

# Guía de Configuración de OmniPGW

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

por Omnitouch Network Services

---

## Tabla de Contenidos

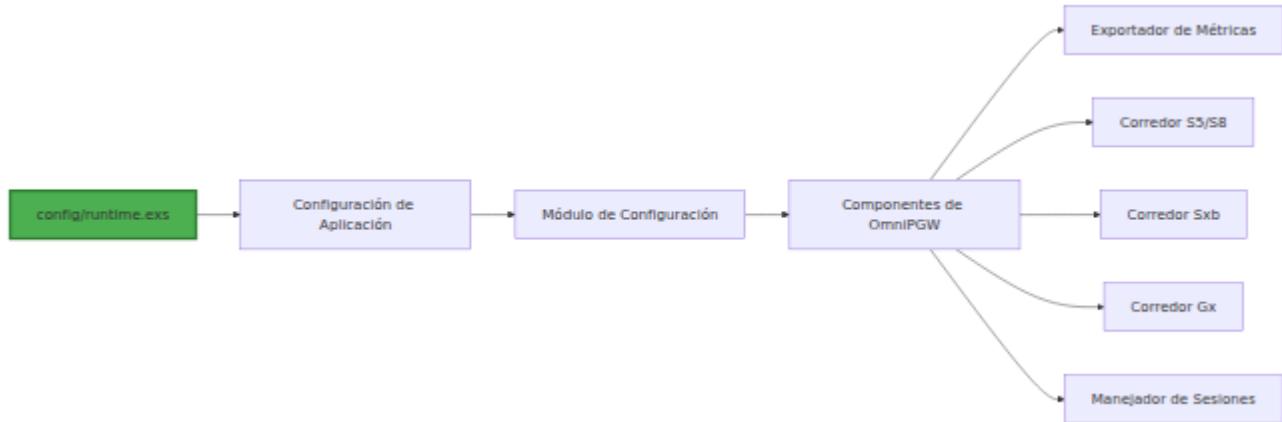
1. Descripción General
  2. Estructura del Archivo de Configuración
  3. Configuración de Métricas
  4. Configuración de Diameter/Gx
  5. Configuración de S5/S8
  6. Configuración de Sxb/PFCP
    - Estrategias de Selección de UPF
    - Balanceo de Carga con Grupos de UPF
    - Selección Basada en DNS
    - Modo de Prueba
  7. Configuración del Grupo de IP de UE
  8. Configuración de PCO
  9. Configuración de la Interfaz Web
  10. Ejemplo Completo
  11. Validación de 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 la configuración dinámica basada en variables de entorno o fuentes externas.

## Filosofía de Configuración



### Principios Clave:

- **Única Fuente 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 sobrescripciones 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
```

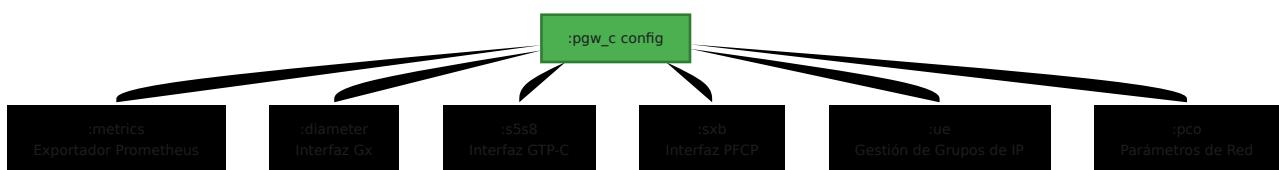
## Estructura de Nivel Superior

```
# 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 consultar 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 registros

## Ejemplos

### Producción - Enlazar a IP específica:

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

### 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 al 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 el 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 puerto GTP-C predeterminado (2123)
    local_port: 2123,

    # Tiempo de espera para solicitudes GTP-C en milisegundos
    # (predeterminado: 500ms)
    # Tiempo de espera por intento al esperar respuestas GTP-C
    request_timeout_ms: 500,

    # Número de intentos de reinicio para solicitudes GTP-C
    # (predeterminado: 3)
    # Tiempo total máximo de espera = request_timeout_ms *
    request_attempts
    request_attempts: 3
}
```

# Parámetros

Parámetro	Tipo	Predeterminado	Descripción
local_ipv4_address	Cadena (IPv4)	Requerido	Dirección IPv4 de la interfaz S5/S8
local_ipv6_address	Cadena (IPv6)	nil	Dirección IPv6 de la interfaz S5/S8 (opcional)
local_port	Entero	2123	Puerto UDP para GTP-C (puerto estándar 2123)
request_timeout_ms	Entero	500	Tiempo de espera por intento de reinicio en milisegundos
request_attempts	Entero	3	Número de intentos de reinicio 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: %{
    local_ipv4_address: "10.0.0.20"
}
```

### IPv4 + IPv6 Doble Pila:

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

### Puerto Personalizado (No Estándar):

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

### 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 como máximo
}
```

## Configuración de Tiempo de Espera

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

### Cálculo del Tiempo Total de Espera:

Tiempo Total Máximo de Espera = `request_timeout_ms` ×  
`request_attempts`  
 Predeterminado:  $500\text{ms} \times 3 = 1.5$  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 tiempo de espera** si se ven frecuentes errores de "Solicitud de Crear Bearer agotada" pero Wireshark muestra respuestas llegando
- **Disminuir tiempo de espera** para una detección de fallos más rápida en entornos de baja latencia
- **Aumentar intentos de reinicio** para redes poco fiables con pérdida de paquetes

### Comportamiento de Tiempo de Espera:

- En caso de tiempo de espera, se registra un error: "Solicitud de Crear Bearer agotada"
- 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:

- Usar 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 de SGW-C
iptables -A INPUT -p udp --dport 2123 -s <sgw_c_network> -j ACCEPT
```

# 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 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	8805	Puerto UDP PFCP

## Importante:

- **Todos los pares UPF se registran automáticamente** desde la configuración `upf_selection` (reglas + grupo de reserva) al inicio
- Los UPFs registrados automáticamente utilizan valores predeterminados sensatos:
  - Nombre autogenerado: "`UPF-<ip>:<port>`"
  - Asociación PFCP pasiva (esperar a que UPF inicie)
  - Intervalo de latido de 5 segundos
- Las reglas y grupos de selección de UPF 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 autogenerado: "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: "Grupo 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}
    ]
}
# 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 `upf_selection`.

### Estructura de Configuración

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

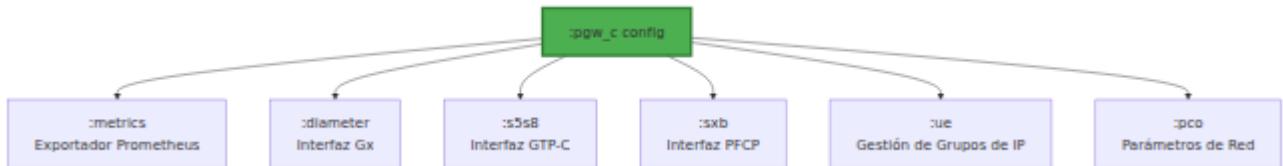
1. **Reglas Estáticas** - Enrutamiento basado en patrones con grupos de balanceo de carga
2. **Configuraciones DNS** - Descubrimiento dinámico de UPF basado en ubicación
3. **Grupo de Reserva** - Grupo predeterminado cuando no coinciden reglas y falla DNS

### Orden de Prioridad de Selección

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

2. **Selección Basada en DNS** (Baja Prioridad) - Descubrimiento dinámico de UPF basado en ubicación
3. **Grupo de Reserva** (Menor Prioridad) - Grupo predeterminado cuando no coinciden reglas y falla DNS

## Flujo de Decisión de Selección de UPF



## Campos de Coincidencia Disponibles

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

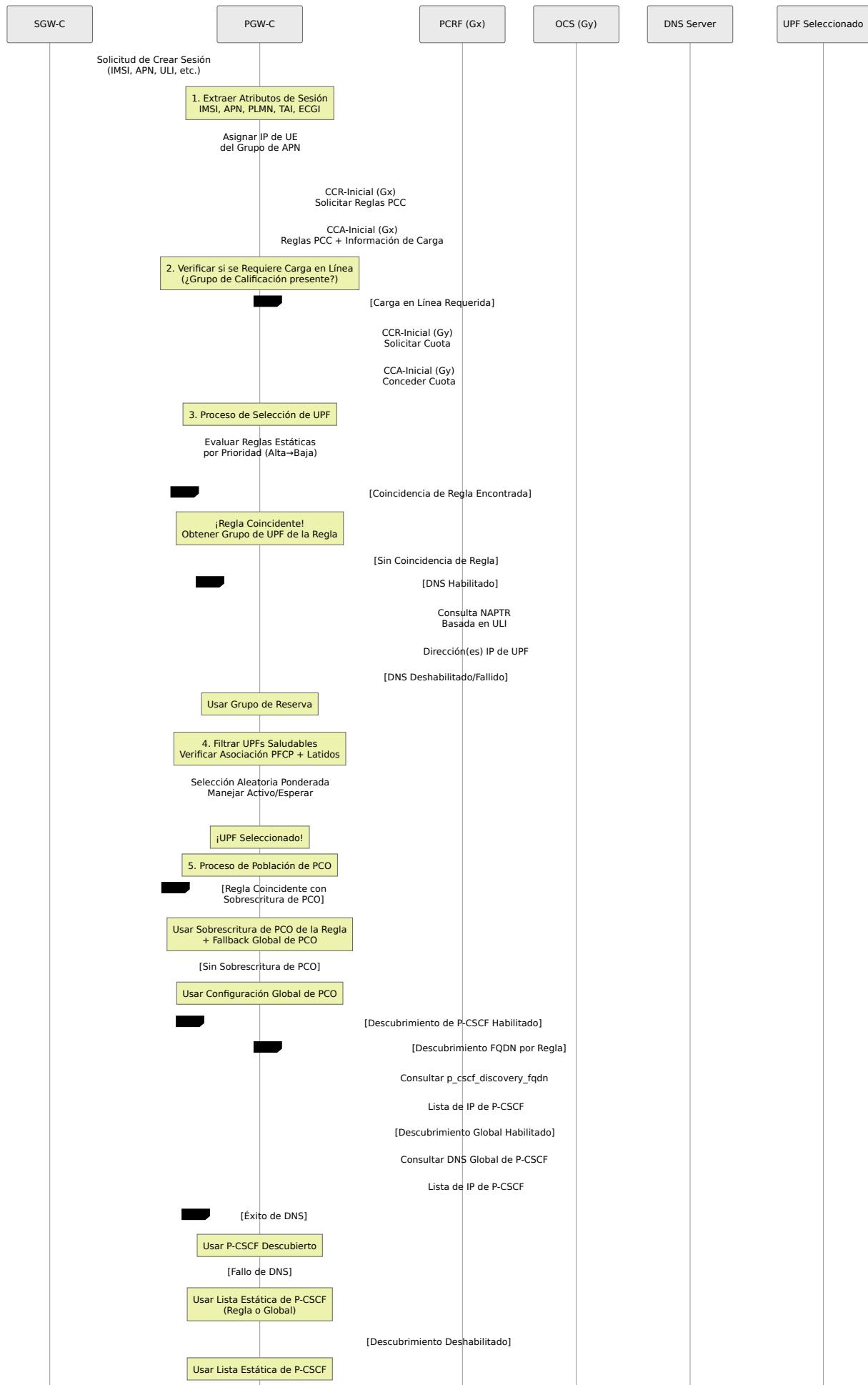
Campo de Coincidencia	Descripción	Patrón de Ejemplo
:imsi	Identidad Internacional de Suscriptor Móvil	^313380.* (operador de EE. UU.)
:apn	Nombre del Punto de Acceso / DNN	^internet\.. o ^ims\..
:serving_network_plmn_id	Identificador de red de servicio	^313380\$
:sgw_ip_address	Dirección IP de SGW	^10\..100\...*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

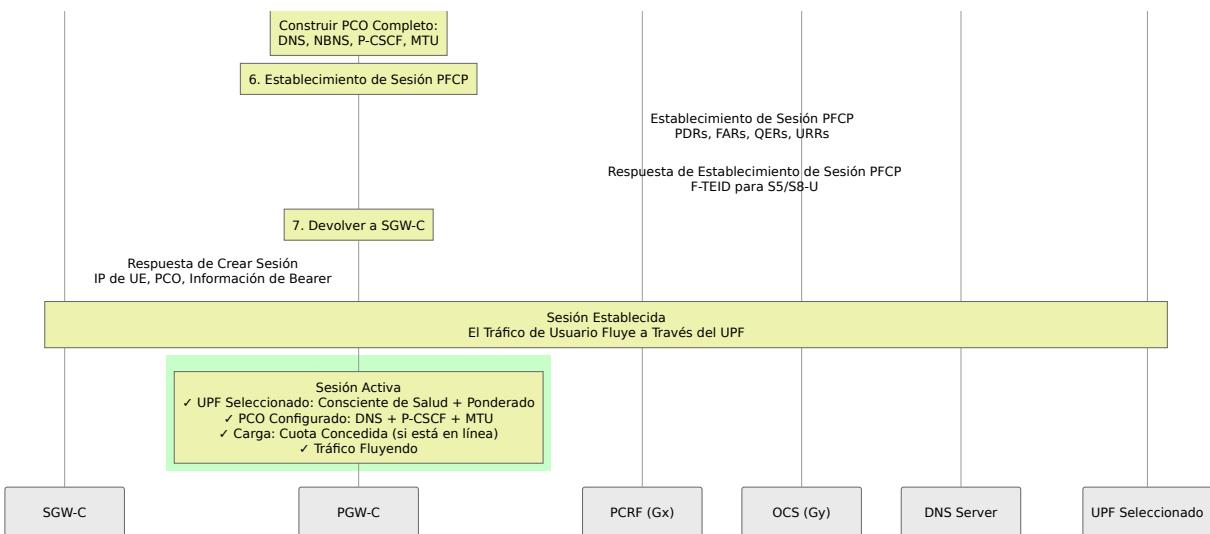
# Comparación de Métodos de Selección

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>Grupo de Reserva</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 de extremo a extremo, 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 → Grupo de Reserva
- Filtrado de salud aplicado en todas las etapas
- Lógica Activo/Esperar 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 (la regla sobrescribe campos específicos, el 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 por 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 grupos 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: [
                    %{remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805,
weight: 80},
                    %{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: [
                    %{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}
        ]
    }
],
]

# Grupo de reserva - Usado cuando no coinciden reglas y falla
DNS
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
- **Grupos Requeridos:** Todas las reglas utilizan el formato `upf_pool` (incluso para un solo UPF)
- **Fallback Estructurado:** Grupo de reserva dedicado con distribución ponderada
- **Integración DNS:** Configuraciones DNS junto a reglas de selección

- **Registro Dinámico:** UPFs descubiertos por DNS se registran automáticamente en el primer uso
- **Monitoreo de Salud:** Todos los UPFs configurados son monitoreados 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 grupo de reserva de `upf_selection`

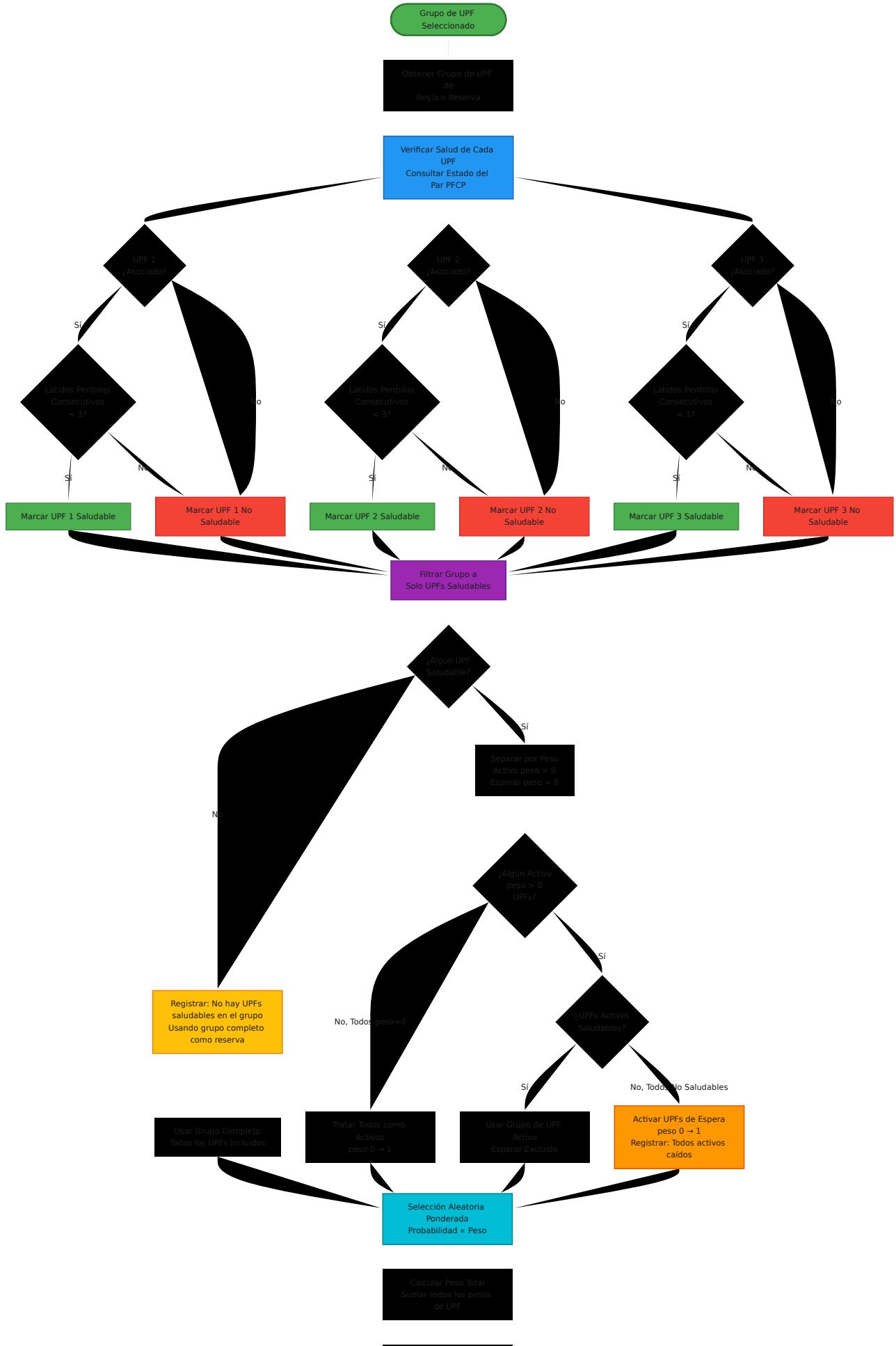
## Cómo Funcionan los Grupos de UPF:

- 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 vuelve a todos los UPFs si ninguno es saludable (fallo rápido)
- 2. Soporte Activo/Esperar:** Usar `weight: 0` para UPFs de espera
  - **UPFs Activos** (peso > 0): Reciben tráfico cuando son saludables
  - **UPFs de Espera** (peso == 0): Solo reciben tráfico cuando todos los UPFs activos están caídos
  - Los UPFs de espera 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
  - Mayor peso = más sesiones asignadas a ese UPF
  - Pesos iguales = distribución equitativa
- 4. Registro Automático:** Todos los UPFs en grupos se registran automáticamente al inicio
  - Nombres autogenerados: "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/Esperar**



Generar Número  
Aleatorio  
0 a Peso total

Seleccionar UPF Basado  
en  
Rangos de Peso

UPF Seleccionado

### Ejemplo de Selección Aleatoria Ponderada:

Grupo: [  
    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/Esperar:

```
Grupo Inicial: [
    UPF-A: peso 100, saludable ✓ (Activo)
    UPF-B: peso 0, saludable ✓ (Esperar)
]
```

Escenario 1: UPF-A Saludable  
→ Usar Grupo Activo: [UPF-A: 100]  
→ Todo el tráfico a UPF-A

Escenario 2: UPF-A Falla  
→ No hay UPFs activos saludables  
→ Activar Espera: [UPF-B: 1]  
→ Todo el tráfico se transfiere a UPF-B  
→ Registrar: "Todos los UPFs activos caídos, activando UPFs de espera"

Escenario 3: Ambos No Saludables  
→ No hay UPFs saludables  
→ Usar grupo completo: [UPF-A: 100, UPF-B: 0]  
→ Seleccionar con pesos (intentar conexión, puede fallar)  
→ Registrar: "No hay UPFs saludables en el grupo, usando grupo completo como reserva"

### **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 balanceada 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/Esperar (100% primario, 0% de espera hasta que falle el
# primario)
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}
    # Espera (solo cuando el activo está caído)
]

# Activo con múltiples esperas (carga balanceada cuando se activa)
upf_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.1.1", remote_port: 8805, weight: 100}, # Activo
    %{remote_ip_address: "10.0.1.2", remote_port: 8805, weight: 0},
    # Espera 1
    %{remote_ip_address: "10.0.1.3", remote_port: 8805, weight: 0}
    # Espera 2
]
# Resultado: Activo obtiene 100%. Si el activo falla, las esperas
# obtienen 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}
]
```

