "internet" => [
        "100.64.1.0/24",    # 254 IPs utilizables
        "100.64.2.0/24"    # 254 IPs utilizables
      ],

      # APN "ims" usa una subred
      "ims" => [
        "100.64.10.0/24"
      ],

      # Grupo predeterminado para APNs desconocidos
      default: [
        "42.42.42.0/24"
      ]
    }
  }
}

```

## Coincidencia de Patrones Regex para APNs

Para escenarios donde múltiples APNs comparten el mismo grupo de subred, puedes usar **patrones regex** en lugar de nombres de APN exactos. Esto es útil para coincidencias de APN comodín.

### Reglas de Patrón:

- Las claves que comienzan con `^` se tratan como patrones regex
- Las claves sin `^` se coinciden exactamente (compatible hacia atrás)
- Los patrones se evalúan en orden - la primera coincidencia gana
- Se retrocede a `default` si no hay coincidencias de patrones

```

config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      # Regex: APNs que comienzan con "ims" (por ejemplo, "ims",
      "ims.apn", "ims.something.else")
      "^ims" => [
        "100.64.10.0/24"
      ],

      # Regex: APNs que comienzan con "m2m." (por ejemplo,
      "m2m.test", "m2m.prod")
      "^m2m\." => [
        "100.64.20.0/24"
      ],

      # Coincidencia exacta solo - "enterprise.corp" exactamente
      "enterprise.corp" => [
        "10.100.0.0/16"
      ],

      # Grupo predeterminado para APNs no coincidentes
      default: [
        "42.42.42.0/24"
      ]
    }
  }
}

```

### Notas Importantes:

- Los patrones regex utilizan la sintaxis estándar de regex de Elixir/Erlang
- Las barras invertidas deben ser escapadas en cadenas de Elixir (usa `\` para `\`)
- El `^` al inicio es necesario para indicar un patrón regex
- Las coincidencias exactas y los patrones regex pueden mezclarse en la misma configuración
- El orden importa para los patrones regex - coloca patrones más específicos primero

### Ejemplos Comunes de Patrones:

| Tipo de Patrón      | Clave Regex         | Coincide                    |
|---------------------|---------------------|-----------------------------|
| Comienza con        | "^ims"              | ims, ims.apn, ims.anything  |
| Termina con         | "^.*\\.corp\$"      | foo.corp, bar.corp          |
| Contiene            | "^.*test.*"         | test, foo.test.bar, testing |
| Exacto (con puntos) | "^internet\\.apn\$" | internet.apn solo           |

### Ejemplo de Coincidencia de Sufijos:

Para coincidir APNs que terminan con un sufijo específico (como `.corp`), usa `^.*\\.suffix$`:

```
subnet_map: %{\n  # Coincidir APNs que terminan con ".corp"\n  "^.*\\.corp$" => ["10.100.0.0/16"],\n\n  # Coincidir APNs que terminan con ".iot"\n  "^.*\\.iot$" => ["10.200.0.0/16"],\n\n  default: ["42.42.42.0/24"]\n}
```

### Ejemplo de Coincidencia de Patrones:



| Solicitud de APN   | Clave Coincidente | Grupo Usado    |
|--------------------|-------------------|----------------|
| ims                | ^ims              | 100.64.10.0/24 |
| ims.apn            | ^ims              | 100.64.10.0/24 |
| ims.something.else | ^ims              | 100.64.10.0/24 |
| m2m.test           | ^m2m\.            | 100.64.20.0/24 |
| m2m                | default           | 42.42.42.0/24  |
| enterprise.corp    | enterprise.corp   | 10.100.0.0/16  |
| foo.corp           | ^.*\.corp\$       | 10.100.0.0/16  |
| unknown.apn        | default           | 42.42.42.0/24  |

# Notación de Subred

**Notación CIDR:** <red>/<longitud\_prefijo>

| CIDR | IPs Utilizables | Rango de Ejemplo            |
|------|-----------------|-----------------------------|
| /24  | 254             | 100.64.1.1 - 100.64.1.254   |
| /23  | 510             | 100.64.0.1 - 100.64.1.254   |
| /22  | 1022            | 100.64.0.1 - 100.64.3.254   |
| /20  | 4094            | 100.64.0.1 - 100.64.15.254  |
| /16  | 65534           | 100.64.0.1 - 100.64.255.254 |

**Notas:**

- La dirección de red (por ejemplo, 100.64.1.0) no se asigna
- La dirección de difusión (por ejemplo, 100.64.1.255) no se asigna
- El PGW-C asigna desde `<red> + 1` hasta `<difusión> - 1`

## Múltiples Subredes por APN

### Balanceo de Carga a Través de Subredes:

```
config :pgw_c,  
  ue: %{  
    subnet_map: %{  
      "internet" => [  
        "100.64.1.0/24",  
        "100.64.2.0/24",  
        "100.64.3.0/24",  
        "100.64.4.0/24"  
      ]  
    }  
  }  
}
```

### Método de Selección:

- El PGW-C selecciona aleatoriamente una subred de la lista
- Proporciona un balanceo de carga básico
- Cada sesión selecciona una subred de forma independiente

### Beneficios:

- Distribuir la carga a través de múltiples subredes
- Expansión de capacidad más fácil (agregar nuevas subredes)
- Flexibilidad para políticas de enrutamiento

## Ejemplo del Mundo Real

```
config :pgw_c,  
  ue: %{  
    subnet_map: %{  
      # Acceso general a internet  
      "internet" => [  
        "100.64.0.0/20"      # 4094 IPs para uso general  
      ],  
  
      # IMS (Voz sobre LTE)  
      "ims" => [  
        "100.64.16.0/22"    # 1022 IPs para IMS  
      ],  
  
      # APN Empresarial  
      "enterprise.corp" => [  
        "10.100.0.0/16"     # 65534 IPs para empresas  
      ],  
  
      # Dispositivos IoT (bajo bitrate)  
      "iot.m2m" => [  
        "100.64.20.0/22"    # 1022 IPs para IoT  
      ],  
  
      # Respaldo predeterminado  
      default: [  
        "42.42.42.0/24"     # 254 IPs para APNs desconocidos  
      ]  
    }  
  }  
}
```

# Configuración IPv6

```
config :pgw_c,  
  ue: %{  
    subnet_map: %{  
      "internet" => [  
        # Grupos IPv4  
        "100.64.1.0/24"  
      ],  
      "internet.ipv6" => [  
        # Grupos IPv6 (delegación de prefijos)  
        "2001:db8:1::/48"  
      ],  
      default: [  
        "42.42.42.0/24"  
      ]  
    }  
  }  
}
```

## Delegación de Prefijos IPv6:

- El UE generalmente recibe un prefijo /64
- Permite al UE asignar múltiples IPs (por ejemplo, para anclaje)
- Ejemplo: El UE recibe `2001:db8:1:a::/64`

## Configuración de Doble Pila (IPv4v6)