```
50} # Nueva versión  
]
```

## Casos de Uso:

- **Failover Activo/Esperar:** Usar `weight: 0` para UPFs de espera 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 capacidad
- **Alta Disponibilidad:** Distribución automática previene 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

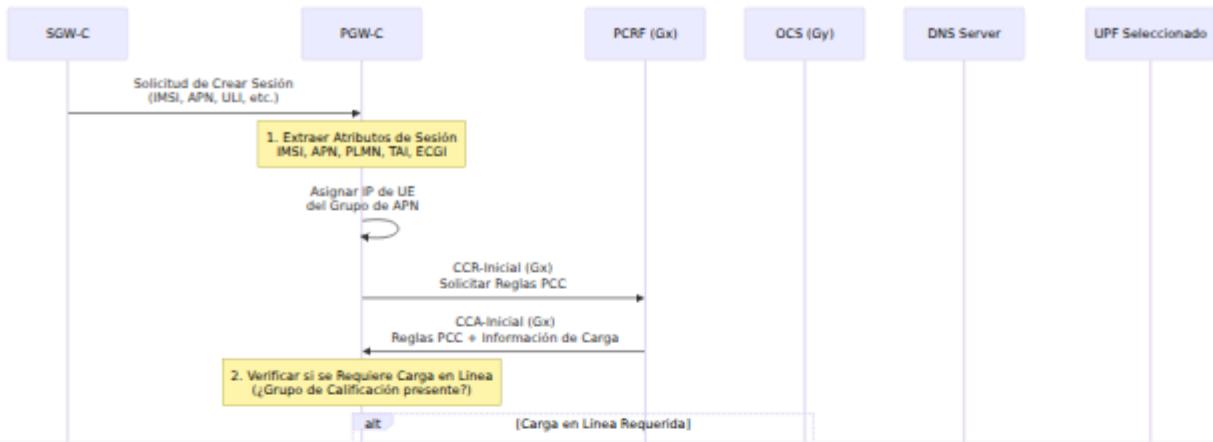
## Sobrescrituras de PCO (Opciones de Configuración de Protocolo):

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 se desean 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**



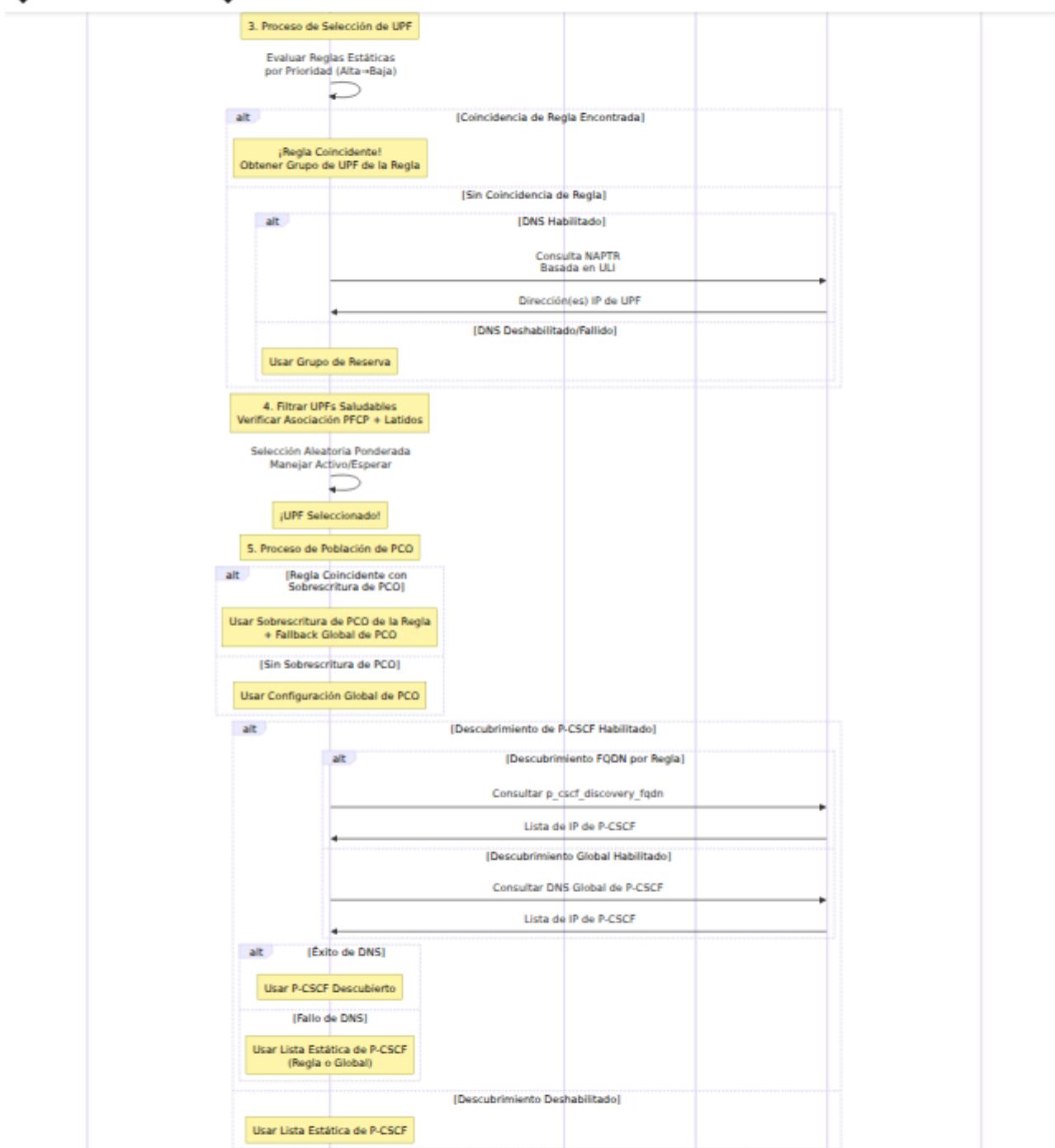
OmniCharge

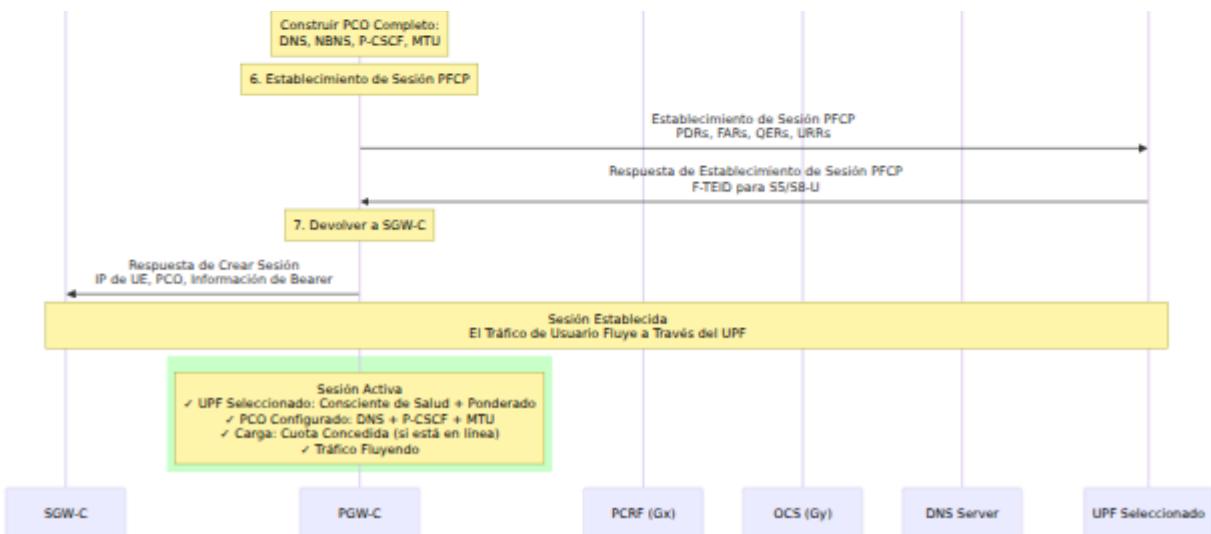
OmniRAN

Downloads

ESPAÑOL

Omnitouch Website





### 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 / Fallback)

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

Sesión IMS (coincidió 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)
  - └ Fallback: DE LA REGLA si falla DNS
  - └ MTU: DE GLOBAL (no sobrescrito en la regla)

Sesión Empresarial (coincidió 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 NBNS (NetBIOS) primario
- `secondary_nbns_server_address` - Dirección IP del servidor NBNS 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 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 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 vuelve a `p_cscf_ipv4_address_list` de la sobrescritura de PCO (si se especifica) o 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 fallback si falla DNS)
    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 - Completamente 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 sesión.

```
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 **NINGUNA regla estática coincide** (baja prioridad)
2. **Generación de Consulta:** Construye consultas NAPTR de DNS basadas en la ubicación de UE:
  - Consulta ECGI: `eci-<hex>.ecgi.epc.mnc&lt;MNC>.mcc&lt;MCC>.epc.3gppnetwork.org`
  - Consulta TAI: `tac-lb<hex>.tac-hb<hex>.tac.epc.mnc&lt;MNC>.mcc&lt;MCC>.epc.3gppnetwork.org`
  - Consultas RAI, SAI, CGI siguen un formato similar de 3GPP TS 23.003
3. **Jerarquía de Fallback:** 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 llegará 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 UPFs de borde geográficamente más cercanos
- **Descubrimiento Dinámico de UPF:** Agregar/eliminar UPFs de su red sin reconfigurar PGW-C
- **Balanceo de Carga:** Distribuir carga entre UPFs según 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 Latidos:** Menos de 3 latidos consecutivos perdidos
3. **Proceso Vivo:** El proceso 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 consecutivos de latidos
- El proceso del 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 grupo de reserva 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/Esperar** (al usar `weight: 0`):

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

### **Registro:**

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

### **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 estado de salud en tiempo real para todos los UPFs en cada grupo
- Insignias de estado:  UPF Activo,  Espera Lista,  Activo CAÍDO,  No Asociado
- Insignias de rol: ACTIVO (peso > 0), ESPERA (peso == 0), DINÁMICO (descubierto por DNS, no en config)
- Contador de latidos perdidos mostrado para UPFs asociados

## Mejores Prácticas de Monitoreo de Salud

1. **Configurar UPFs en upf\_selection:** Todos los UPFs en reglas y grupos de reserva son monitoreados automáticamente

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

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

```
upf_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.1.1.1", remote_port: 8805, weight:
    100}, # Activo
    %{remote_ip_address: "10.1.1.2", remote_port: 8805, weight:
    0} # Espera
]
```

3. **Monitorear a través de la Interfaz Web:** Revisar regularmente el estado de salud de UPF en el panel de control

4. **Monitoreo de latidos:** El sistema utiliza un umbral fijo de 3 latidos perdidos consecutivos para determinar la salud del par.

## Registro Dinámico de UPF

**Función:** El PGW-C registra y monitorea automáticamente los UPFs descubiertos a través de DNS, incluso si no están en la configuración de `upf_selection`.

### Cómo Funciona

Cuando cualquier método de selección (reglas estáticas, grupos o DNS) devuelve un UPF que no está registrado, el sistema automáticamente:

1. **Crea un Par PFCP:** Genera una configuración predeterminada para el par UPF desconocido
2. **Inicia Asociación PFCP:** Intenta establecer una asociación PFCP con el UPF
3. **Registra en el Registro de Pares:** Agrega el UPF al sistema interno de seguimiento de pares
4. **Comienza Monitoreo de Latidos:** Inicia intercambios de latidos periódicos (intervalos de 10 segundos)
5. **Rastrea Vitalidad:** Monitorea el UPF por fallos y recuperación

### Configuración Predeterminada para UPFs Dinámicos

Cuando un UPF se registra dinámicamente, recibe la siguiente configuración predeterminada:

```
%{  
    name: "Dynamic-UPF-<IP>",           # por ejemplo, "Dynamic-  
    UPF-10-100-1-21"  
    remote_ip_address: <discovered_ip>,   # IP de DNS o selección  
    remote_port: 8805,                      # Puerto PFCP estándar  
    (sobrescribible)  
    initiate_pfcp_association_setup: true,  # PGW-C inicia la  
    asociación  
    heartbeat_period_ms: 10_000            # Intervalo de latido de  
    10 segundos  
}
```

**Nota:** Los UPFs dinámicos se registran únicamente para la gestión de asociaciones. Se utilizan como objetivos en las reglas de `upf_selection`, no como fuentes de lógica de selección.

### Ejemplo: DNS Devuelve UPF Desconocido

```
# La consulta DNS devuelve: upf-edge-2.example.com -> 10.200.5.99  
# Este UPF NO está en su configuración de upf_selection  
  
# Flujo de registro dinámico:  
# 1. El sistema detecta el
```

# 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
<b>Carga Offline</b>	Generar CDRs para facturación postpaga
<b>Análisis</b>	Analizar patrones de uso de suscriptores
<b>Rastro de Auditoría</b>	Rastrear todos los eventos de sesión de portadora
<b>Planificación de Capacidad</b>	Monitorear la utilización de recursos de red
<b>Solución de Problemas</b>	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

<b>Posición</b>	<b>Nombre del Campo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
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:

<b>Tipo de Evento</b>	<b>Formato</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cuándo se Genera</b>
<b>Inicio de Portadora</b>	<type>_bearer_start	Establecimiento de portadora	Se envía la Respuesta de Creación de Sesión
<b>Actualización de Portadora</b>	<type>_bearer_update	Informe de uso durante la sesión	Informes de uso periódicos desde el plano de usuario
<b>Fin de Portadora</b>	<type>_bearer_end	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**

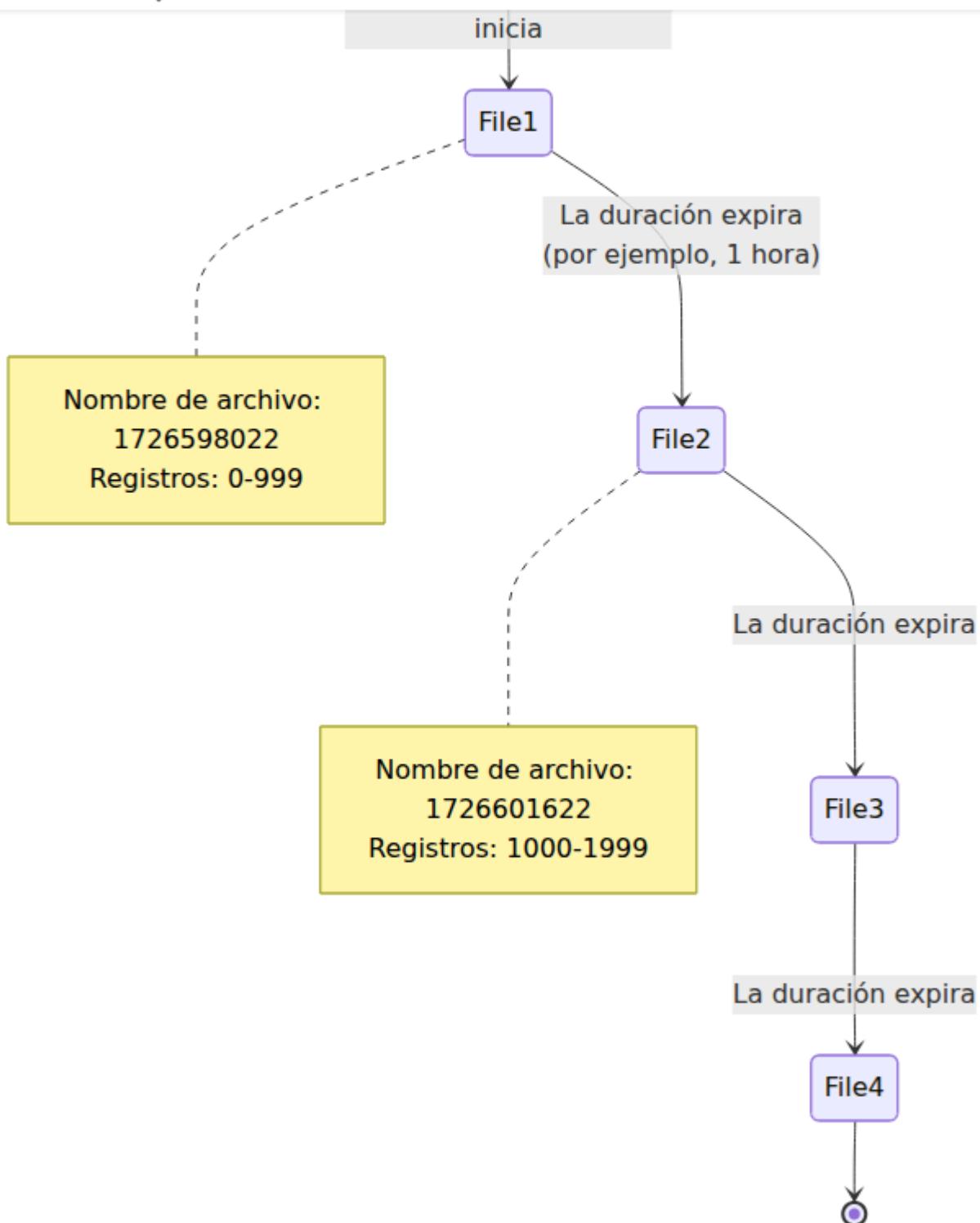
default_bearer_start	- Portadora predeterminada establecida
default_bearer_update	- Actualización de uso de portadora
predeterminada	
default_bearer_end	- Portadora predeterminada terminada
dedicated_bearer_start	- Portadora dedicada establecida
dedicated_bearer_update	- Actualización de uso de portadora
dedicada	
dedicated_bearer_end	- Portadora dedicada terminada

# Estructura del Archivo

# Ejemplo de Archivo CDR

# **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	
pgw_name	cadena	Identificador de la instancia PGW (aparece en los encabezados de CDR)	"omni-pgw01"	Usado II
cdr_file_duration	entero	Intervalo de rotación de archivos (ms)	3600000	3600000
cdr_directory	cadena	Ruta del directorio de salida de CDR	"/tmp/pgw_c"	/var/tmp/pgw_c
usage_report_interval	entero	Intervalo de informe URR (ms) - con qué frecuencia PGW-U envía informes de uso	60000	60000

## 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
```

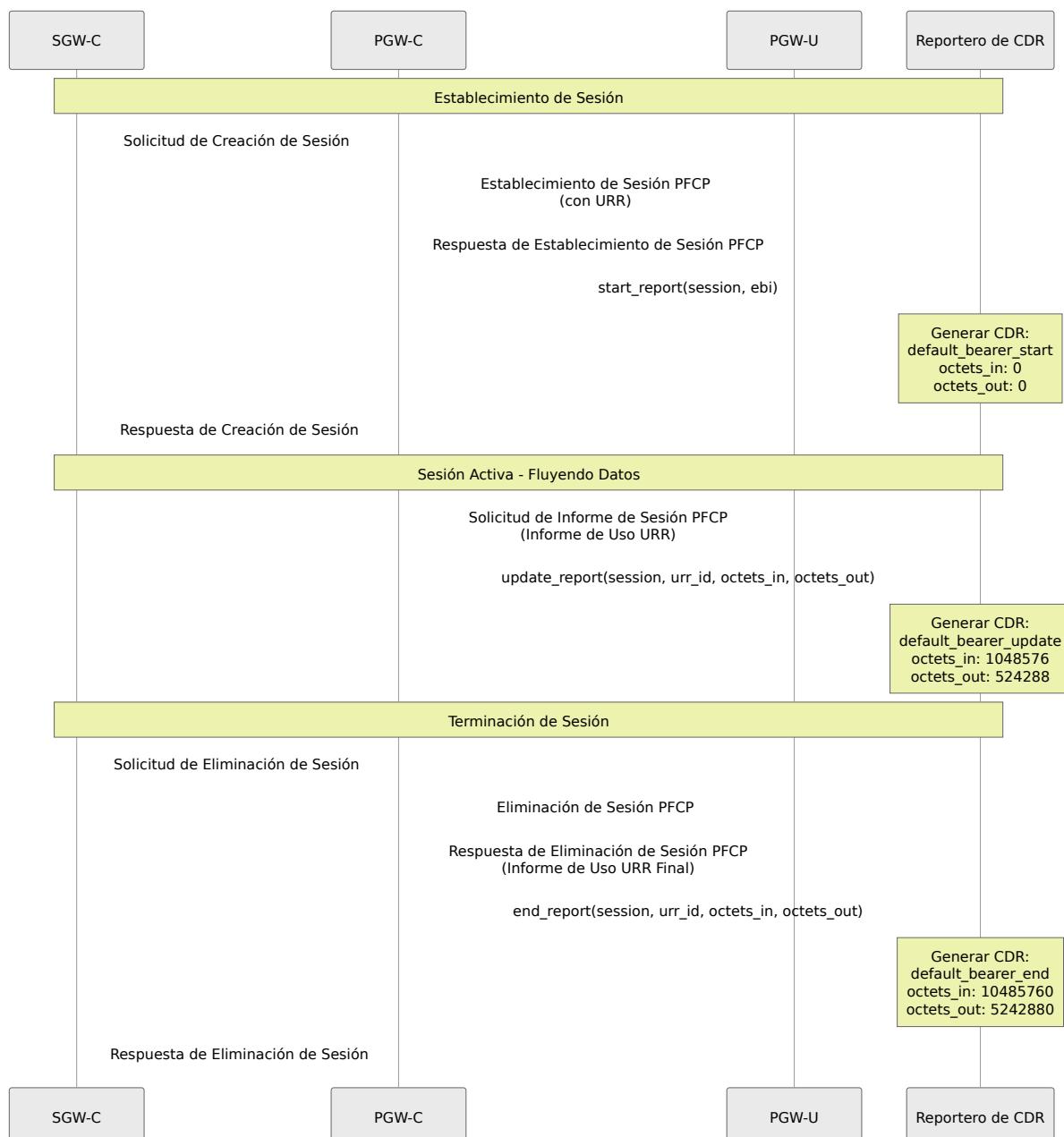
Consulta la [Documentación de la Interfaz PFCP](#) para detalles de PFCP de URR y `lib/core/session/impl/procedures.ex:468` para la creación de URR durante el

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:**

<b>QCI</b>	<b>Tipo de Recurso</b>	<b>Prioridad</b>	<b>Retraso de Paquete</b>	<b>Pérdida de Paquete</b>	<b>Servicio de Ejemplo</b>
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,  
1726570800,31026011111111, default_bearer_start,10001,15551111111,111  
1726571100,31026011111111, default_bearer_update,10001,15551111111,111  
1726571400,31026011111111, default_bearer_end,10001,15551111111,11111
```

---

## 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,10002,155522222222,222  
1726571100,3102602222222222,default_bearer_update,10002,155522222222,222  
1726571400,3102602222222222,default_bearer_update,10002,155522222222,222  
1726571700,3102602222222222,default_bearer_update,10002,155522222222,222  
1726572000,3102602222222222,default_bearer_end,10002,155522222222,22222
```

## 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:

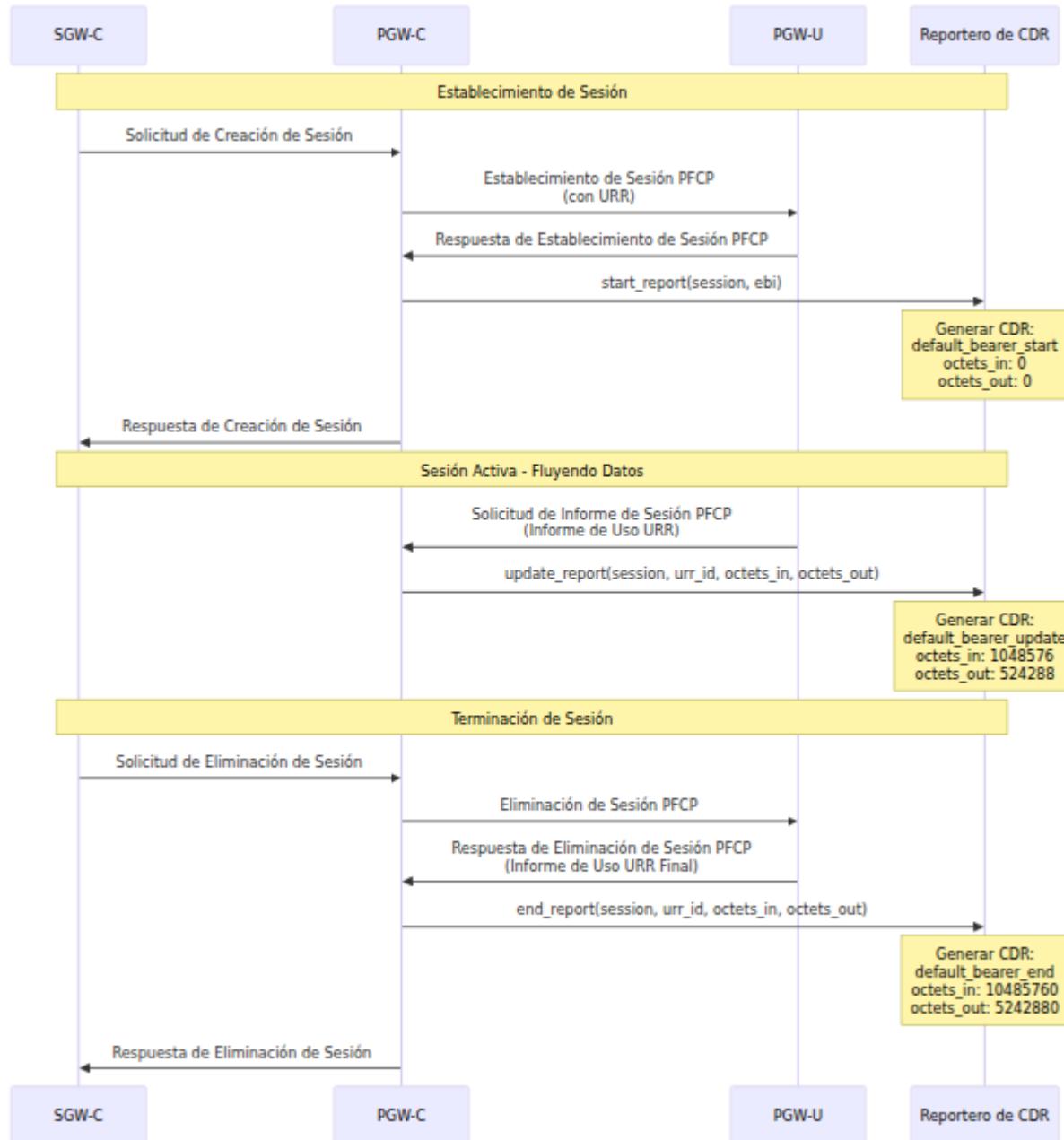
```
1726570800,3102603333333333,default_bearer_start,10003,155533333333,333  
1726571100,3102603333333333,dedicated_bearer_start,10004,155533333333,333  
1726571400,3102603333333333,default_bearer_update,10003,155533333333,333  
1726571400,3102603333333333,dedicated_bearer_update,10004,155533333333,333  
1726571700,3102603333333333,dedicated_bearer_end,10004,155533333333,333  
1726572000,3102603333333333,default_bearer_end,10003,155533333333,33333
```

## **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

1. Descripción General
2. Conceptos Básicos de la Interfaz Gx
3. Protocolo Diameter
4. Mensajes de Control de Crédito
5. Reglas de Políticas y Cargos
6. Configuración
7. Flujos de Mensajes
8. Manejo de Errores
9. Resolución de Problemas

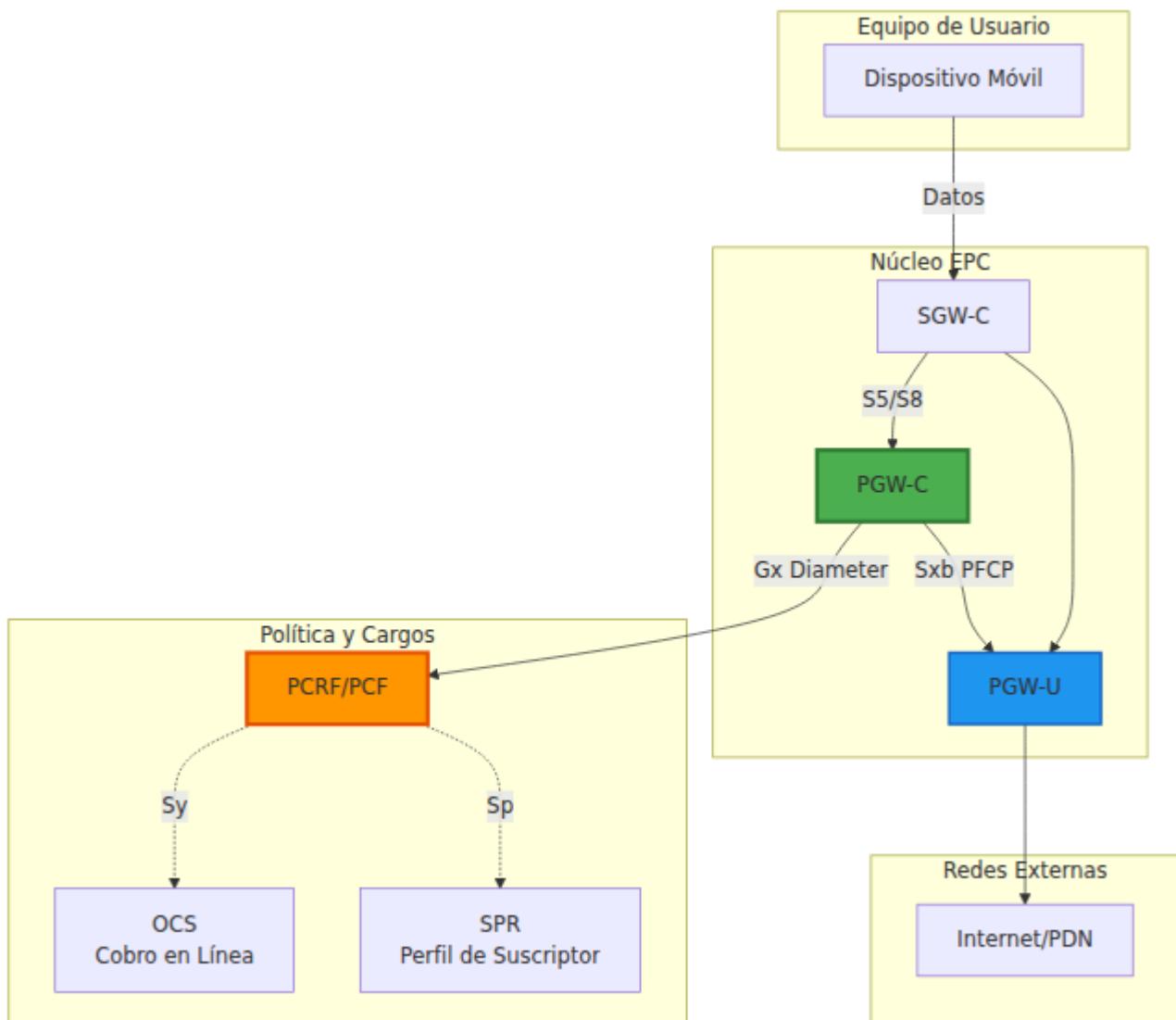
## Descripción General

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: Proxiable
  - └── E: Error
  - └── 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:

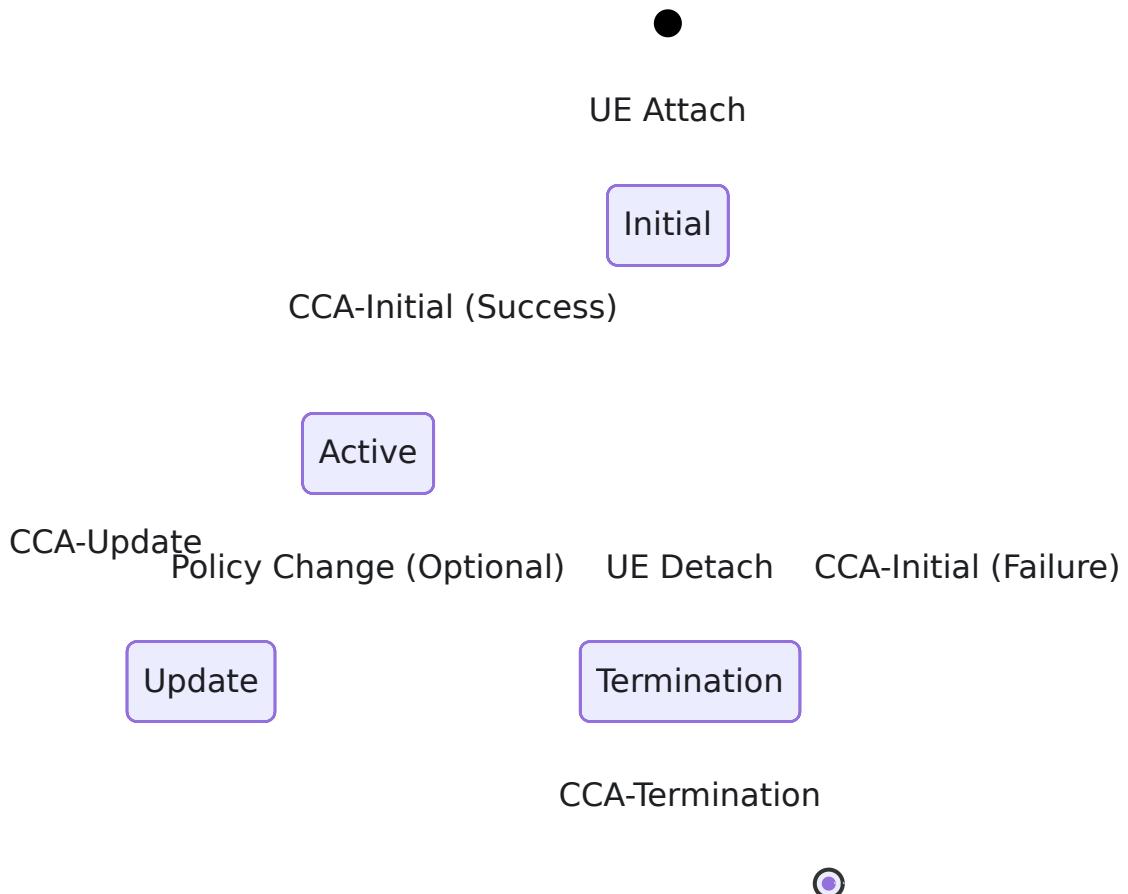
- 2001 - DIAMETER\_SUCCESS
- 3xxx - Errores de protocolo

- 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

<b>Nombre AVP</b>	<b>Código AVP</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
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

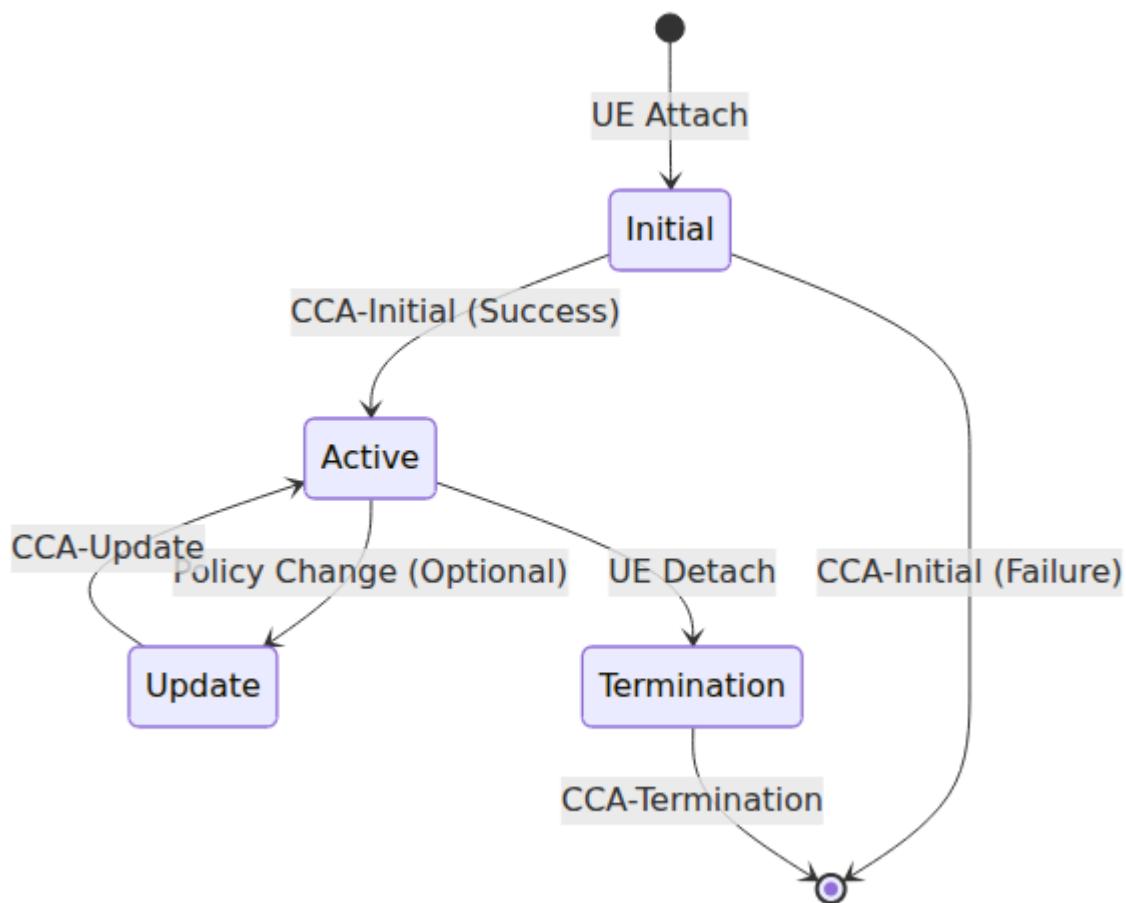
### Ejemplo CCA-T:

```
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 (prepago 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: 10000000
        └─ Max-Requested-Bandwidth-DL: 50000000
└─ 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