```
config :pgw_c,  
  ue: %{  
    subnet_map: %{  
      "internet" => [  
        "100.64.1.0/24",      # Grupo IPv4  
        "2001:db8:1::/48"    # Grupo IPv6 (se utilizará para la  
asignación de IPv6)  
      ]  
    }  
  }  
}
```

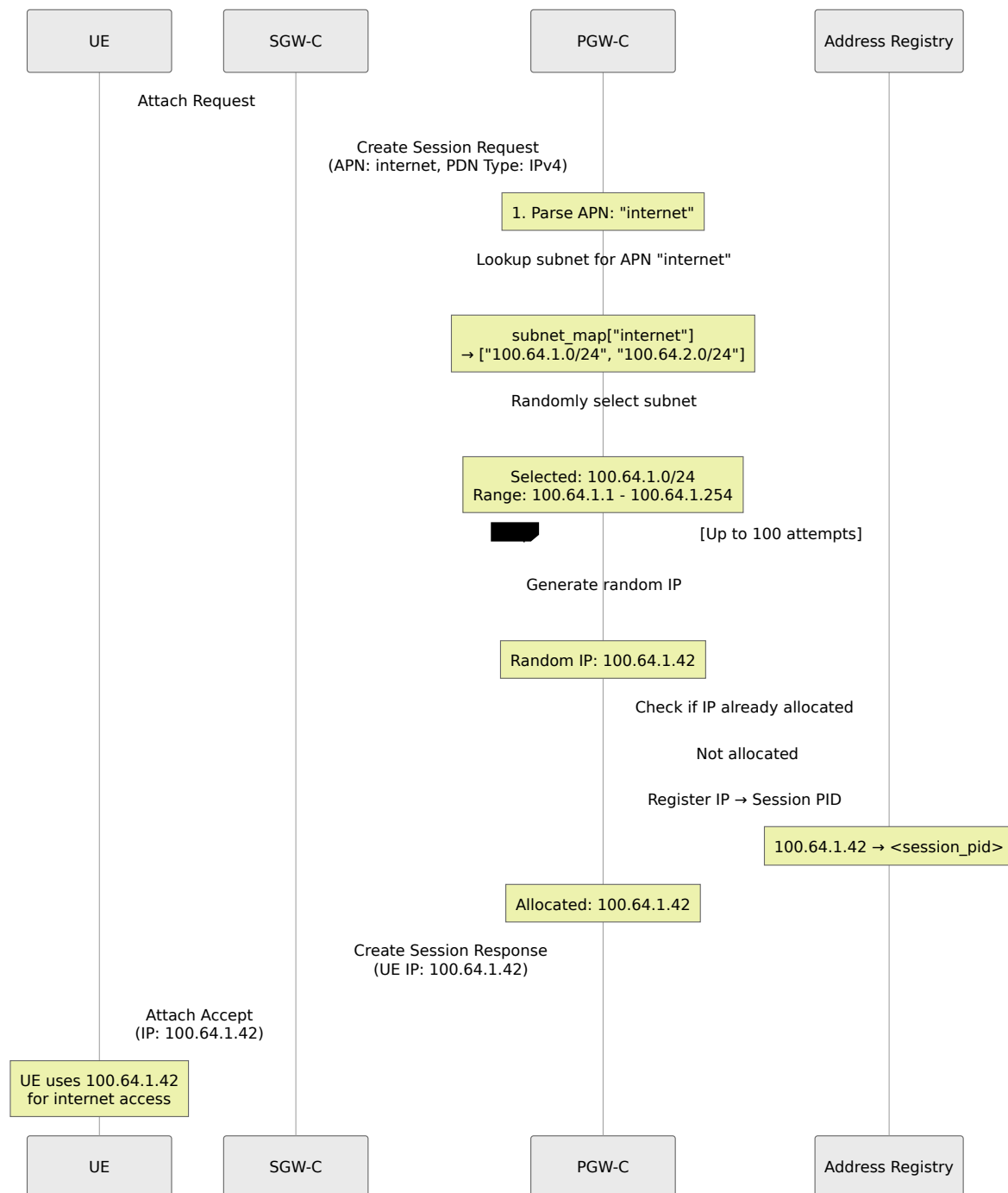
## Asignación de Doble Pila:

- El UE solicita Tipo de PDN: IPv4v6
  - El PGW-C asigna tanto la dirección IPv4 como el prefijo IPv6
  - Ambas direcciones están activas simultáneamente
- 

## Proceso de Asignación

La asignación de IP ocurre durante la creación de la sesión cuando el PGW-C recibe una Solicitud de Crear Sesión a través de la interfaz S5/S8. Consulta [Interfaz S5/S8](#) para detalles del mensaje GTP-C y [Gestión de Sesiones](#) para el ciclo de vida de la sesión.

# Paso a Paso: Asignación Dinámica de IPv4



## Cómo Funciona

### Proceso de Asignación Dinámica:

- Búsqueda de Subred:** El sistema recupera las subredes configuradas para el APN solicitado

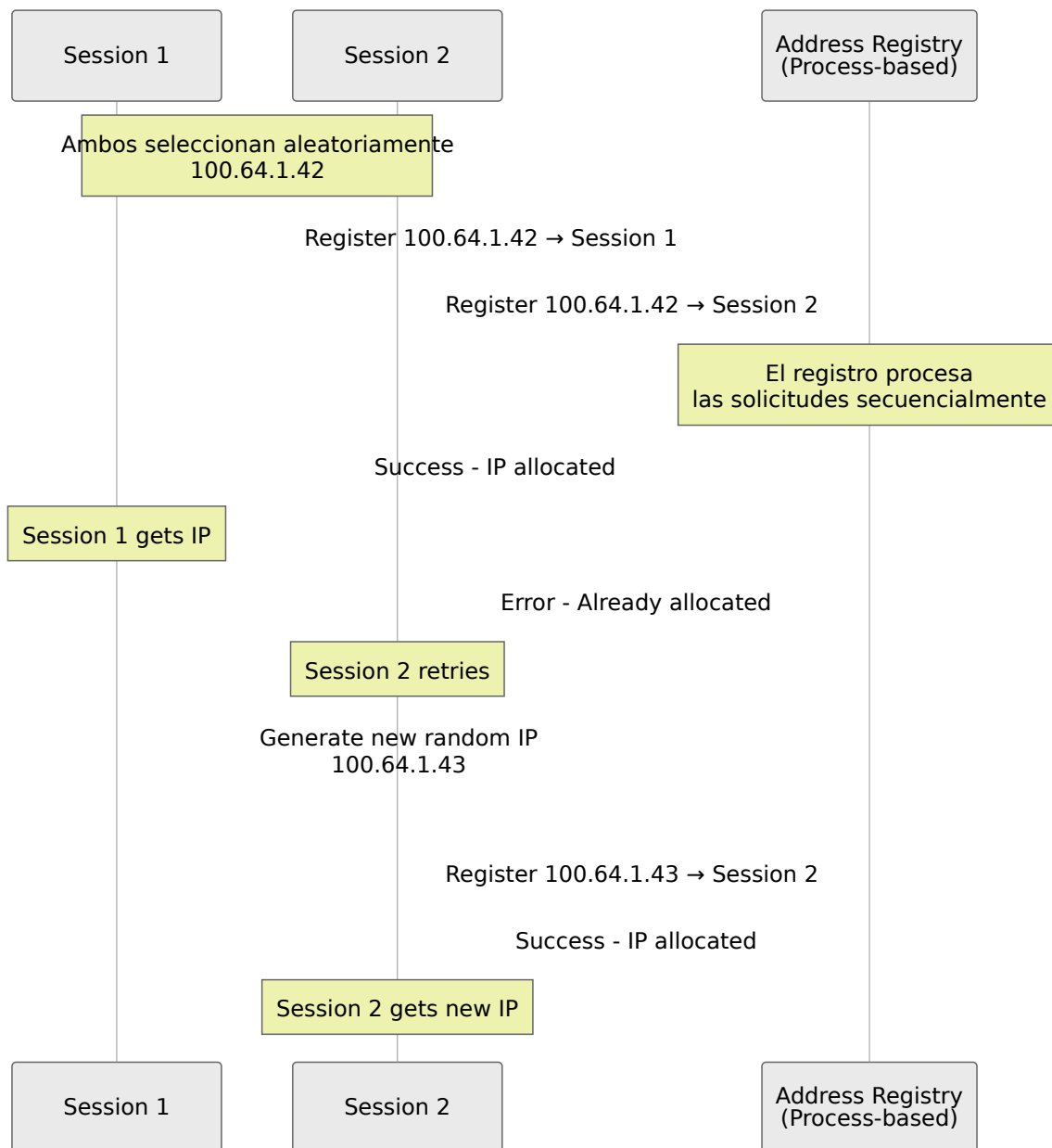
2. **Selección Aleatoria:** Se selecciona aleatoriamente una subred de la lista disponible
3. **Generación de IP:** Se genera una IP aleatoria dentro del rango de la subred
4. **Verificación de Unicidad:** El sistema verifica que la IP no haya sido asignada
5. **Lógica de Reintento:** Si se detecta una colisión, se reintenta hasta 100 veces con una nueva IP aleatoria
6. **Registro:** Una vez que se encuentra una IP única, se registra en la sesión

### **Puntos Clave de Diseño:**

- **Máximo 100 intentos:** Previene bucles infinitos cuando el grupo está casi agotado
- **Selección aleatoria:** Evita patrones de asignación de IP predecibles por razones de seguridad
- **Operaciones atómicas:** El registro basado en procesos asegura que no haya asignaciones duplicadas
- **Retroceso a predeterminado:** Si el APN no se encuentra en la configuración, utiliza el grupo predeterminado

## **Manejo de Colisiones**

**Escenario:** Dos sesiones intentan asignar la misma IP simultáneamente



### Cómo Funciona la Prevención de Colisiones:

- El registro procesa las solicitudes una a la vez (serializado)
- No es posible condiciones de carrera
- La primera solicitud para registrar una IP tiene éxito
- Las solicitudes subsiguientes para la misma IP son rechazadas
- Las sesiones rechazadas reintentan automáticamente con una nueva IP aleatoria

## Retroceso de Subred Predeterminada

**Escenario:** UE solicita un APN desconocido



## Ejemplo de Configuración:

```
# Config
subnet_map: %{
  "internet" => ["100.64.1.0/24"],
  default: ["42.42.42.0/24"]
}
```

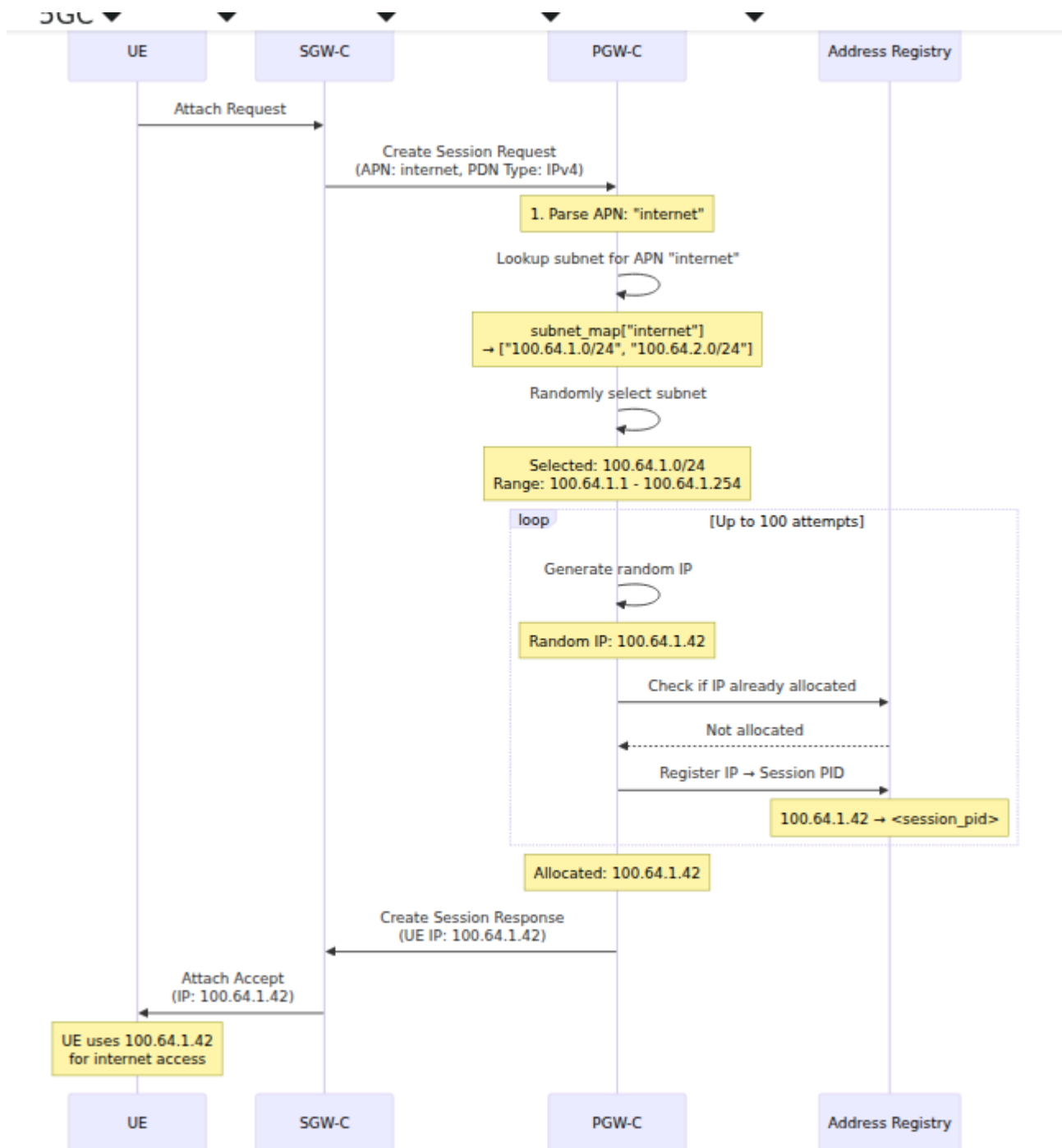
## Comportamiento:

- UE solicita APN: "unknown.apn"
- El sistema busca "unknown.apn" en subnet\_map
- No se encuentra, por lo que retrocede al grupo predeterminado
- Asigna IP del 42.42.42.0/24

## Lógica de Retroceso:

1. Primero, intenta encontrar el grupo específico del APN en la configuración
2. Si no se encuentra, utiliza el grupo `default`
3. Si no hay predeterminado configurado, la asignación falla

# Desasignación al Terminar la Sesión



## Limpieza Automática:

- Cuando el proceso de sesión termina, el registro se limpia
- La IP está inmediatamente disponible para nuevas asignaciones
- No se requiere intervención manual

# Temas Avanzados

## Agotamiento de Grupos

**Escenario:** Todas las IPs en el grupo están asignadas