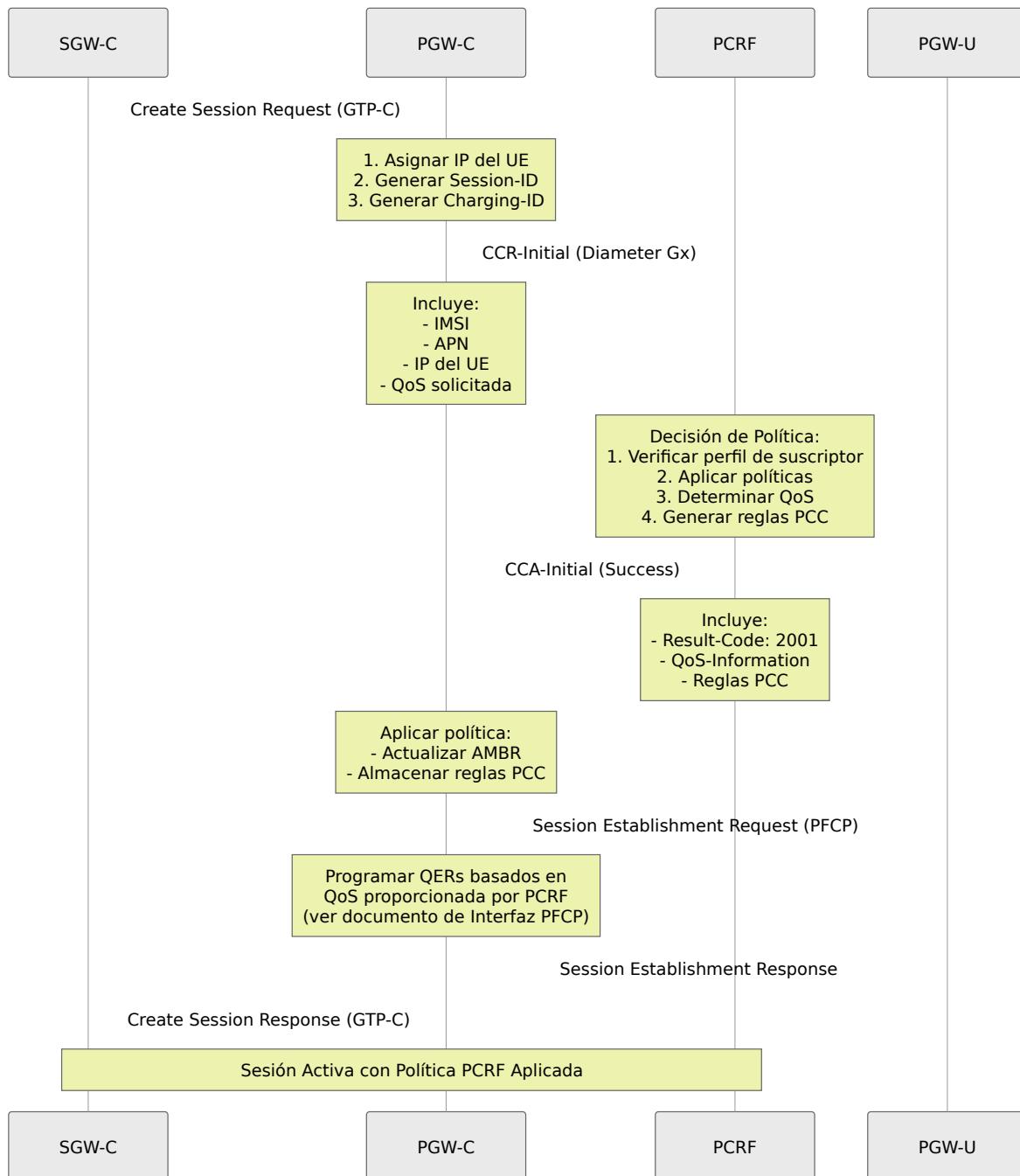
```

## **Formato del Reino:**

- Debe ser un nombre de dominio válido
  - Generalmente coincide con el formato PLMN de 3GPP:  
`epc.mncXXX.mccYYY.3gppnetwork.org`
-

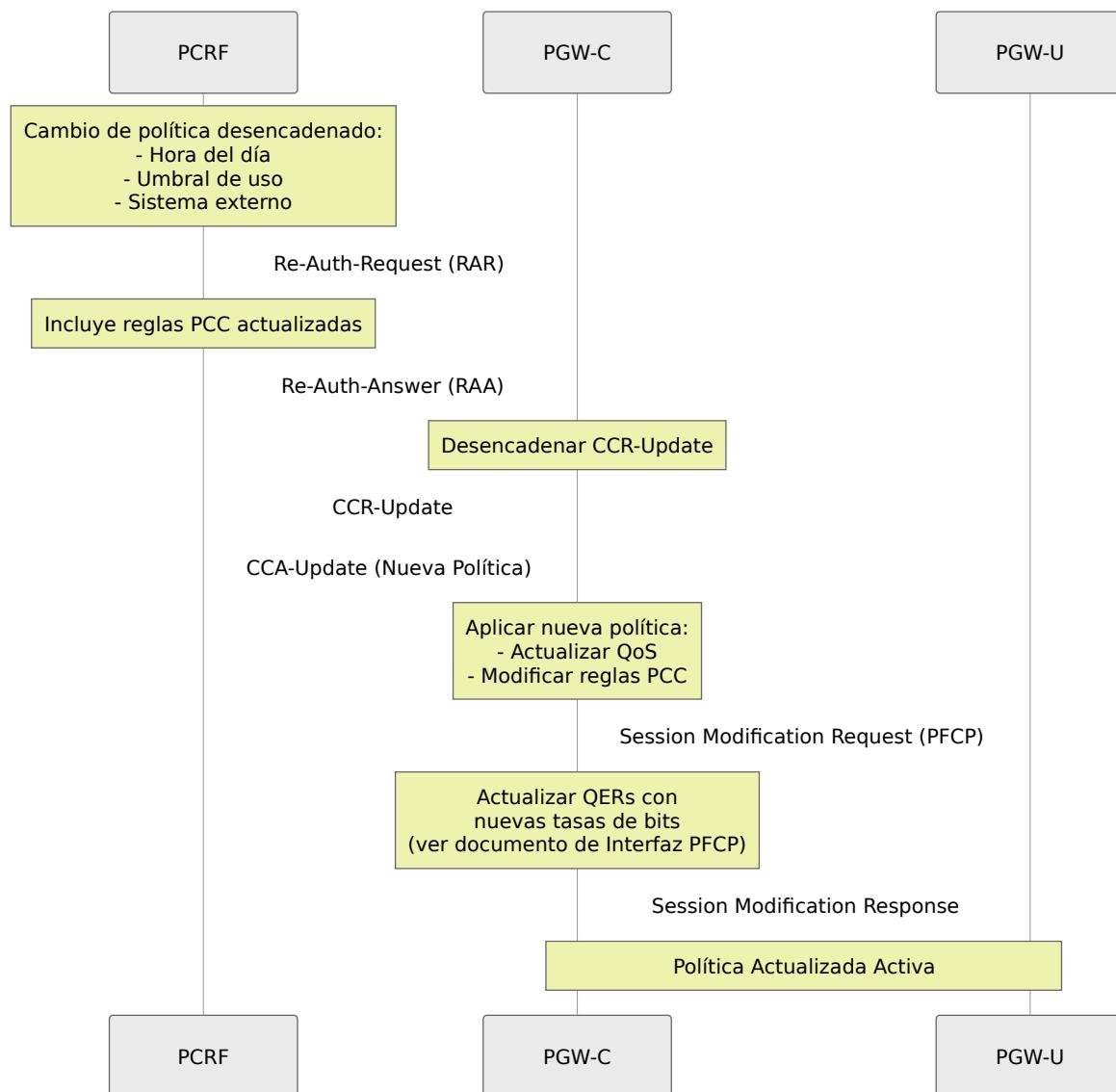
# Flujos de Mensajes

## Establecimiento Exitoso de Sesión

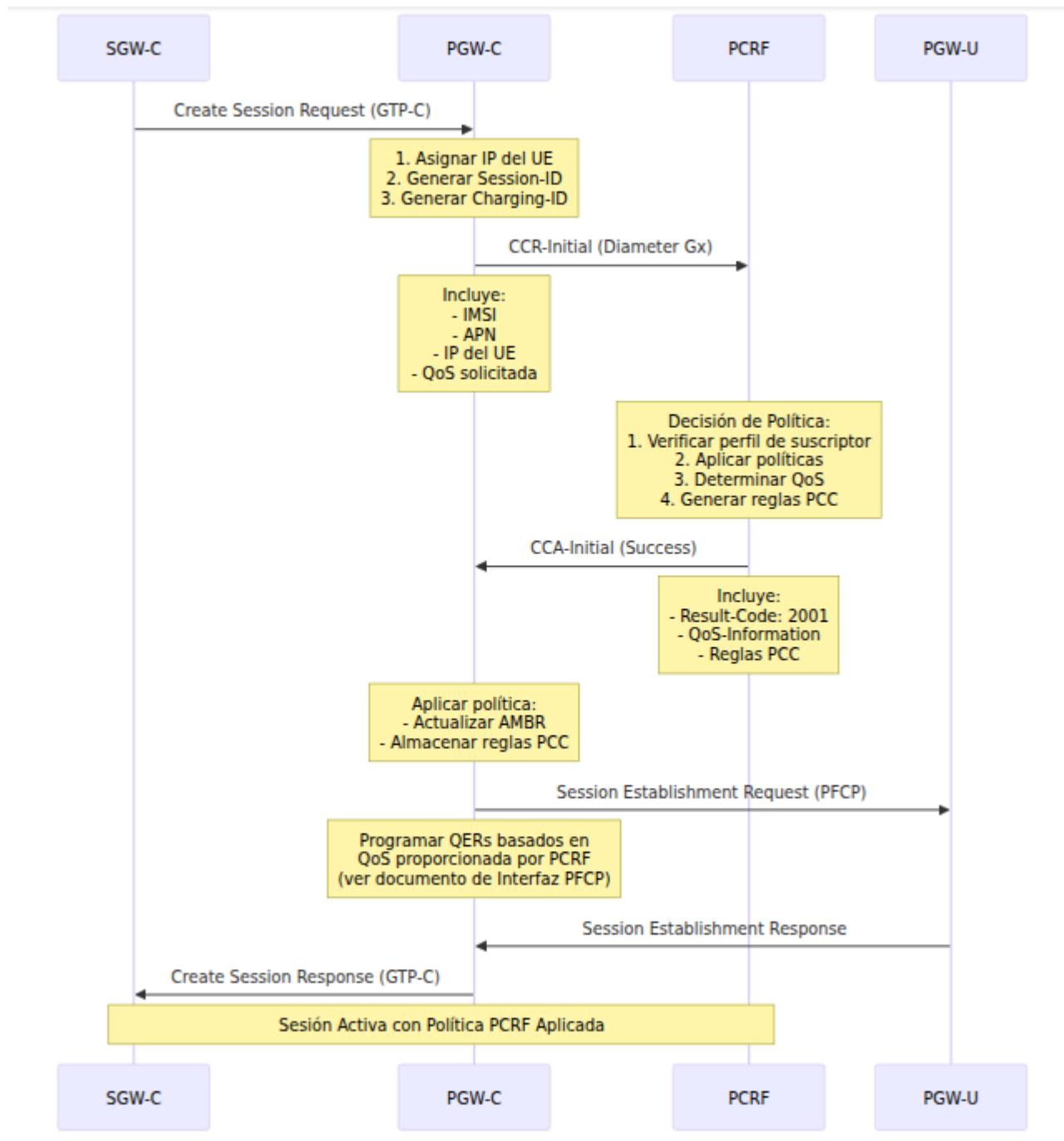


**Nota:** Los parámetros de QoS del PCRF se traducen en QERs (Reglas de Aplicación de QoS) y se programan en el PGW-U a través de PFCP. Ver [Interfaz PFCP](#) para detalles de QER.

# 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:

Código	Nombre	Acción
2001	DIAMETER_SUCCESS	Continuar el establecimiento de la sesión

## Fallos Permanentes (5xxx):

Código	Nombre	Acción del PGW-C
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):

Código	Nombre	Acción del PGW-C
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:

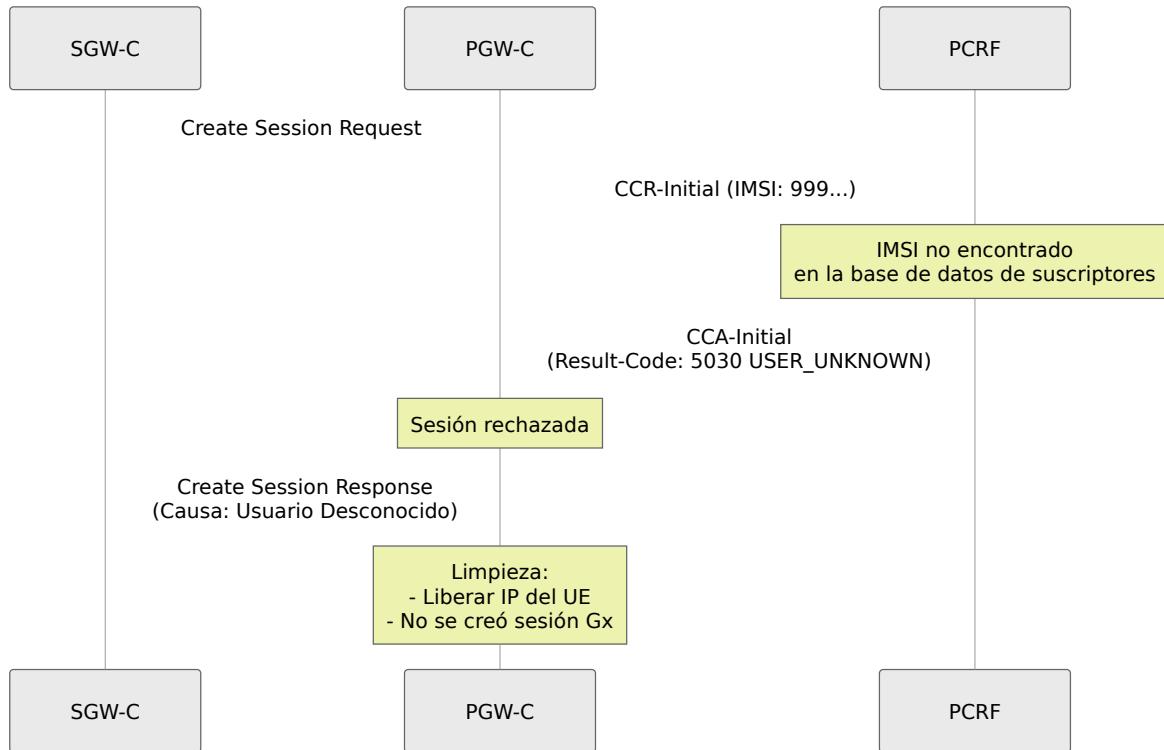
1. PGW-C espera el tiempo de espera configurado (por ejemplo, 5 segundos)
2. Si no se recibe CCA:
  - Registrar: "Timeout de CCR-Initial para Session-ID: ..."
  - Responder al SGW-C con causa de error
  - Limpiar recursos asignados
3. SGW-C recibe: Create Session Response (Causa: Remote Peer Not Responding)

## Respuesta de Error al SGW-C:

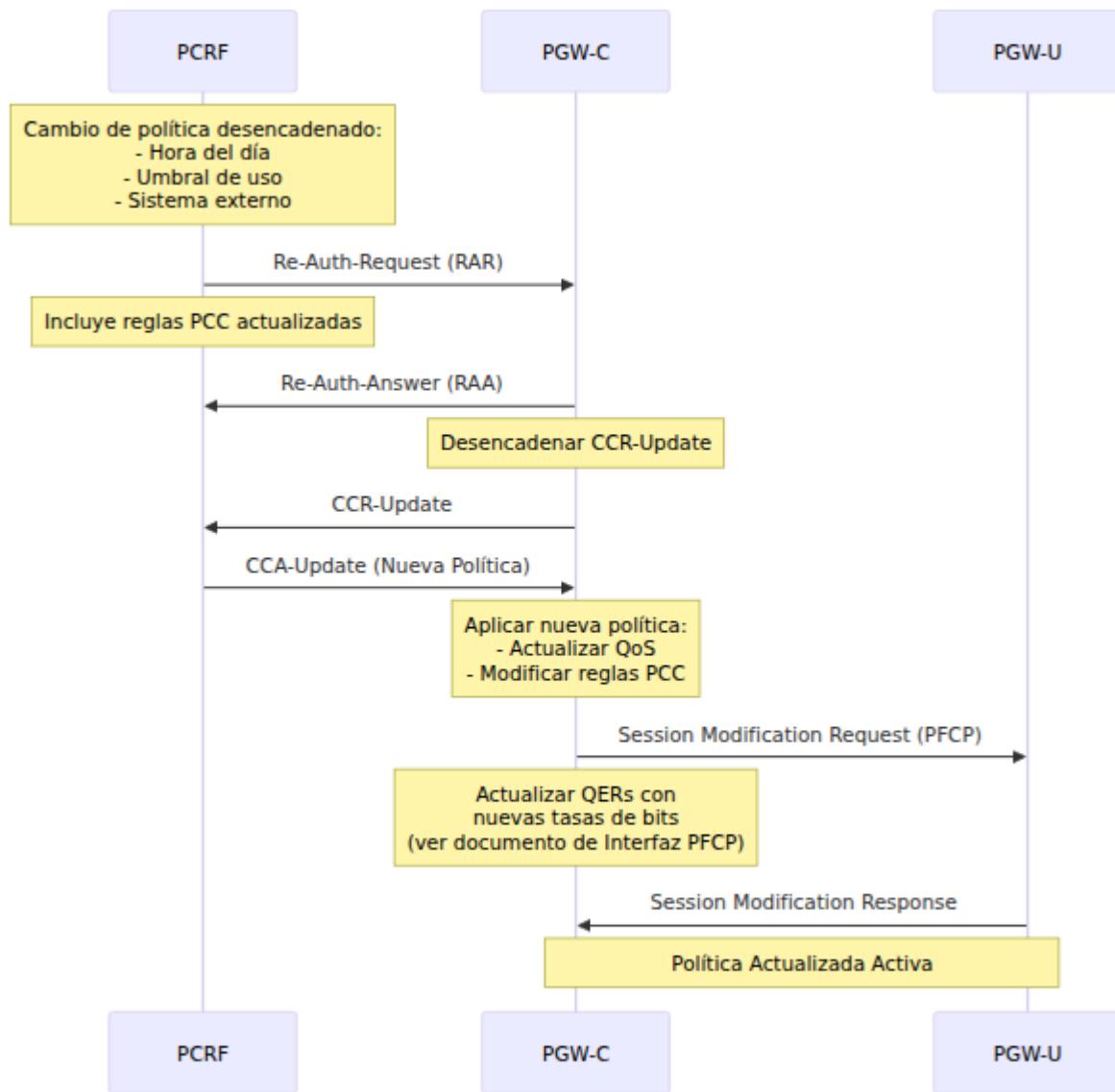
Cuando CCR-Initial se agota, el PGW-C envía una Create Session Response con el código de causa :remote\_peer\_not\_responding al SGW-C.

# 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:**

<b>Código de Resultado</b>	<b>Causa Probable</b>	<b>Resolución</b>
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 3102609999999999 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 Servicios** - Diferente carga para voz, datos, SMS, etc.
- **Actualizaciones Inmediatas de Cuenta** - Actualizaciones de saldo de crédito en tiempo real
- **Negación de Servicio** - Bloquear el servicio cuando se agota el crédito

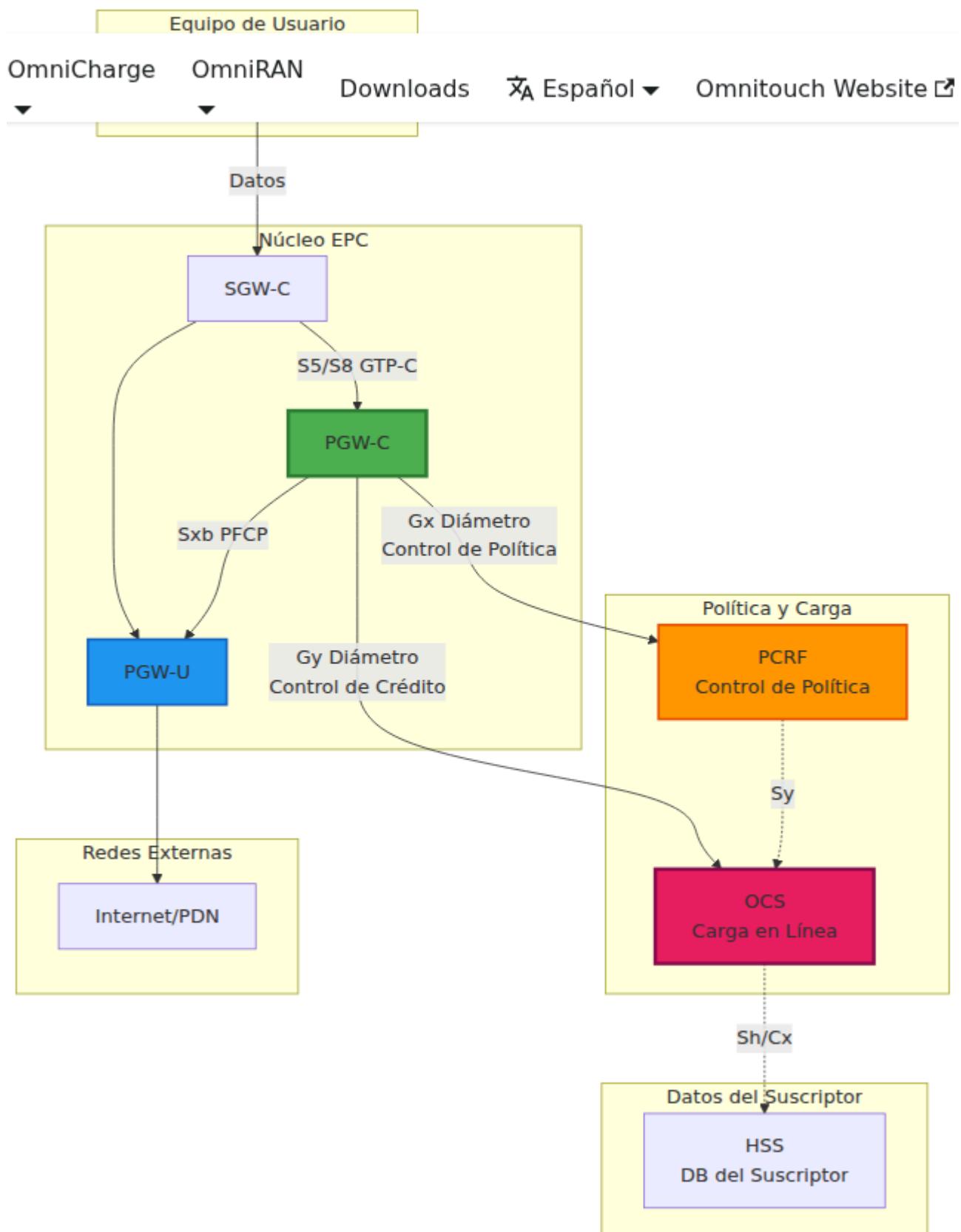
## Carga en Línea vs. Carga Fuera de Línea

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 otorgar 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 impagadas
<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 incluyendo la integración de carga

# Gy en la Arquitectura de Red

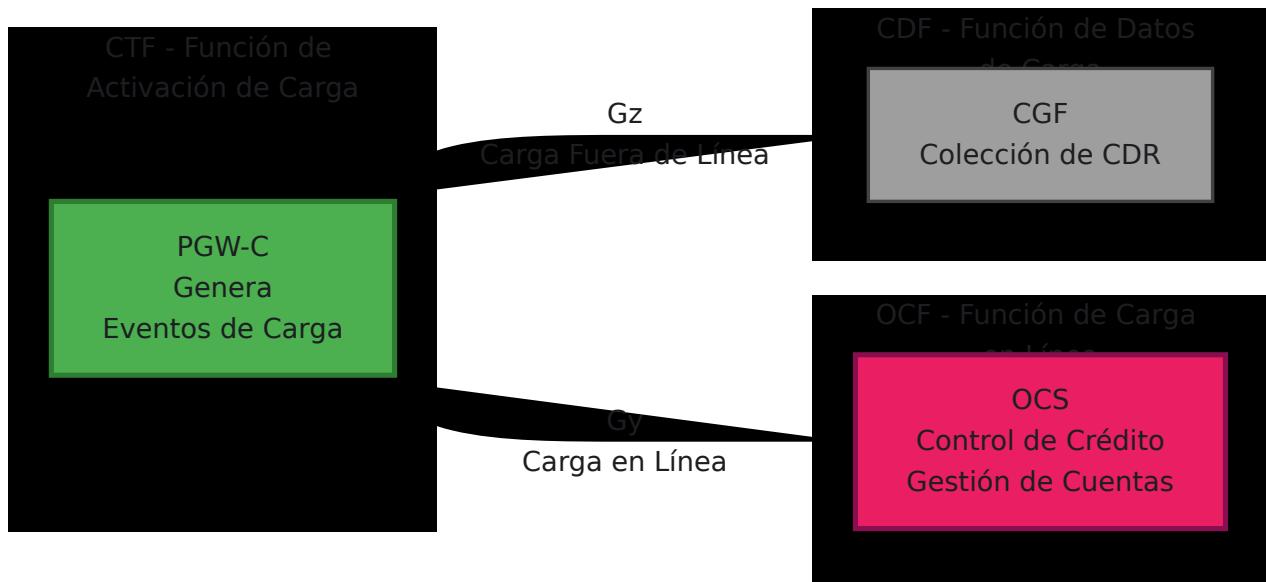


# Funciones Clave

Función	Descripción
<b>Autorización de Crédito</b>	Solicitar cuota al OCS antes de permitir el tráfico
<b>Gestión de Cuotas</b>	Rastrear unidades otorgadas (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 de Servicio</b>	Detener el servicio cuando se agota el crédito
<b>Liquidación Final</b>	Reportar uso real al final de la sesión

# Arquitectura de Carga 3GPP

## Puntos de Referencia de Carga



## Función de Activación de Carga (CTF)

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

1. **Detectar eventos facturables** - Inicio de sesión, uso de datos, fin de sesión
2. **Solicitar autorización de crédito** - Antes de permitir el servicio
3. **Rastrear el consumo de cuotas** - Monitorear unidades otorgadas
4. **Generar eventos de carga** - Activar 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 la 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 otorgada
  4. **Deducción de crédito** - Deducir al reportar 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 en 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
```

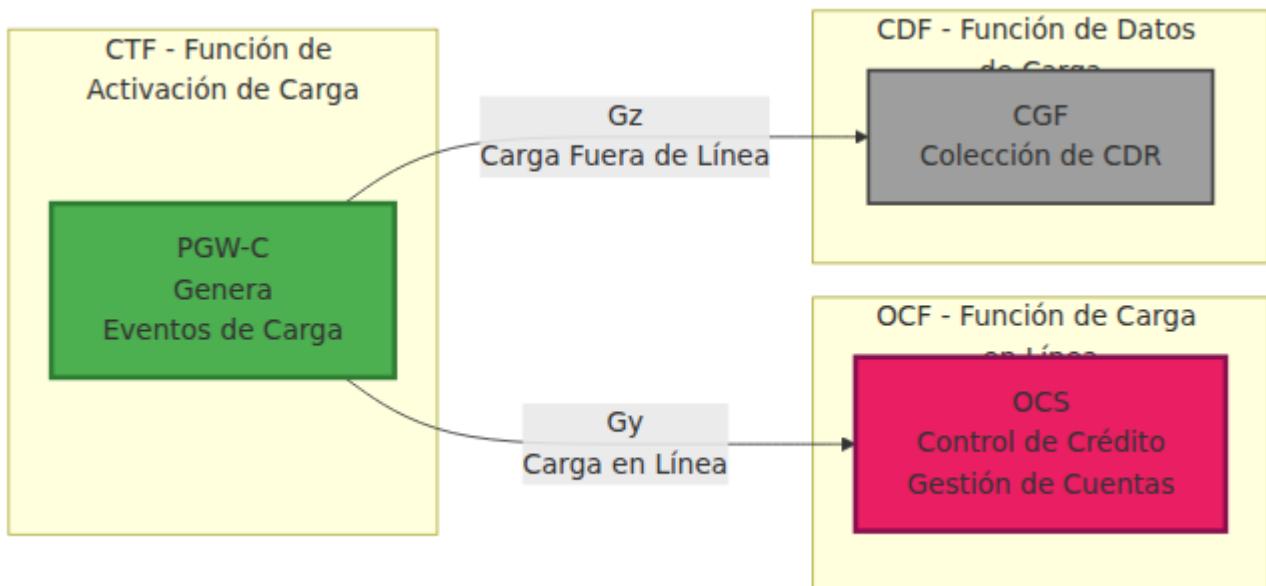
Componentes:

- **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)

<b>Nombre de AVP</b>	<b>Código de AVP</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
Service-Identifier	439	Unsigned32	Identificador del tipo de servicio
Rating-Group	432	Unsigned32	Identificador de 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 (solicitar 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 (concedidos 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 de 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 (solicitar 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 el 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 razón

## 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
- No hay 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:

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

## Gestión del Umbral de Cuota

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

**Solución:** El OCS proporciona un **Volume-Quota-Threshold** o **Time-Quota-Threshold**. PGW-C monitorea el uso a través de informes de sesión PFCP desde 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 se agota la cuota antes de enviar CCR-Update:
  - PGW-C debe bloquear el tráfico

### **Cálculo del Umbral:**

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

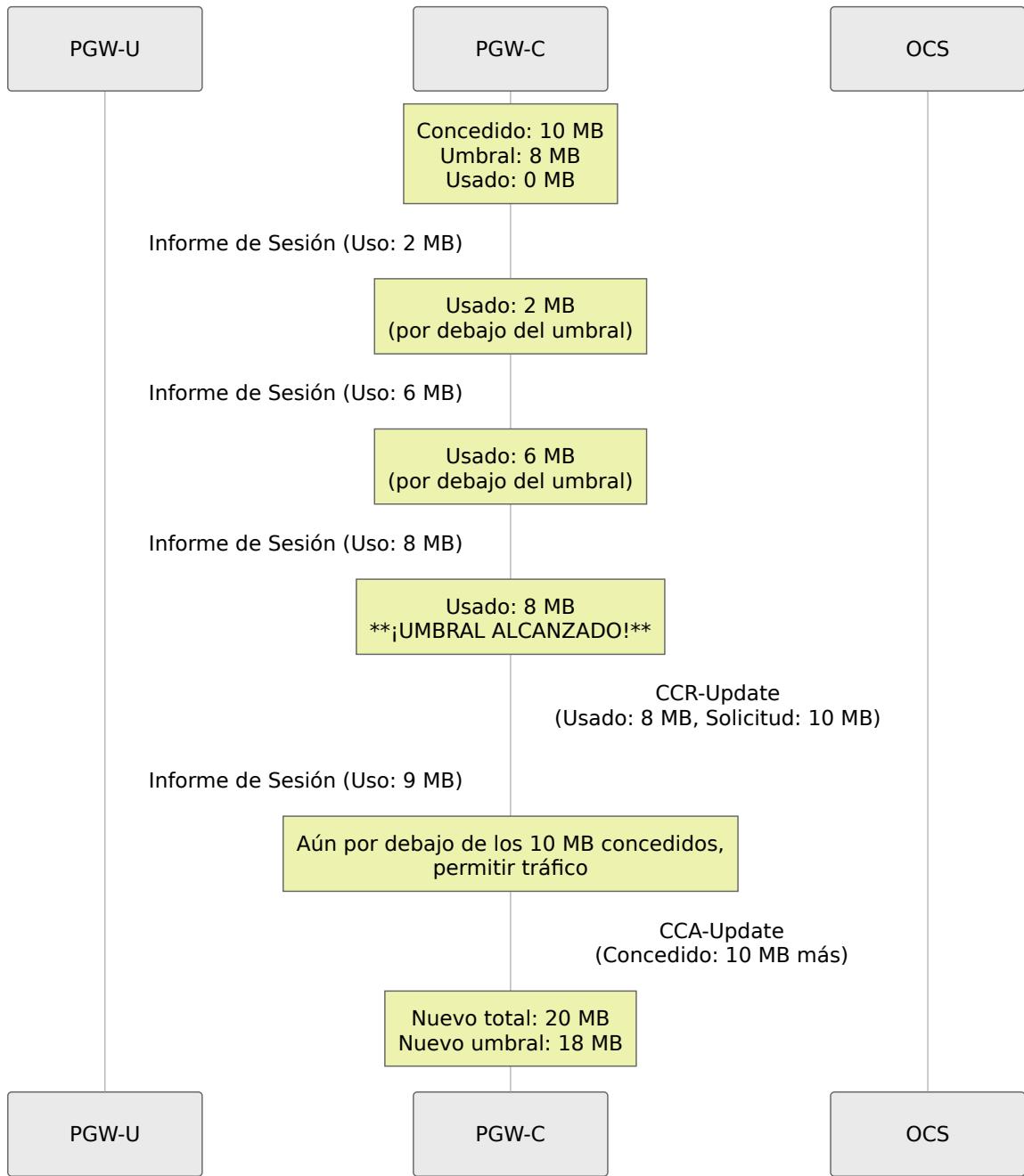
Volume-Quota-Threshold: 8000000 bytes (8 MB)

Cuando se consumen 8 MB → Activar CCR-Update

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

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

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



## Indicación de Unidad Final

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

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

<b>Acción de Unidad Final</b>	<b>Valor</b>	<b>Comportamiento de PGW-C</b>
<b>TERMINATE</b>	0	Bloquear todo el tráfico, iniciar la terminación de sesión
<b>REDIRECT</b>	1	Redirigir tráfico a un portal (por ejemplo, página de recarga)
<b>RESTRICT_ACCESS</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: 1000000 (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. **TERMINATE:** Enviar CCR-T, eliminar portadora
2. **REDIRECT:** Instalar regla PFCP para redirigir HTTP a la URL de recarga
3. **RESTRICT\_ACCESS:** Instalar reglas PFCP que permitan solo IPs en la lista blanca

# Control de Carga de Portadora

## ¿Qué Controla si se Carga 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

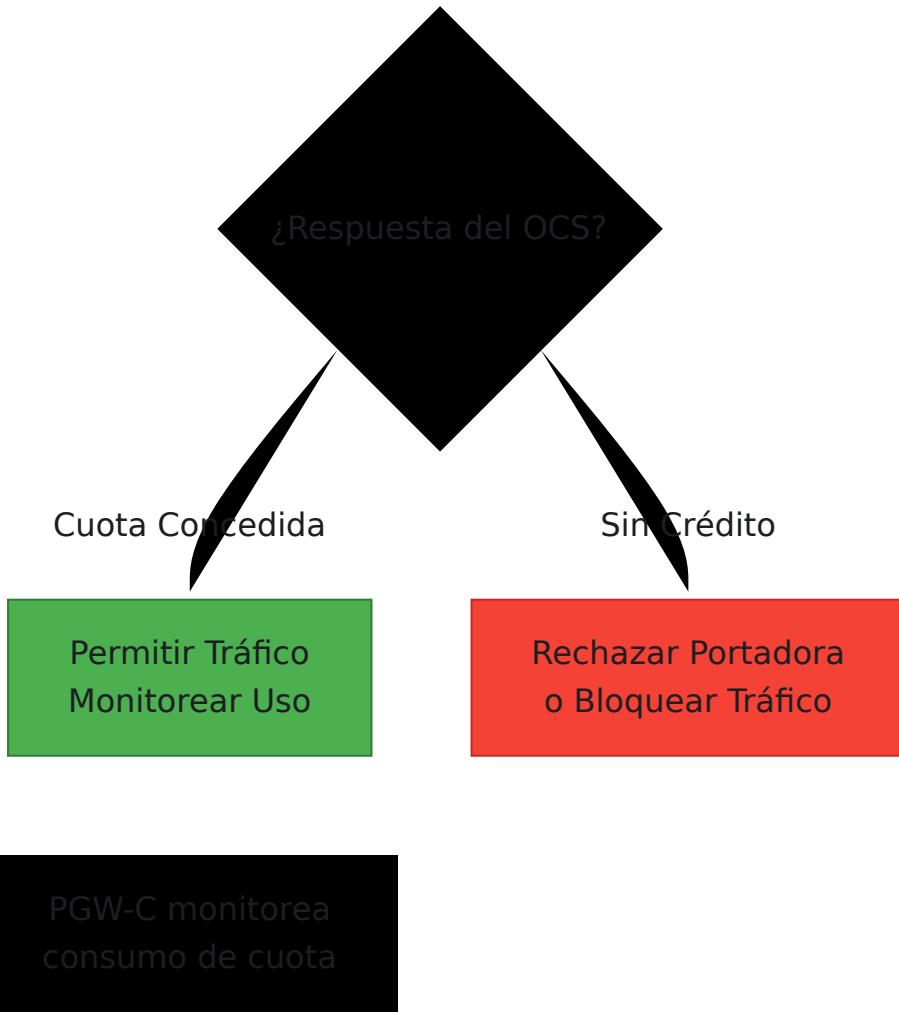
No

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



## 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 de Carga Clave 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 asigna a la 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 informes de uso

# Matriz de Decisión de Carga de Portadora

Online	Offline	Rating-Group	Comportamiento
1	0	Presente	Solo carga en línea (prepago)
0	1	Presente	Solo carga fuera de línea (postpago)
1	1	Presente	Carga tanto en línea como 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)  
└ 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 del OCS:

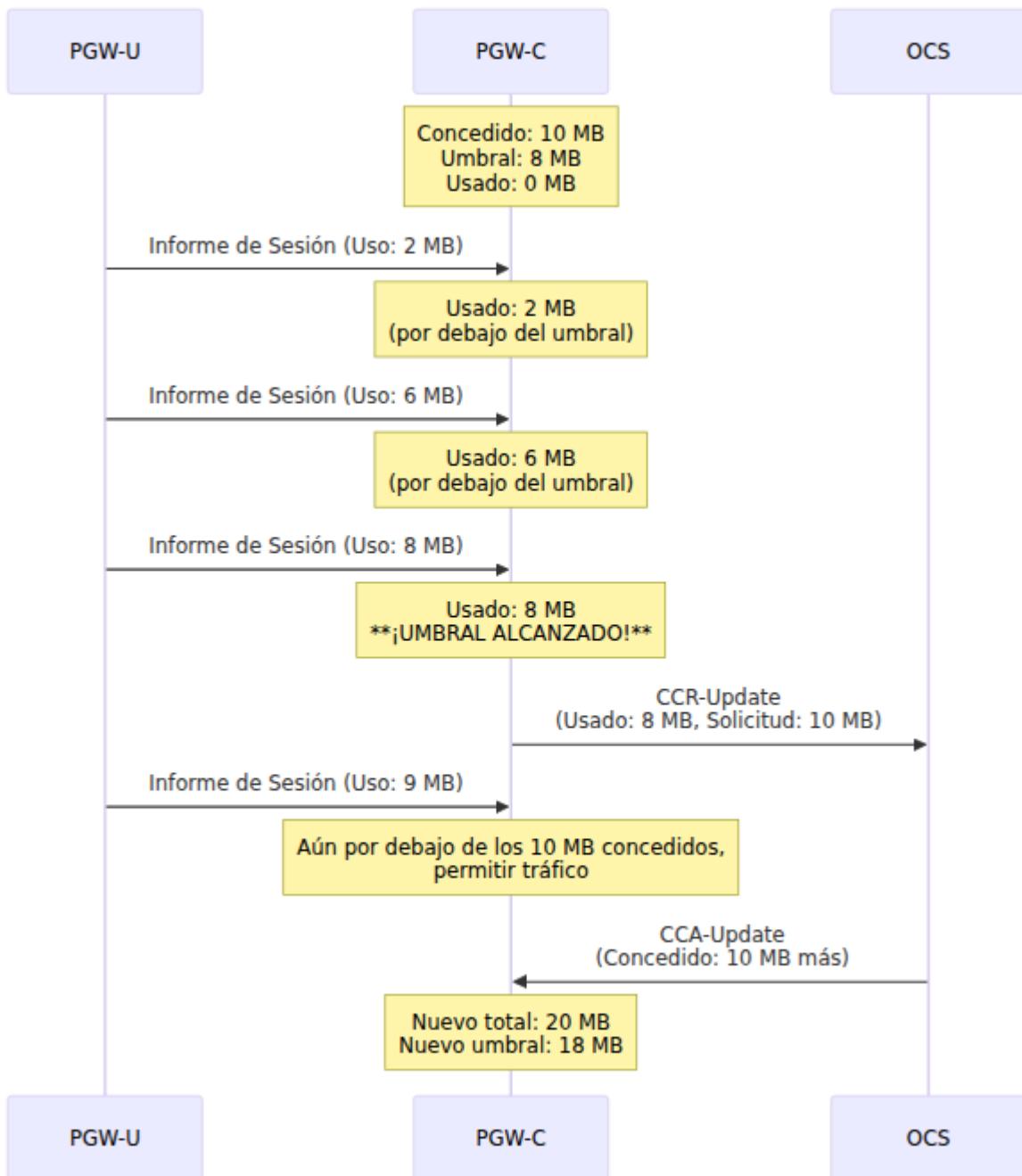
```
CCA-Initial
└─ Multiple-Services-Credit-Control
    └─ [Rating-Group: 100] → Concedido: 10 MB
    └─ [Rating-Group: 200] → Concedido: 5 MB (video más caro)
    └─ [Rating-Group: 300] → Concedido: 60 segundos
```

## Ejecución 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
Asignación	Puede asignarse 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,
online_charging: %{
    # Habilitar o deshabilitar la carga en línea globalmente
    enabled: true,

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

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

    # Porcentaje de umbral para re-autorización
    # (0.8 = activar 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 de espera para 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`

- Activar 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,
  online_charging: %{
    enabled: true,
    timeout_action: :block,
    no_credit_action: :terminate,
    quota_threshold_percentage: 0.8
  }
```

### Prueba/Desarrollo:

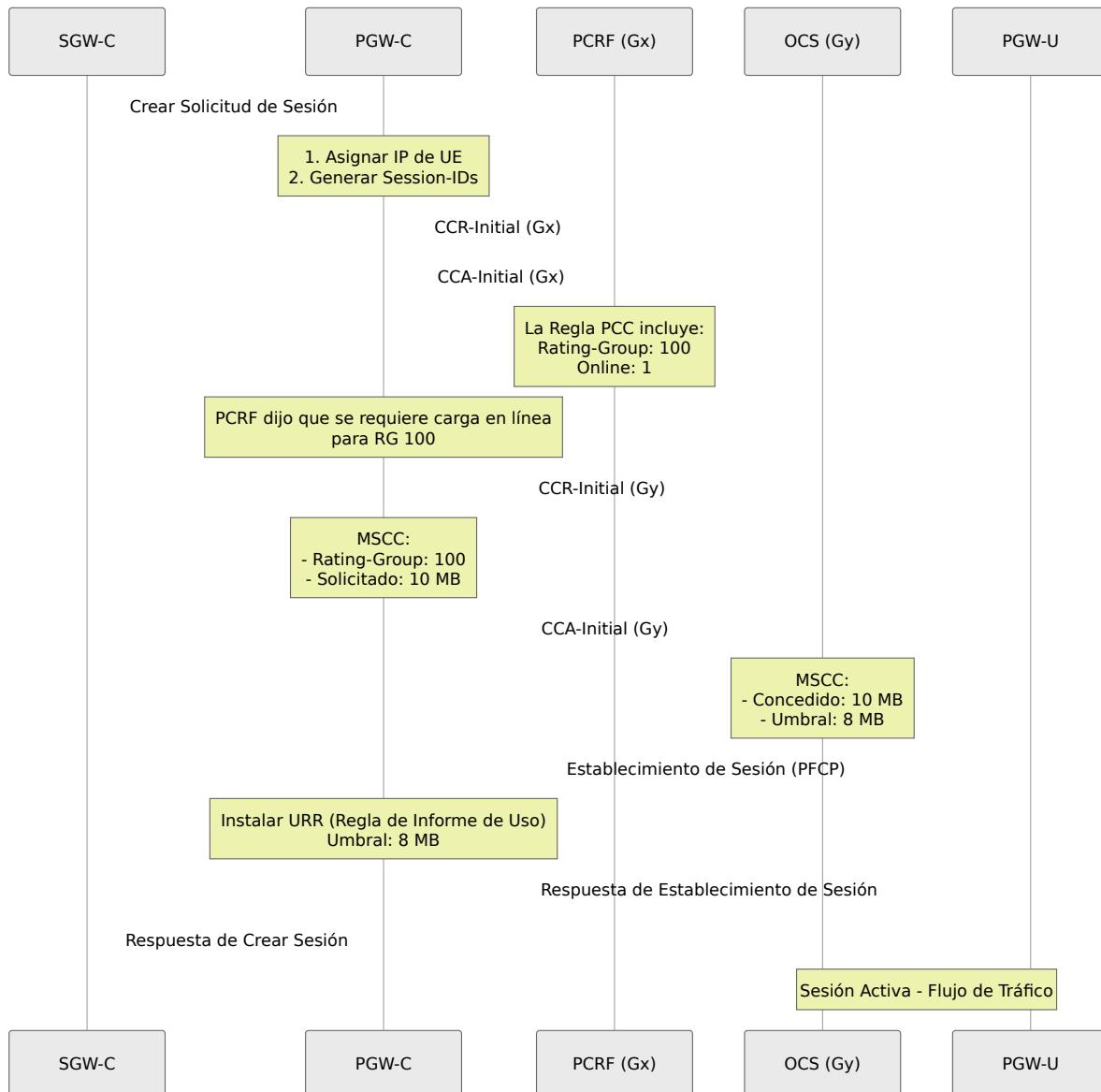
```
config :pgw_c,
  online_charging: %{
    enabled: false # Deshabilitar para pruebas
  }
```

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

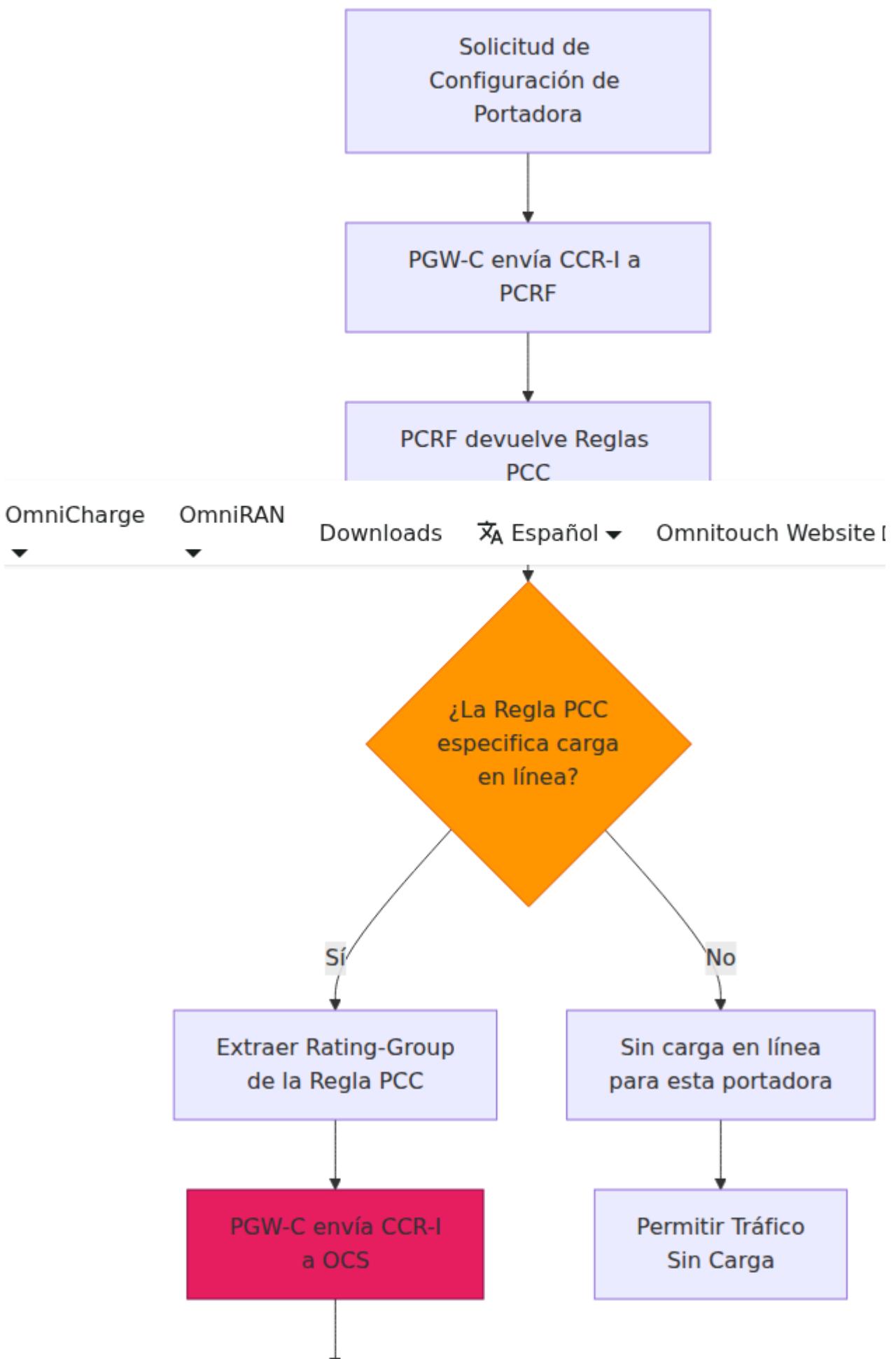
```
config :pgw_c,
  online_charging: %{
    enabled: true, # Controlado por suscriptor por PCRF
    timeout_action: :allow, # No bloquear postpagado en fallo de
    OCS
    no_credit_action: :terminate
  }
```

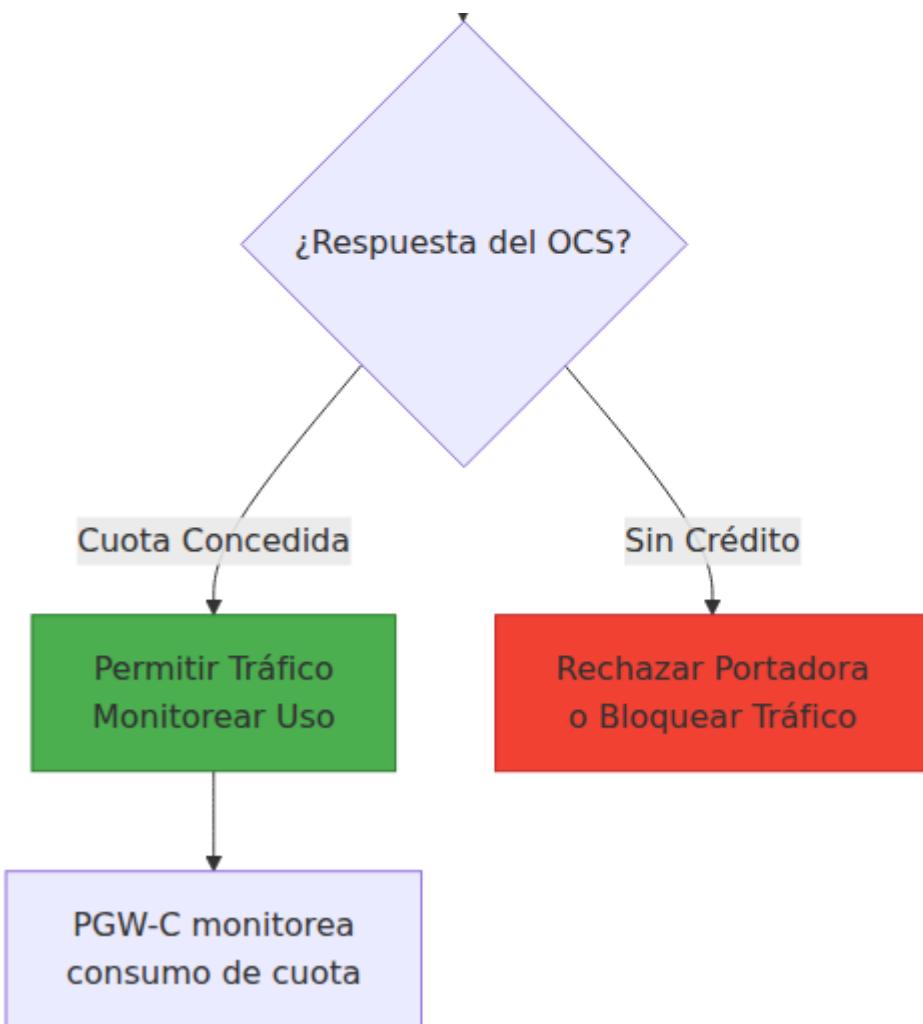
# Flujos de Mensajes

## Sesión Exitosa con Carga en Línea

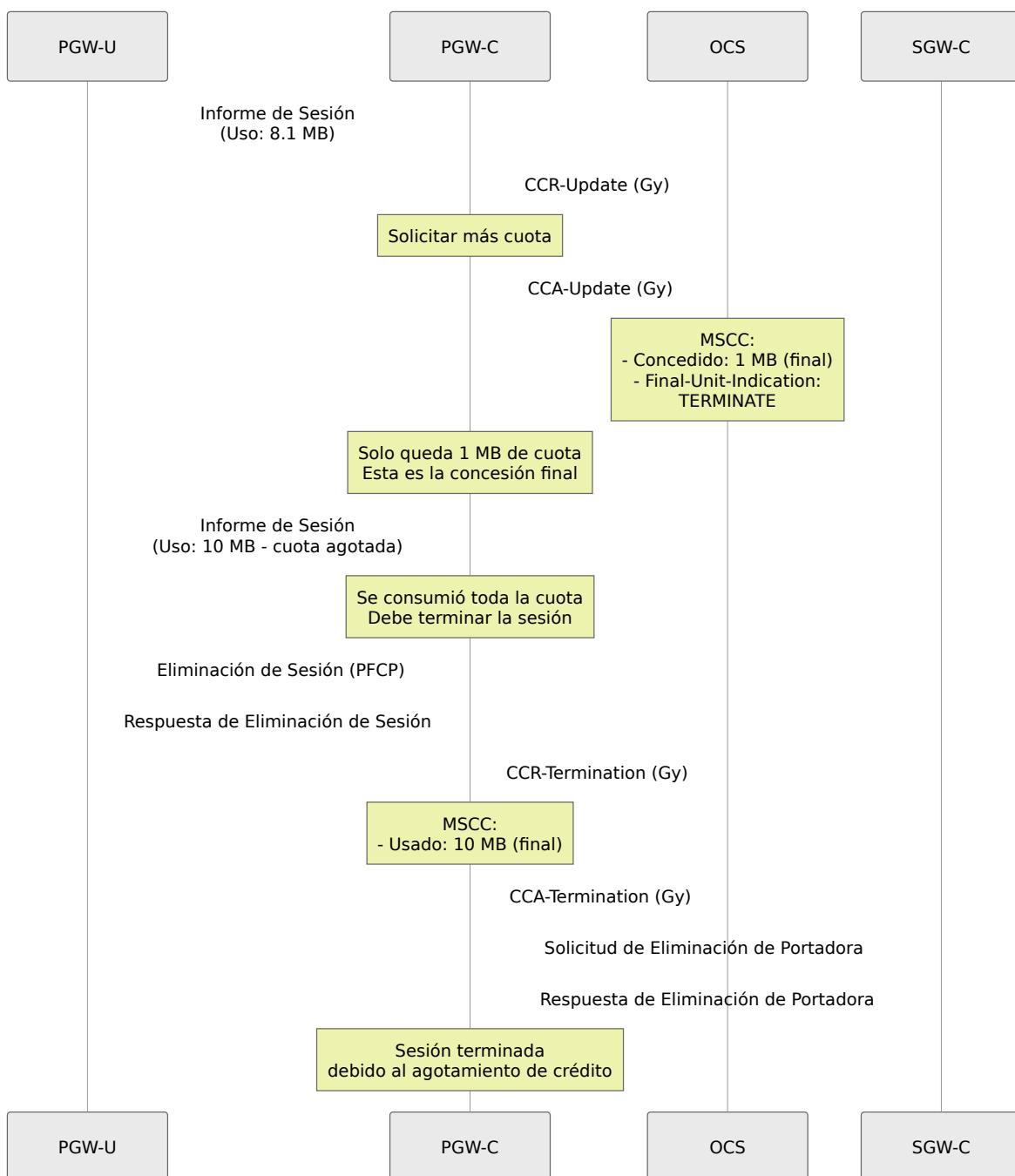


## **Re-autorización de Cuota (CCR-Update)**

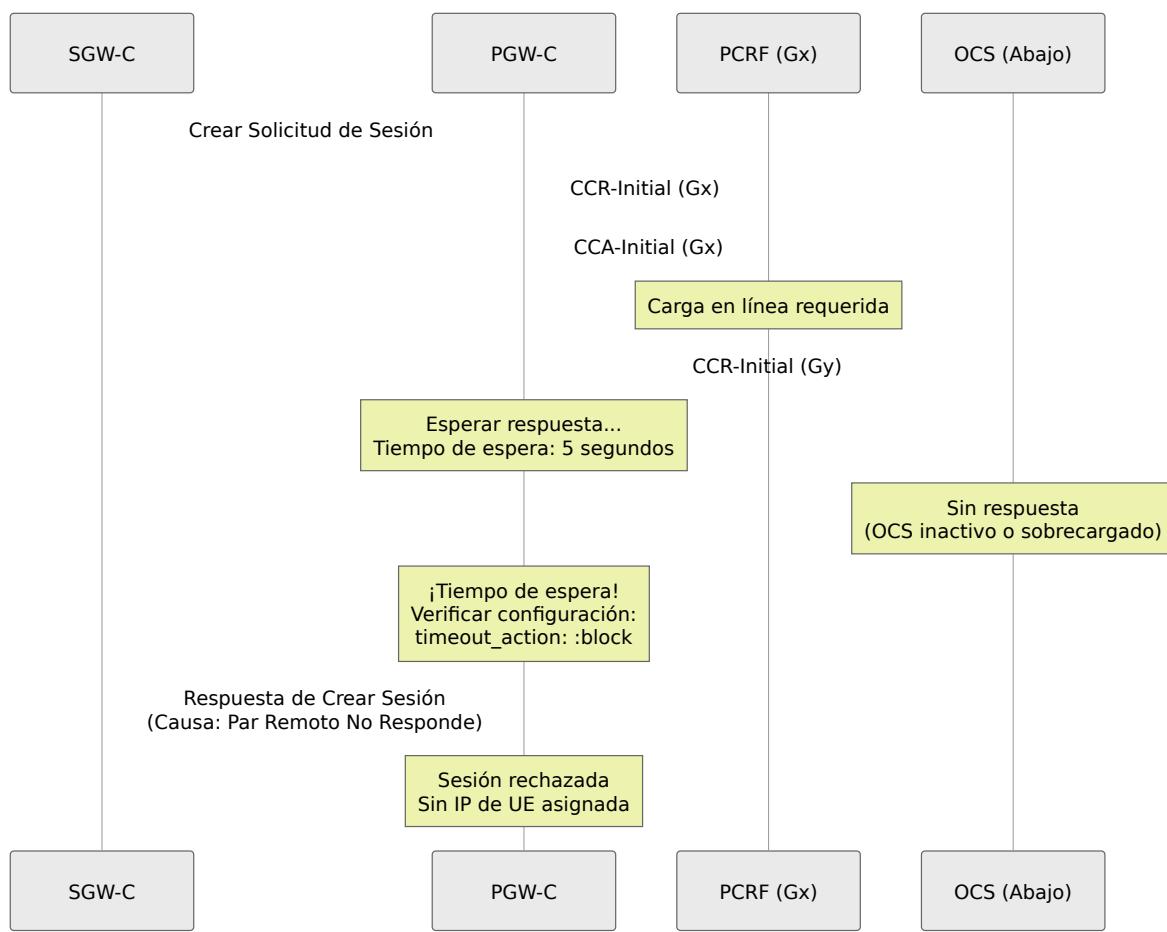




## Agotamiento de Crédito (Unidad Final)



# Manejo de Tiempo de Espera de OCS



# Manejo de Errores

## Códigos de Resultado

### Códigos de Éxito:

Código	Nombre	Acción
2001	DIAMETER_SUCCESS	Continuar con la 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) ←
RG 200: Sin crédito
  