```
Grupo: 100.64.1.0/24 (254 IPs utilizables)
Asignadas: 254 IPs
Nueva solicitud llega → Agotamiento
```

### Qué Ocurre:

1. El PGW-C intenta 100 asignaciones aleatorias
2. Todos los intentos encuentran IP ya asignada
3. Devuelve: `{:error, :ue_ip_address_allocation_failed}`
4. El establecimiento de la sesión falla
5. El SGW-C recibe una respuesta de error

### Prevención:

```
# Monitorear la utilización del grupo
address_registry_count / total_pool_size > 0.8 # Alerta al 80%

# Expandir el grupo antes del agotamiento
"internet" => [
  "100.64.1.0/24",
  "100.64.2.0/24", # Agregar subred adicional
  "100.64.3.0/24"
]
```

## Asignación Estática de IP

**Caso de Uso:** Dispositivo empresarial necesita IP fija

**Formato del Mensaje GTP-C:**

Create Session Request

|— IMSI: 310260123456789

|— APN: enterprise.corp

|— PDN Address Allocation (IE)

|   |— PDN Type: IPv4

|   |— IPv4 Address: 10.100.0.50 ← UE solicita IP específica

## Procesamiento de OmniPGW:

1. **Extraer IP Solicitada:** Analizar IE de Asignación de Dirección PDN del request
2. **Validar IP:** Verificar si la IP solicitada está en el grupo configurado para este APN
3. **Verificar Disponibilidad:** Confirmar que la IP no esté ya asignada a otra sesión
4. **Asignar o Rechazar:**
  - Si está disponible: Asignar IP solicitada a esta sesión
  - Si no está disponible: Rechazar la sesión con el código de causa apropiado

## Resultados Posibles:

- **Éxito:** UE recibe exactamente la dirección IP que solicitó
- **Fallo (IP en uso):** Sesión rechazada - IP ya asignada
- **Fallo (IP no en grupo):** Sesión rechazada - IP no en el rango configurado

## Delegación de Prefijos IPv6

### UE solicita IPv6:

Create Session Request

|— PDN Type: IPv6

### PGW-C asigna prefijo /64:

Prefijo Asignado: 2001:db8:1:a::/64

UE puede usar:

- 2001:db8:1:a::1
- 2001:db8:1:a::2
- ... (18 quintillones de direcciones)

### **Beneficios:**

- UE puede asignar múltiples IPs (por ejemplo, anclaje)
- Soporta SLAAC (Configuración Automática de Direcciones Sin Estado)
- Elimina la necesidad de NAT

## **Asignación de Doble Pila**

### **UE solicita IPv4v6:**

Create Session Request  
└─ PDN Type: IPv4v6

### **PGW-C asigna ambos:**

IPv4: 100.64.1.42  
IPv6: 2001:db8:1:a::/64

### **Manejo de Tráfico:**

- El tráfico IPv4 utiliza la dirección IPv4
- El tráfico IPv6 utiliza el prefijo IPv6
- Ambos activos simultáneamente
- Túneles GTP separados (o túnel de doble pila)

## **Direcciones IP Privadas vs. Públicas**

### **Grupos de IP Privadas (RFC 1918):**

```
# No enrutables en internet pública
subnet_map: %{
  "internet" => [
    "10.0.0.0/8",
    "172.16.0.0/12",
    "192.168.0.0/16"
  ]
}
```

**Requiere NAT en PGW-U** para acceder a internet

**Grupos de IP Públicas:**

```
# IPs públicas enrutables (solo un ejemplo)
subnet_map: %{
  "internet" => [
    "203.0.113.0/24" # Bloque de IP pública
  ]
}
```

**No se requiere NAT** - enrutamiento directo a internet

**Recomendación:**

- Usar **IPs privadas (RFC 6598)**: `100.64.0.0/10` (NAT de Grado de Transportista)
- Reservar IPs públicas solo para servicios especiales

---

## Monitoreo

### Interfaz Web - Gestión de Grupos de IP

OmniPGW proporciona una interfaz web en tiempo real para monitorear la asignación y utilización de grupos de IP.

**Acceso:** `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/ip_pools`

## Características:

### 1. Resumen del Grupo

- Total de IPs en todos los grupos
- Direcciones actualmente asignadas
- IPs disponibles restantes
- Porcentaje de utilización en tiempo real

### 2. Estado del Grupo por APN Cada grupo configurado muestra:

- **Nombre del Grupo** - Identificador de APN (por ejemplo, "default", "ims.something.else", "Internet")
- **Etiqueta APN** - Insignia del nombre de APN configurado
- **Rango de IP** - Notación CIDR que muestra el rango de subred
- **Utilización** - Indicador visual que muestra el porcentaje utilizado
- **Estadísticas de Asignación:**
  - Total: Número de IPs en el grupo
  - Asignadas: IPs actualmente asignadas
  - Disponibles: IPs restantes para asignación

### 3. Actualizaciones en Tiempo Real

- Actualización automática cada 2 segundos
- No se requiere recarga de página
- Seguimiento de utilización en vivo

### Casos de Uso:

- Verificación rápida de capacidad antes del mantenimiento
- Identificar grupos que se acercan al agotamiento
- Verificar la configuración del grupo
- Monitorear patrones de asignación por APN

## Métricas Clave

### Conteo del Registro de Direcciones:

```
# IPs actualmente asignadas  
address_registry_count
```

```
# Utilización del grupo (requiere cálculo)  
address_registry_count / <total_pool_size> * 100
```

### Ejemplo:

```
Grupo: 100.64.1.0/24 (254 IPs)  
Asignadas: 150 IPs  
Utilización: 150 / 254 = 59%
```



# Alertas

```
# Alerta sobre alta utilización del grupo
- alert: UEIPPoolUtilizationHigh
  expr: address_registry_count > 200 # Para grupo /24
  for: 10m
  annotations:
    summary: "Utilización del grupo de IP de UE por encima del 80%"
    description: "Actual: {{ $value }} / 254 IPs asignadas"

# Alerta sobre agotamiento del grupo
- alert: UEIPPoolExhausted
  expr: address_registry_count >= 254 # Para grupo /24
  for: 1m
  annotations:
    summary: "Grupo de IP de UE agotado - no hay IPs disponibles"

# Alerta sobre fallos de asignación
- alert: UEIPAllocationFailures
  expr: rate(ue_ip_allocation_failures_total[5m]) > 0
  for: 5m
  annotations:
    summary: "Ocurriendo fallos en la asignación de IP de UE"
```

## Dashboard de Grafana

### Panel 1: Utilización del Grupo de IP

```
# Medida que muestra el porcentaje
(address_registry_count / 254) * 100
```

### Panel 2: IPs Asignadas a lo Largo del Tiempo

```
# Serie temporal
address_registry_count
```

### Panel 3: Tasa de Asignación

```
# Tasa de nuevas asignaciones
rate(address_registry_count[5m])
```

#### Panel 4: Riesgo de Agotamiento del Grupo

```
# Días hasta el agotamiento (basado en la tasa actual)
(254 - address_registry_count) / rate(address_registry_count[1h])
```

---

## Solución de Problemas

### Problema 1: Falla en el Establecimiento de la Sesión (No hay IP Disponible)

#### Síntomas:

- Respuesta de Crear Sesión: Causa "Solicitud rechazada"
- Registro: "Fallo en la asignación de dirección IP de UE"

#### Causas Posibles:

##### 1. Grupo Agotado

```
# Verificar la asignación actual
curl http://<pgw_c_ip>:42069/metrics | grep
address_registry_count
```

##### 2. Error de Configuración

```
# Verificar la configuración de subred
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      "internet" => [
        "100.64.1.0/24" # Asegurarse de que sea CIDR válido
      ]
    }
  }
}
```

### 3. Error de Configuración de APN

```
# Si no se encuentra el APN, retrocede al predeterminado
# Asegurarse de que exista el grupo predeterminado
subnet_map: %{
  default: ["42.42.42.0/24"]
}
```

#### Resolución:

- **Expandir el grupo:** Agregar más subredes
- **Limpiar sesiones obsoletas:** Reiniciar PGW-C para liberar IPs filtradas
- **Verificar configuración:** Revisar `runtime.exs` en busca de errores tipográficos

## Problema 2: Colisión de Direcciones IP

#### Síntomas:

- Dos UEs reciben la misma IP (muy raro)
- Problemas de enrutamiento

#### Causa:

- Error en el Registro de Direcciones (no debería suceder)

#### Depurar:

```
# Verificar IPs duplicadas en los registros
grep "already_registered" /var/log/pgw_c.log
```

### Resolución:

- Debería corregirse automáticamente (la segunda sesión reintentada)
- Si persiste, informar del error

## Problema 3: Se Utiliza el Grupo de IP Incorrecto

### Síntomas:

- UE recibe IP de una subred inesperada
- APN "internet" obtiene IP del grupo "ims"

### Causa:

- Configuración incorrecta de subnet\_map

### Verificar:

```
# Verificar coincidencia exacta de cadenas de APN
subnet_map: %{
  "internet" => [...],      # Sensible a mayúsculas
  "Internet" => [...]      # ¡APN diferente!
}
```

### Resolución:

- Asegurarse de que los nombres de APN coincidan exactamente (sensible a mayúsculas)
- Usar el grupo predeterminado para capturas generales

## Problema 4: Falla en la Asignación de IPv6

### Síntomas:

- UE solicita IPv6, recibe error

## Causas Posibles:

### 1. No hay grupo IPv6 configurado

```
# Falta de subredes IPv6
subnet_map: %{
  "internet" => [
    "100.64.1.0/24" # Solo IPv4
  ]
}
```

### 2. Prefijo IPv6 inválido

```
# Prefijo demasiado pequeño (debería ser /48 o mayor)
"internet" => [
  "2001:db8::/128" # Incorrecto - sin espacio para asignación
]
```

## Resolución:

```
# Agregar grupo IPv6
subnet_map: %{
  "internet" => [
    "100.64.1.0/24",
    "2001:db8:1::/48" # Grupo IPv6
  ]
}
```

## Problema 5: Alta Utilización del Grupo

### Síntomas:

- Acercándose al agotamiento del grupo
- `address_registry_count` se acerca al máximo

### Medidas Proactivas:

## 1. Agregar Subredes:

```
"internet" => [  
  "100.64.1.0/24",    # Existente  
  "100.64.2.0/24",    # Nueva subred (agrega 254 IPs)  
  "100.64.3.0/24"     # Nueva subred (agrega 254 IPs)  
]
```

## 2. Usar Subredes Más Grandes:

```
# Reemplazar /24 con /22  
"internet" => [  
  "100.64.0.0/22"     # 1022 IPs utilizables  
]
```

## 3. Limpieza de Sesiones:

- Monitorear sesiones obsoletas
- Asegurar el manejo adecuado de la Solicitud de Borrar Sesión

---

# Mejores Prácticas

## Planificación de Capacidad

### Calcular el tamaño del grupo requerido:

Usuarios concurrentes esperados: 10,000  
Concurrencia máxima: 30% (3,000 sesiones simultáneas)  
Buffer de crecimiento: 50%  
IPs requeridas:  $3,000 * 1.5 = 4,500$  IPs

Subred: /20 (4,094 IPs utilizables) - Demasiado pequeña  
Subred: /19 (8,190 IPs utilizables) - Suficiente

# Selección de Subred

## Recomendado:

- Usar `100.64.0.0/10` (RFC 6598 - NAT de Grado de Transportista)
- Proporciona 4 millones de IPs
- Reservado para NAT de proveedores de servicios

## Evitar:

- IPs públicas (costosas, limitadas)
- Rangos privados comunes que entren en conflicto con VPNs empresariales

# Diseño de Configuración

```
config :pgw_c,  
  ue: %{  
    subnet_map: %{  
      # APN principal de internet - grupo grande  
      "internet" => [  
        "100.64.0.0/18"  # 16,382 IPs  
      ],  
  
      # IMS - grupo dedicado más pequeño  
      "ims" => [  
        "100.64.64.0/22"  # 1,022 IPs  
      ],  
  
      # Empresa - grupo mediano  
      "enterprise.corp" => [  
        "100.64.68.0/22"  # 1,022 IPs  
      ],  
  
      # IoT - grupo grande para muchos dispositivos  
      "iot.m2m" => [  
        "100.64.72.0/20"  # 4,094 IPs  
      ],  
  
      # Predeterminado - respaldo pequeño  
      default: [  
        "100.64.127.0/24"  # 254 IPs  
      ]  
    }  
  }  
}
```

---

## Documentación Relacionada

### Configuración

- **Guía de Configuración** - Configuración del grupo de IP de UE, mapeo de subredes APN



- **Configuración de PCO** - DNS, P-CSCF, MTU entregados con la dirección IP
- **Gestión de Sesiones** - Ciclo de vida de la sesión, asignación de IP durante la configuración de PDN
- **Interfaz PFCP** - Asignación de dirección UE a través de PFCP a UPF

## Planificación de Redes

- **Interfaz S5/S8** - Entrega de direcciones IP a través de GTP-C
- **Interfaz Diameter Gx** - Control de políticas para la asignación de IP

## Operaciones

- **Guía de Monitoreo** - Métricas de utilización del grupo de IP, seguimiento de asignaciones
- **Formato de CDR de Datos** - Direcciones IP de UE en CDRs para correlación de facturación

---

**[Volver a la Guía de Operaciones](#)**