```

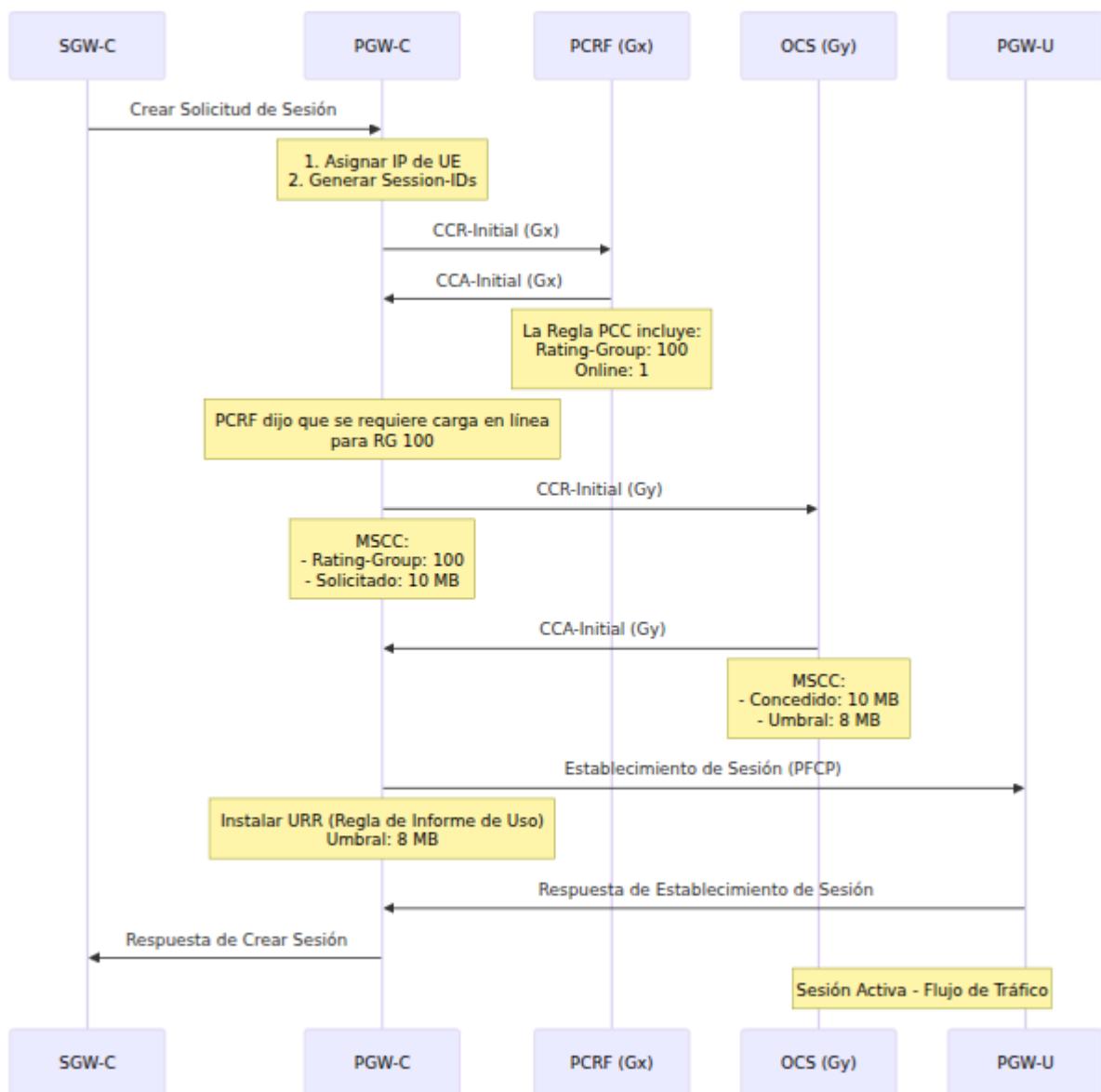
### Comportamiento de PGW-C:

- Permitir tráfico para Rating-Group 100
  - Bloquear tráfico para Rating-Group 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)

↓

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 de Política Dinámica (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)

- Añadir 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 al OCS

#### Síntomas:

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

#### 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
- Falla la Respuesta de Crear Sesión

#### 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 coincide con el registro del suscriptor

#### **3. No se Detecta el Agotamiento de Cuota**

##### **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 Establecimiento de Sesión PFCP:

```
Crear URR
└─ URR-ID: 1
└─ Measurement-Method: VOLUME
└─ Volume-Threshold: 8000000 (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 la asignación entre Reglas PCC y tarifas de OCS sea correcta

# 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 del 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 picos 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 integrado 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 de 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 del OCS sin tráfico en vivo

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

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

[Volver a la Guía de Operaciones](#)

# Guía de Monitoreo y Métricas de OmniPGW

Integración de Prometheus y Monitoreo Operacional

por Omnitouch Network Services

## Tabla de Contenidos

1. Descripción General
2. Endpoint de Métricas
3. Métricas Disponibles
4. Configuración de Prometheus
5. Tableros de Grafana
6. Alertas
7. Monitoreo de 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 la documentación respectiva de la interfaz)

- 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:

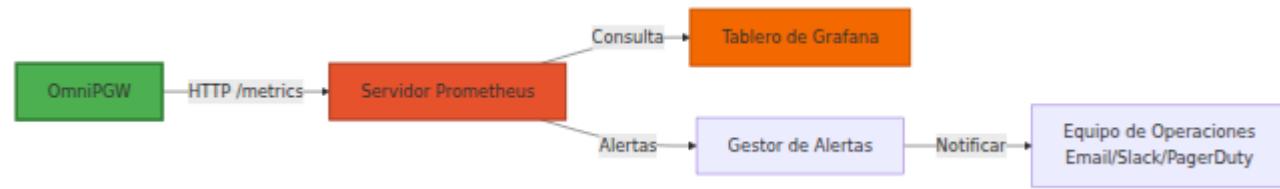
- Gestión de Sesiones - Interfaz Web
- Interfaz PFCP - Interfaz Web
- Diameter Gx - Interfaz Web

## Descripción General de 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 El número de TEID registrados en sesiones
# TYPE teid_registry_count gauge
teid_registry_count 150

# HELP address_registry_count El número de direcciones registradas en sesiones
# TYPE address_registry_count gauge
address_registry_count 150

# HELP s5s8_inbound_messages_total El número total de mensajes recibidos de pares S5/S8
# 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:**

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

# Picos de sesiones 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
gx_inbound_messages_total	Counter	message_type	Total de mensajes Diameter entrantes
gx_outbound_messages_total	Counter	message_type	Total de mensajes Diameter salientes
gx_inbound_errors_total	Counter	message_type	Errores de procesamiento de los mensajes Diameter entrantes
gx_outbound_errors_total	Counter	message_type	Errores de procesamiento de los mensajes Diameter salientes
gx_outbound_responses_total	Counter	message_type, result_code_class, diameter_host	Respuestas de los hosts de Diameter enviadas, categorizadas por clase de código de resultado y host particular

### 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 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 (host)

# Contar total de mensajes exitosos de Re-Auth-Answer
gx_outbound_responses_total{message_type="gx_RAA", result_code_class="200OK"}[5m]

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

## **Manejo de Errores:**

Nombre de Métrica	Tipo	Etiquetas	Descripción
rescues_total	Counter	module, function	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
sxb_inbound_handling_duration	Histogram	request_message_type
gx_inbound_handling_duration	Histogram	request_message_type

### 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 percentil 95
histogram_quantile(0.95,
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
)

# Latencia promedio PFCP
rate(sxb_inbound_handling_duration_sum[5m]) /
rate(sxb_inbound_handling_duration_count[5m])
```

## Monitoreo de Salud de UPF

### Métricas de Pares UPF:

<b>Nombre de Métrica</b>	<b>Tipo</b>	<b>Etiquetas</b>	<b>Descripción</b>
<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 salud del grupo UPF  
upf_peers_healthy / upf_peers_total  
  
# Alertar sobre UPFs no saludables  
upf_peers_unhealthy > 0  
  
# Rastrear 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: "El 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 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:

<b>Nombre de Métrica</b>	<b>Tipo</b>	<b>Etiquetas</b>	<b>Descripción</b>
pcscf_fqdns_total	Gauge	-	Total de FQDNs de P-CSCF que se están monitoreando
pcscf_fqdns_resolved	Gauge	-	FQDNs de P-CSCF resueltos con éxito a través de DNS
pcscf_fqdns_failed	Gauge	-	FQDNs de P-CSCF que fallaron en la resolución DNS
pcscf_servers_total	Gauge	-	Total de servidores P-CSCF descubiertos
pcscf_servers_healthy	Gauge	fqdn	Servidores P-CSCF saludables por FQDN
pcscf_servers_unhealthy	Gauge	fqdn	Servidores P-CSCF no saludables por FQDN

**Ver:** [Guía de Monitoreo de P-CSCF](#) para un seguimiento detallado de la salud IMS.

## Métricas de Licencia

### Estado de la Licencia:

<b>Nombre de Métrica</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
license_status	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 PGW-C inválida o expirada"  
    description: "El estado de la licencia es inválido - se están  
    bloqueando las solicitudes de creación de sesión"
```

## 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 se bloquean 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 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: 'producción'
          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: 'producción'
```

## 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 objetivos de Prometheus
curl http://prometheus:9090/api/v1/targets

# Consultar una métrica
curl 'http://prometheus:9090/api/v1/query?
query=teid_registry_count'
```

# Tableros de Grafana

## Configuración del Tablero

### 1. Agregar Fuente de Datos de Prometheus:

```
Configuración → Fuentes de Datos → Agregar fuente de datos →  
Prometheus  
URL: http://prometheus:9090
```

### 2. Importar Tablero:

Crear un nuevo tablero 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 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 general del grupo  
(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: Stat  
# Mapeos:  
#   1 = "UP" (Verde)  
#   0 = "DOWN" (Rojo)
```

# Ejemplo Completo de Tablero

```
{  
  "dashboard": {  
    "title": "OmniPGW - Tablero 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,  
              "interval": "10s",  
              "target": "latency_ms",  
              "series": "latency_ms",  
              "label": "Latencia p95 (ms)"  
            }  
          ]  
        ],  
        "type": "histogram"  
      }  
    ]  
  }  
}
```

```
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 `omnipegw_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 de 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 de respuesta Gx en
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: "El 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 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 > 2000000000
  for: 10m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Uso alto de memoria en OmniPGW"
    description: "VM utilizando {{ $value | humanize }}B de
memoria"

- alert: OmniPGW_HighProcessCount
  expr: vm_system_process_count > 100000
  for: 10m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Conteo alto 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'

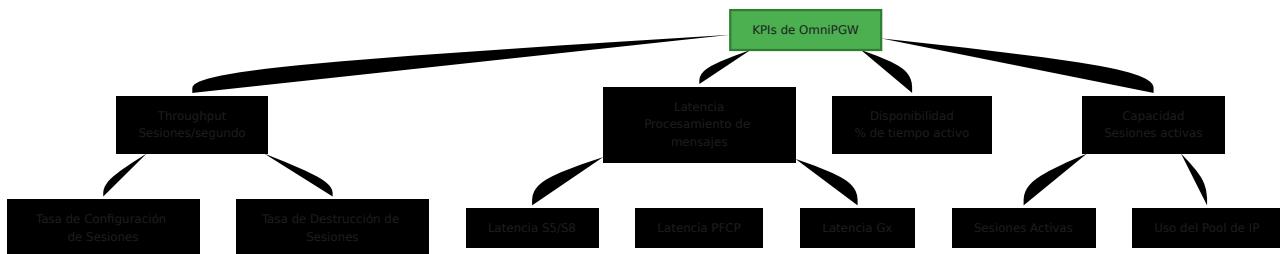
receivers:
  - name: 'ops-team'
    email_configs:
      - to: 'ops@example.com'

  - name: 'slack'
    slack_configs:
      - api_url:
        'https://hooks.slack.com/services/YOUR/SLACK/WEBHOOK'
          channel: '#omnipgw-alerts'
          title: 'Alerta OmniPGW: {{ .GroupLabels.alertname }}'
          text: '{{ range .Alerts }}{{ .Annotations.description }}{{ end }}'

  - name: 'pagerduty'
    pagerduty_configs:
      - service_key: 'YOUR_PAGERDUTY_KEY'
```

# Monitoreo de 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 con 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 PCRF)
- Verificar latencia PFCP (tiempo de respuesta 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 específicos
rate(gx_outbound_responses_total{result_code_class="5xxx"}[5m]) by
(diameter_host)
```

### Acción:

- Verificar conectividad y salud del PCRF
- Revisar perfiles de suscriptores en el PCRF (los errores 5xxx a menudo indican problemas de política)
- Verificar configuración de pares Diameter
- Comprobar registros del 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 fuga

## Consultas de Depuración

### Encontrar 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 Tableros

1. **Tablero de Visión General** - KPIs de alto nivel para NOC
2. **Tableros Detallados** - Análisis profundo por interfaz
3. **Tablero 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 → Crítica con severidad creciente
  3. **Contexto** - Incluir enlaces a libros de ejecución en las 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 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)

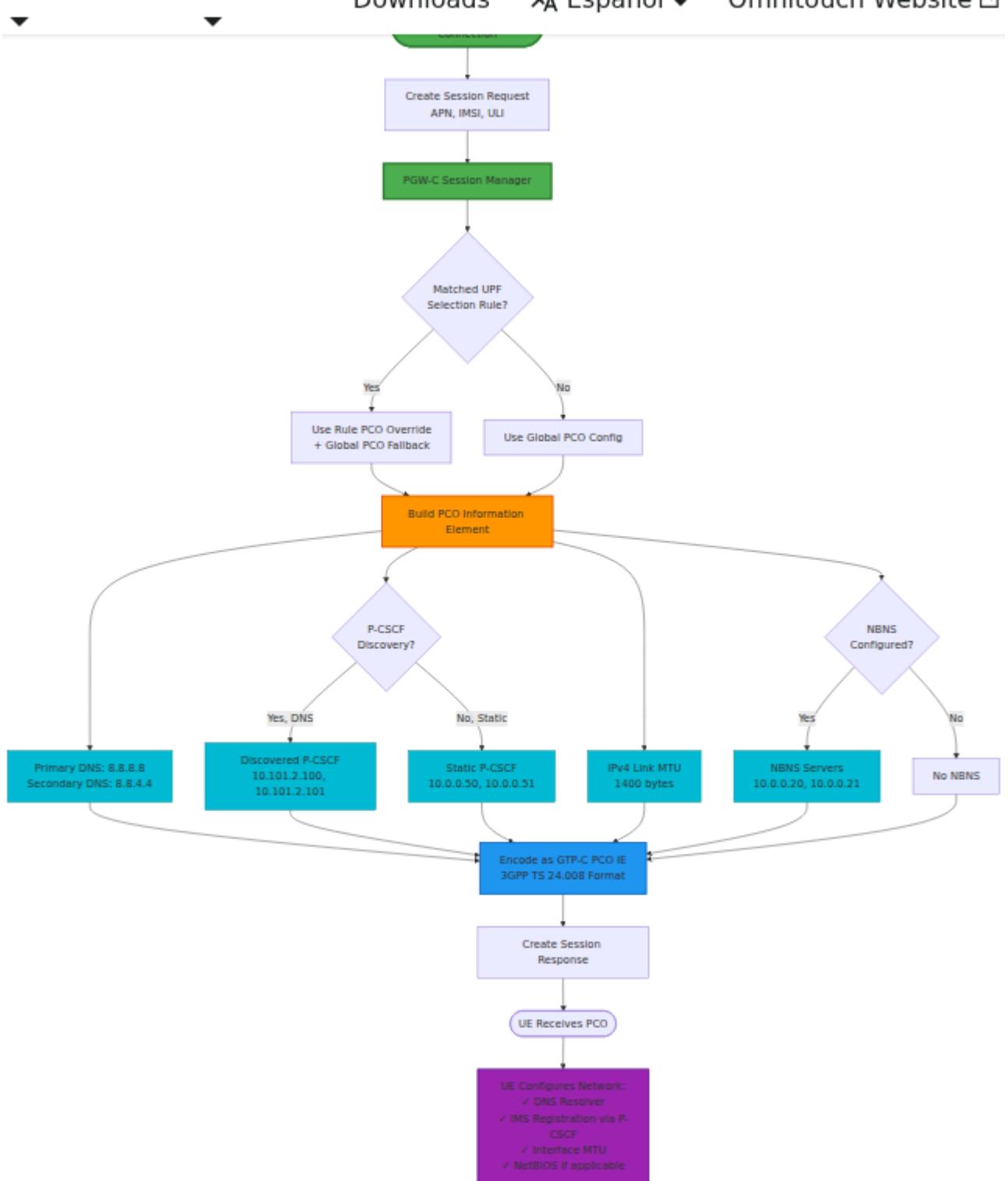
## Parámetros de Red Entregados al UE

*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:

<b>Nombre IE</b>	<b>ID de Contenedor</b>	<b>Descripción</b>	<b>Requerido</b>
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: %{
    primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
    secondary_dns_server_address: "8.8.4.4"
}

```

### **Proveedores de DNS Comunes:**

<b>Proveedor</b>	<b>Primario</b>	<b>Secundario</b>
<b>Google</b>	8.8.8.8	8.8.4.4
<b>Cloudflare</b>	1.1.1.1	1.0.0.1
<b>Quad9</b>	9.9.9.9	149.112.112.112
<b>OpenDNS</b>	208.67.222.222	208.67.220.220

### **DNS Privado:**

```

pco: %{
    primary_dns_server_address: "10.0.0.10",
    secondary_dns_server_address: "10.0.0.11"
}

```

## **Direcciones P-CSCF (IMS)**

### **Para Servicios IMS/VoLTE:**

```

pco: %{
    p_cscf_ipv4_address_list: [
        "10.0.0.50", # P-CSCF Primario
        "10.0.0.51" # P-CSCF Secundario
    ]
}

```

### **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},

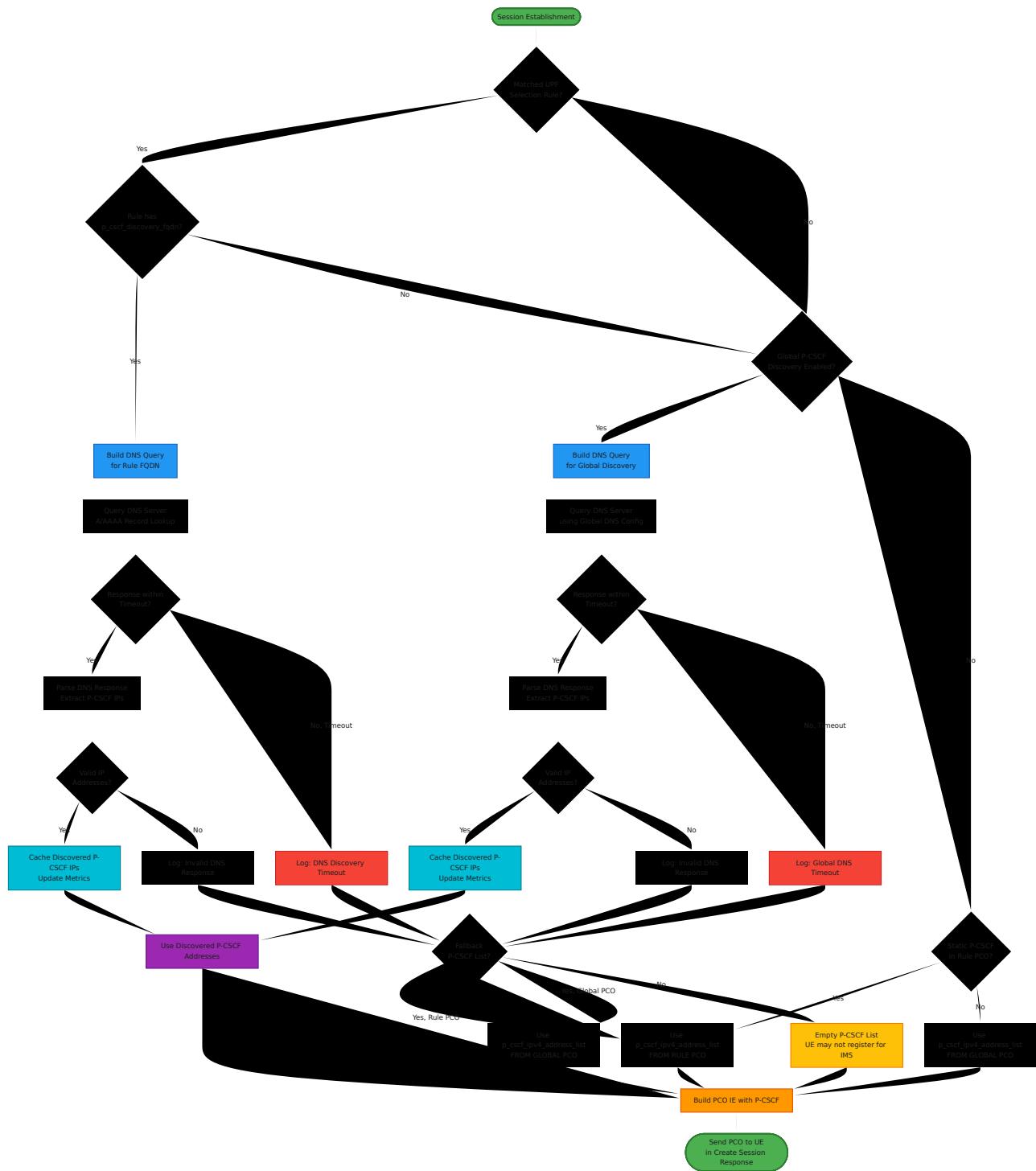
    # Tiempo de espera para consultas DNS (milisegundos)
    p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000,

    # 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
p_cscf_discovery_enabled	Booleano	false	Habilitar descubrimiento dinámico de P-CSCF basado en DNS
p_cscf_discovery_dns_server	Tupla (IP)	nil	Dirección IP del servidor DNS devuelto como tupla de 4 elementos (por ejemplo, {10, 179, 177})
p_cscf_discovery_timeout_ms	Entero	5000	Tiempo de espera para las 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: %{
    primary_nbns_server_address: "10.0.0.20",
    secondary_nbns_server_address: "10.0.0.21"
}
```

**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: %{
    ipv4_link_mtu_size: 1400 # bytes
}
```

**Valores MTU Comunes:**

<b>MTU</b>	<b>Caso de Uso</b>
<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 resovedor 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

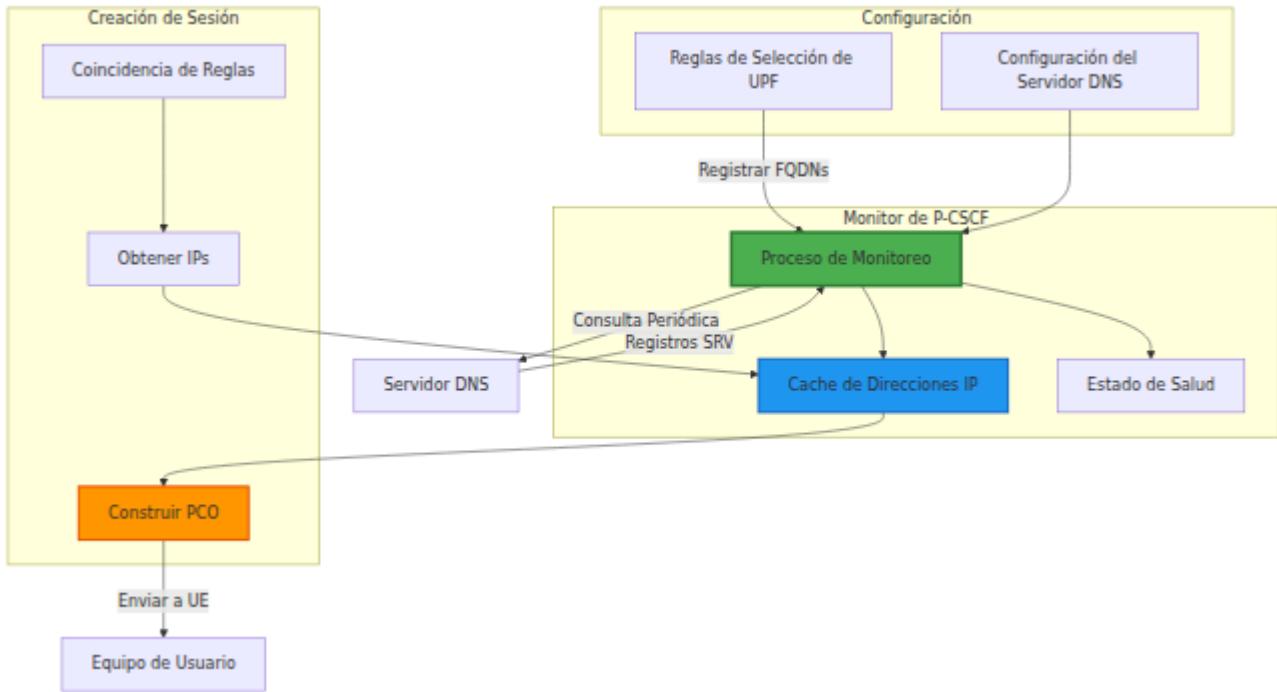
*OmniPGW de Omnitouch Network Services*

---

## 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 PCO (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: [
          %{remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805,
weight: 80}
        ],
        # 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 PCO)
          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: %{
    # Servidor DNS para el descubrimiento de P-CSCF (separado del
    # DNS dado a UE)
    p_cscf_discovery_dns_server: "10.179.2.177",

    # Habilitar la función de descubrimiento DNS de P-CSCF
    p_cscf_discovery_enabled: true,

    # Tiempo de espera para consultas DNS SRV (milisegundos)
    p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000,

    # Direcciones P-CSCF estáticas (recaída global)
    p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.146"]
}
```

## **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 PCO
    }
  ]
}

```

# 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

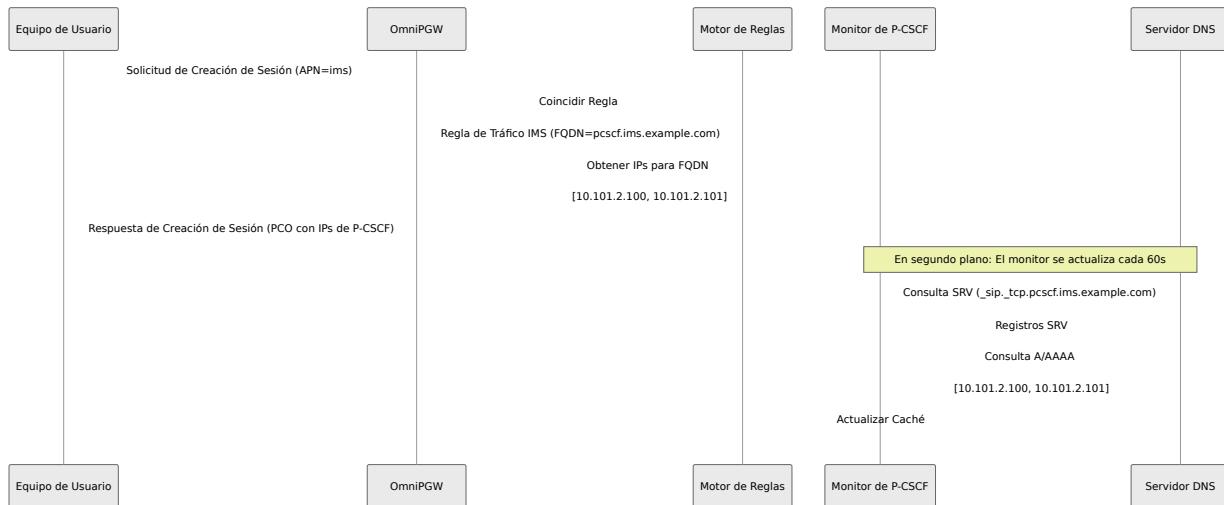
### 2. Registro de FQDN

- 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
    }
}

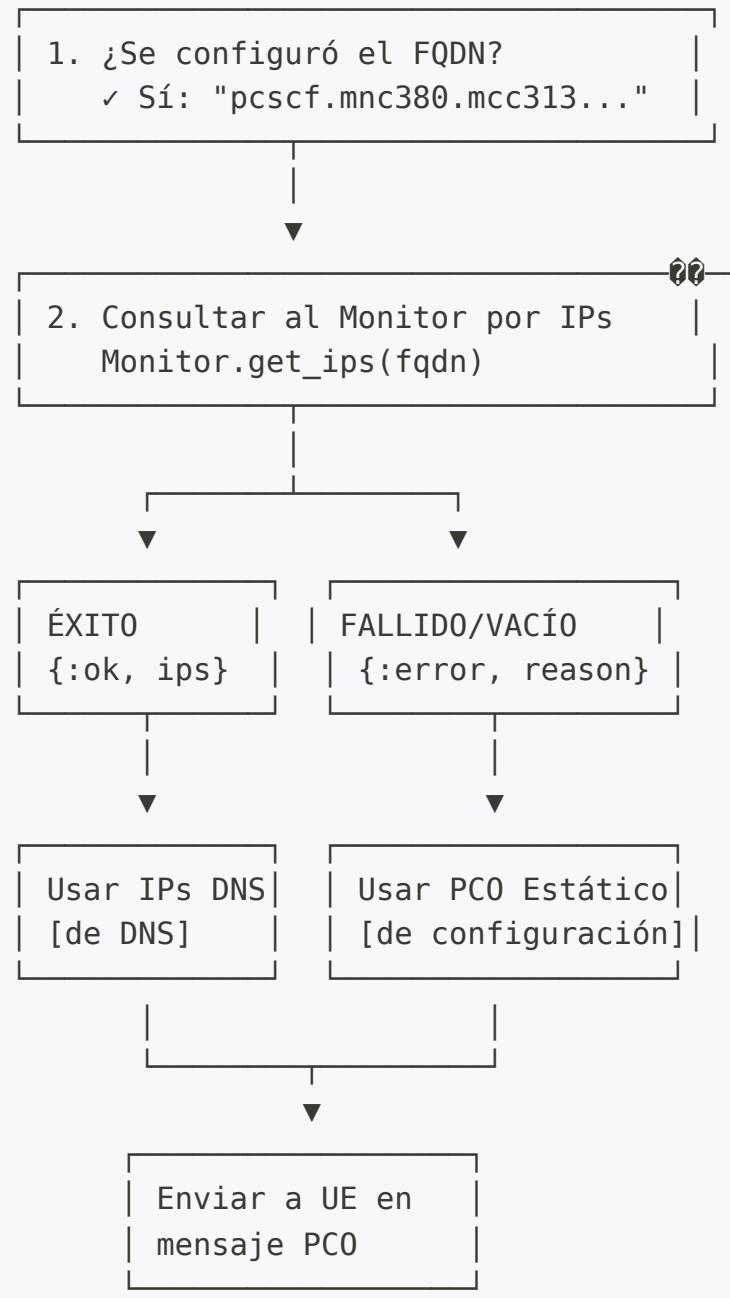
```

### Lógica de Selección:

Condición	Fuente de P-CSCF	IPs Utilizadas	M
<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	"Falló IPs de FQDN... a la configuración estática"
<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 acceso recaída
<b>No FQDN configurado</b>	Anulación de PCO de Regla o Global	IPs estáticas de la regla o configuración global	Utiliza la configuración estática directa

## 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:** Comutación 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)  
Cocincidencia: APN coincidiendo con ^ims  
Pool: UPF-IMS-Primario (10.100.2.21:8805)
- Descubrimiento de P-CSCF  
FQDN: pccsf.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 **X** 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 Apropriado

```
# 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

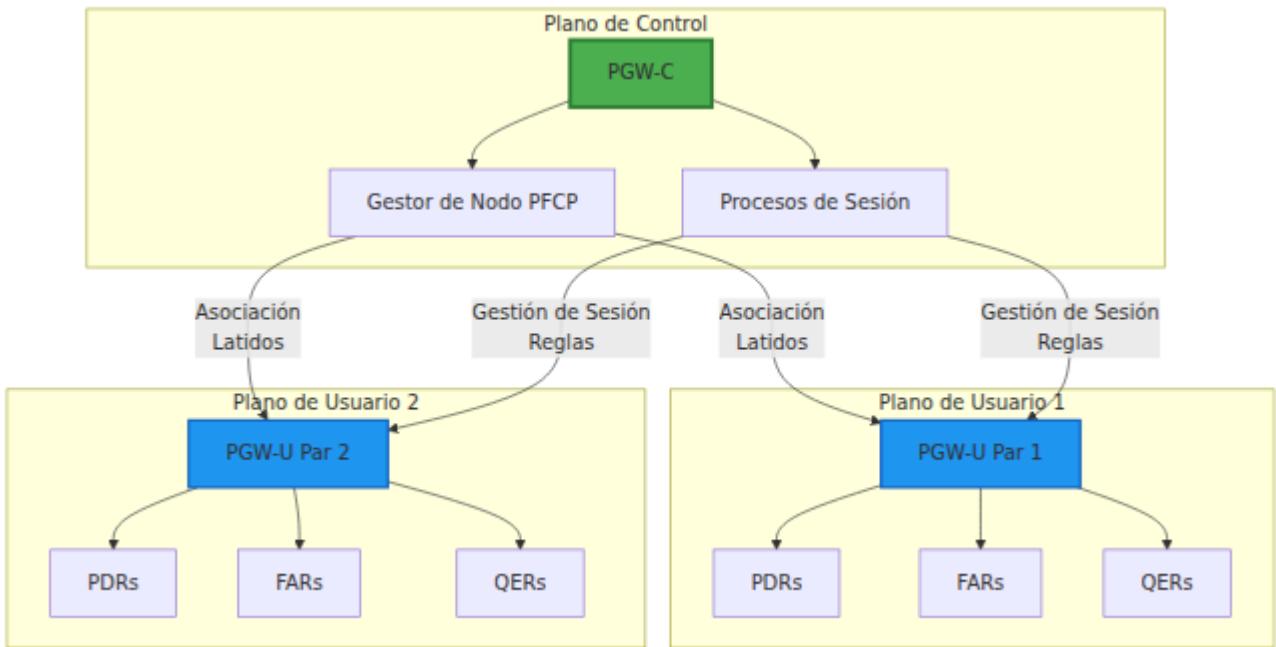
1. Descripción General
  2. Conceptos Básicos del Protocolo
  3. Gestión de Asociaciones PFCP
  4. Gestión de Sesiones PFCP
  5. Reglas de Procesamiento de Paquetes
  6. Configuración
  7. Selección de UPF Basada en DNS
  8. Flujos de Mensajes
  9. Solución de Problemas
  10. Interfaz Web - Monitoreo 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 el ID de Nodo, que puede ser:

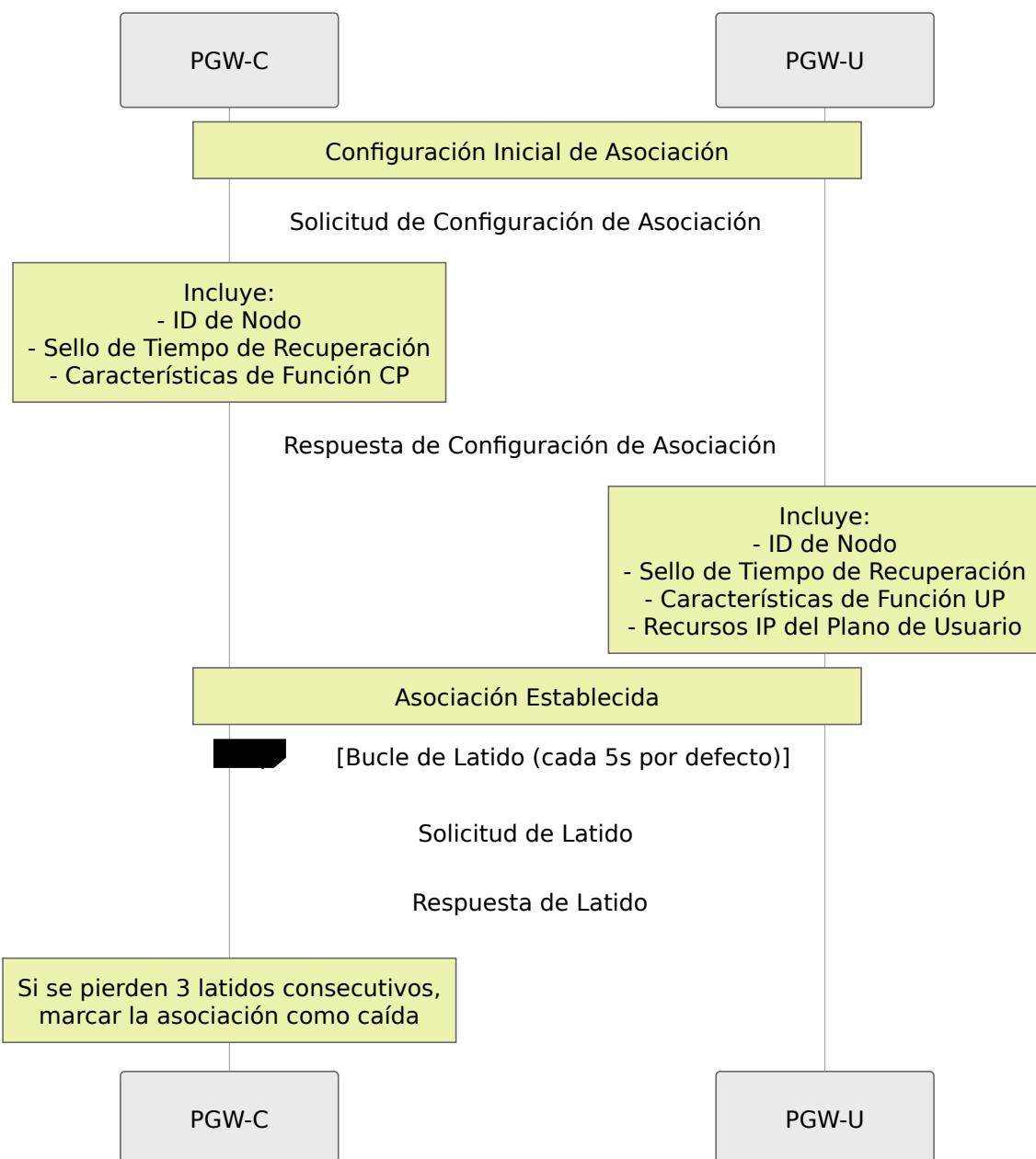
- **Dirección IPv4** - Más común
- **Dirección IPv6**

- **FQDN** (Nombre de Dominio Totalmente Calificado)
- 

# Gestión de Asociaciones PFCP

Antes de que pueda ocurrir 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 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>	Sello 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
```

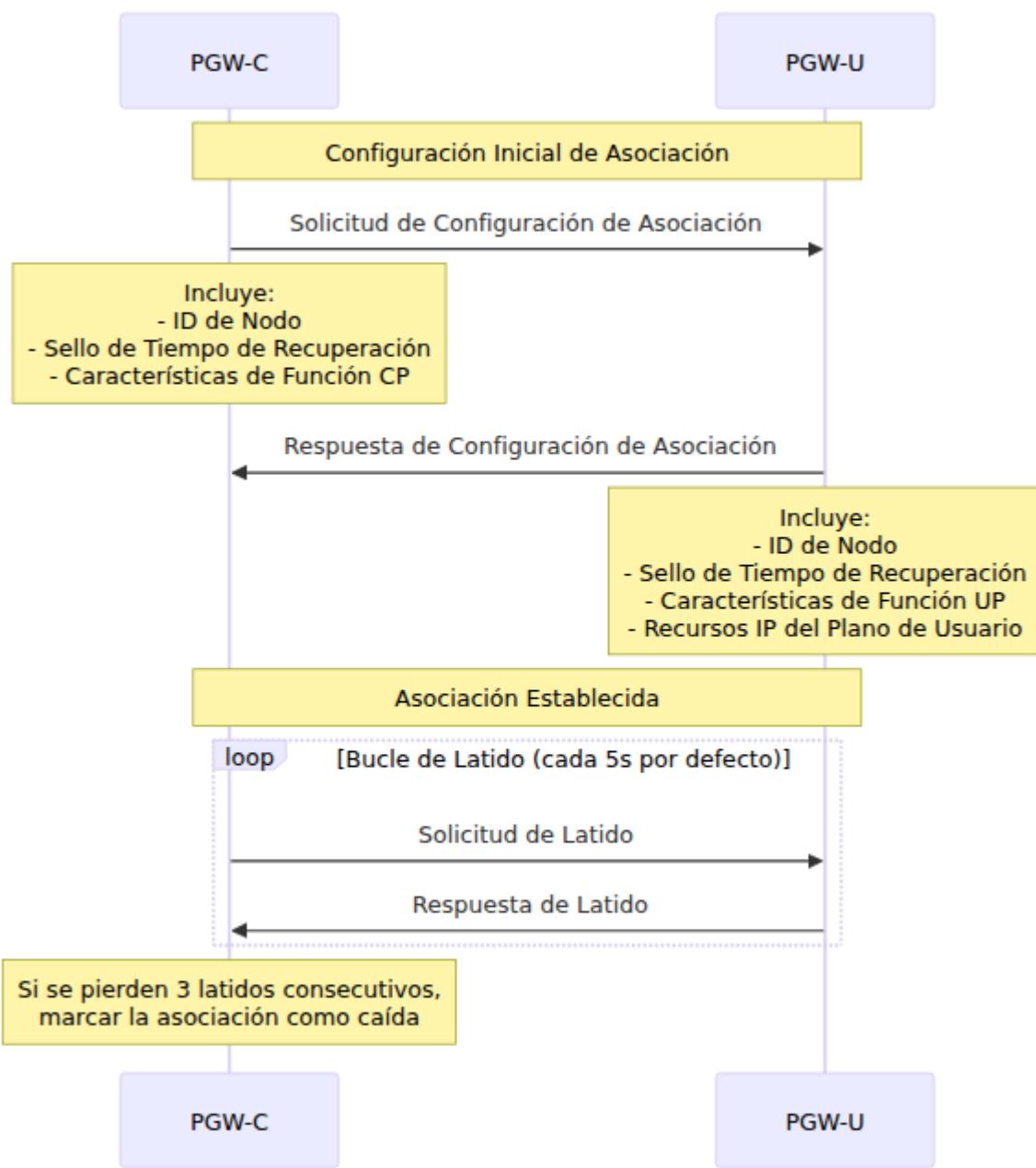
### Detección de Fallos:

- Cada latido perdido incrementa `missed_heartbeats_consecutive`
  - Generalmente 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 adjunta y crea una conexión PDN

**PGW-C envía a PGW-U:**

**Solicitud de Establecimiento de Sesión** que contiene:

- **SEID** (ID de Punto 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 de QoS, actualizaciones de políticas o modificaciones de bearer

**La modificación puede incluir:**

- Agregar nuevos PDRs, FARs, QERs
- Eliminar reglas existentes
- Actualizar parámetros de regla

## Eliminación de Sesión

**Cuándo:** UE se separa 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 Final de Túnel Totalmente Calificado)

identifica puntos finales de túneles GTP-U para tráfico del plano de usuario. Al establecer una sesión PFCP, alguien debe asignar el F-TEID que identifica dónde el UPF debe enviar tráfico de uplink. Hay dos enfoques:

### Comprendiendo la Asignación de F-TEID

**Qué se está asignando:** El F-TEID consiste en:

- **TEID** (Identificador de Punto Final de Túnel) - Número de 32 bits que identifica el túnel
- **Dirección IP** - Dónde enviar paquetes GTP-U (la dirección IP del UPF)

**La Pregunta:** ¿Quién asigna el valor TEID?

### Opción 1: UPF Asigna (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: PGW-C Asigna (Modo de Compatibilidad)

- PGW-C elige un TEID y le dice a 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 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 (generalmente):**

#### **□ Separación de Preocupaciones**

- UPF posee el plano de usuario = UPF gestiona identificadores del plano de usuario
- No es necesario que PGW-C rastree qué TEIDs tiene disponibles UPF
- Cada componente gestiona su propio grupo de recursos

#### **□ Escalabilidad Multi-PGW-C**

- Múltiples instancias de PGW-C pueden hablar con el mismo UPF sin coordinación
- Sin riesgo de colisiones de TEID entre diferentes instancias de PGW-C
- UPF asegura unicidad entre todos los pares del plano de control

#### **□ Comportamiento Estándar 3GPP**

- La bandera CHOOSE está definida en 3GPP TS 29.244 para este propósito
- Implementaciones modernas de UPF lo soportan
- Sigue el principio de "dejar que el propietario asigne"

#### **□ Failover Más Simple**

- Si PGW-C se reinicia, 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 comportamiento estándar 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 obligatoria faltante" o similar, 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 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 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 completa 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 específicos de TEID

### **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:**

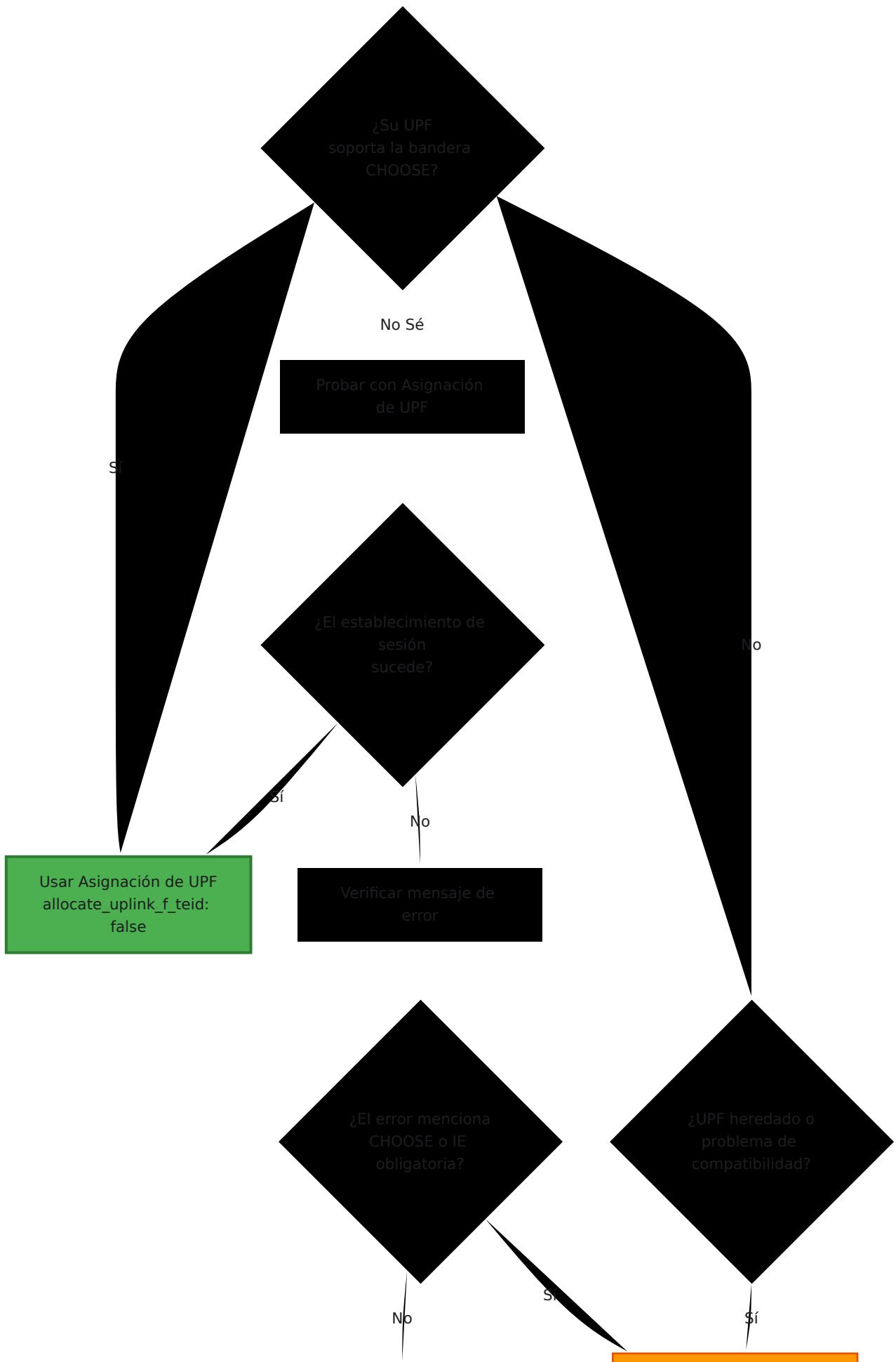
- △ Solo cuando UPF no soporte la bandera CHOOSE
- △ Implementaciones de UPF heredadas (por ejemplo, algún hardware propietario)

- $\triangle$  Requisitos específicos de compatibilidad
- $\triangle$  Escenarios de depuración que requieren visibilidad de TEID de 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:  $\sim 0.023\%$  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 CHOOSE
grep -i "choose\|mandatory.*missing" /var/log/pgw_c.log

# Verifique los códigos de causa de Respuesta de Establecimiento
# de Sesión PFCP
grep "Session Establishment Response" /var/log/pgw_c.log
```

#### Si UPF rechaza la bandera CHOOSE:

- El error puede decir "IE obligatoria faltante" o "IE inválida"
- 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 del registro
grep "registered_teid_count" /var/log/pgw_c.log
```

#### Cambiando Entre Modos:

```
# Editar config/runtime.exs
sxb: %{
    local_ip_address: "10.0.0.20",
    allocate_uplink_f_teid: false # Cambiar a true si UPF no
soporta CHOOSE
}
```

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 pfcpc.pcap

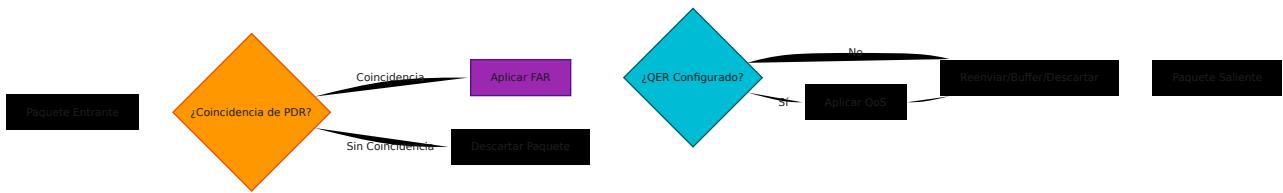
# Abrir en Wireshark y observar la Solicitud de Establecimiento de Sesión
# Si F-TEID muestra banderas "CHOOSE": modo de asignación de UPF
# Si F-TEID muestra un valor TEID explícito: modo de asignación de PGW-C
```

---

## 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** - Eliminar 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 a Buffer: 10
```

**Utilizado 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 puerto predeterminado (8805)
    local_port: 8805,

    # Opcional: Controlar la asignación de F-TEID para el plano de
    # usuario
    # Cuando es falso (predeterminado): UPF asigna F-TEID (bandera
    CHOOSE)
    # Cuando es verdadero: PGW-C pre-asigna F-TEID y proporciona
    un valor explícito
    # Nota: Algunos UPFs pueden no soportar la bandera CHOOSE y
    requieren 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
        }
    ]
}

```

## Múltiples Pares PGW-U

Para balanceo de carga o redundancia:

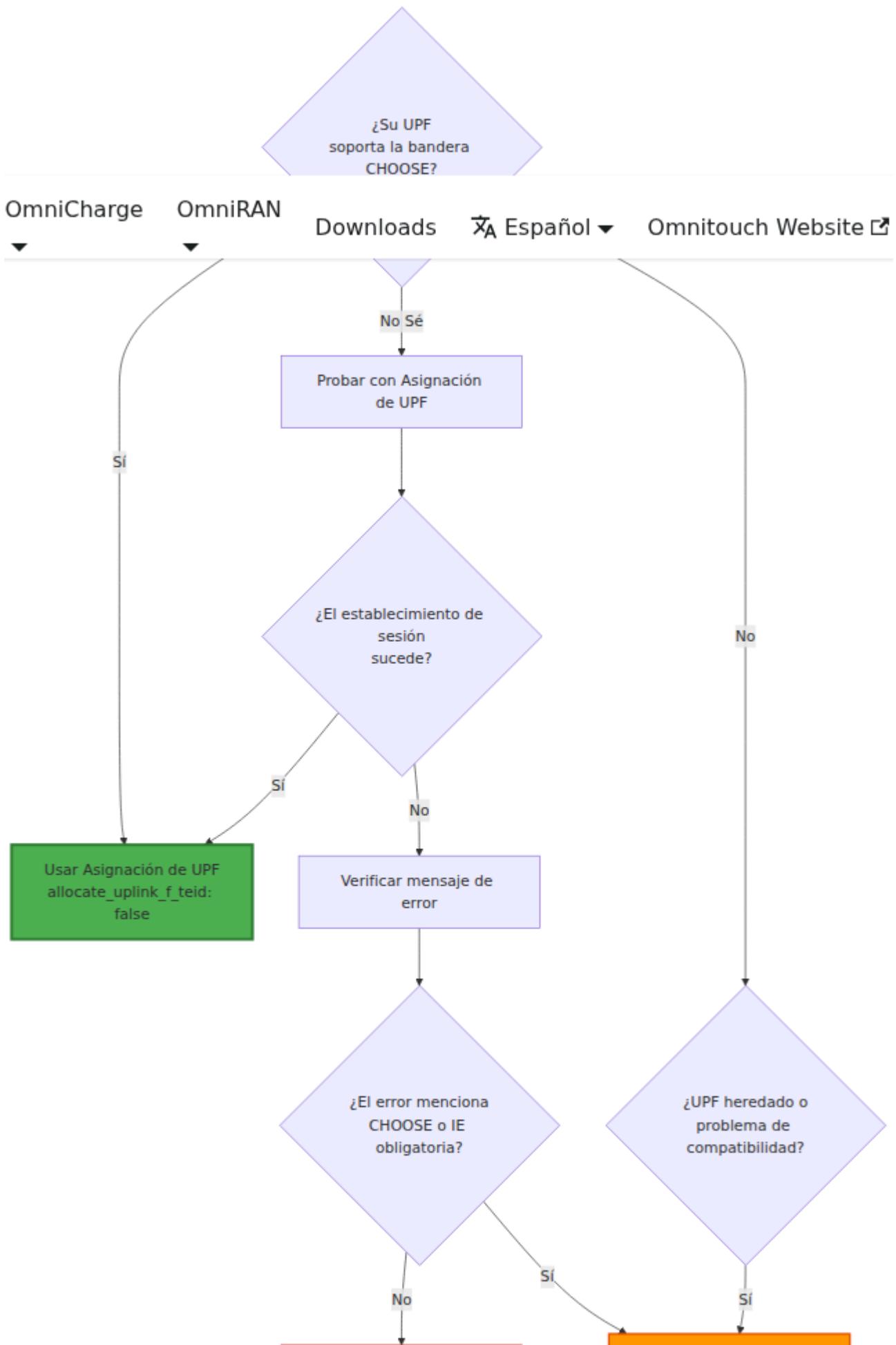
```
config :pgw_c,
  sxb: %{
    local_ip_address: "10.0.0.20"
  },
  upf_selection: %{
    fallback_pool: [
      %{remote_ip_address: "10.0.1.21", remote_port: 8805, weight: 50}, # 50% del tráfico
      %{remote_ip_address: "10.0.2.21", remote_port: 8805, weight: 50} # 50% del tráfico
    ]
  }
# Ambos 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) - Coincidirán 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



Problema diferente  
verificar registros de  
UPF

Usar Asignación de  
PGW-C  
allocate\_uplink\_f\_teid:  
true

## 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)
        #
        =====
        # Realiza consultas 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 coincidente 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: Sobrescribir PCO 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 - Menor 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)
#
# =====#
# Utilizado 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 del 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 basado en rangos de peso acumulativo:
  - 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 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 la 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) - Enrutamiento a nivel de celda más específico
2. **TAI** (Identidad del Área de Seguimiento) - Área de celdas
3. **RAI** (Identidad del Área de Enrutamiento) - Área 3G/2G
4. **SAI** (Identidad del Área de Servicio) - Área de servicio 3G
5. **CGI** (Identidad Global de la 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
```

### Proceso de Selección DNS:

1. Intentar consultas en orden de prioridad (ECGI primero, luego TAI, etc.)
2. Si DNS devuelve candidatos, usar el primer resultado (registrado dinámicamente si es necesario)

3. Seleccionar el UPF devuelto
4. Si no hay coincidencia DNS o DNS está deshabilitado, caer en el grupo de respaldo

Ver [Selección de UPF Basada en DNS](#) para información detallada.

---

## Selección de UPF Basada en DNS

### Descripción General

La selección de UPF basada en DNS proporciona **enrutamiento consciente de la ubicación** realizando consultas DNS NAPTR utilizando la Información de Ubicación del Usuario (ULI) de la celda actual del UE.

**Referencia 3GPP:** TS 23.003 - Procedimientos DNS para el descubrimiento de UPF

#### Beneficios:

- Selección automática de UPF basada en la ubicación geográfica
- Sin necesidad de configuración manual de reglas por celda
- Adaptación dinámica a cambios en la topología de la red
- Reduce el backhaul al enrutar al UPF más cercano

### Cómo Funciona

Parse error on line 25: ... style PGWC fill:#4CAF50,stroke:#2E7 -----  
--^ Expecting 'SOLID\_OPEN\_ARROW', 'DOTTED\_OPEN\_ARROW',  
'SOLID\_ARROW', 'BIDIRECTIONAL\_SOLID\_ARROW', 'DOTTED\_ARROW',  
'BIDIRECTIONAL\_DOTTED\_ARROW', 'SOLID\_CROSS', 'DOTTED\_CROSS',  
'SOLID\_POINT', 'DOTTED\_POINT', got 'TXT'

[Intente de nuevo](#)

# Configuración

```
config :pgw_c,
    upf_selection: %{
        # Habilitar selección basada en DNS
        dns_enabled: true,

        # Prioridad de consulta: intentar ECGI primero, luego TAI,
        # luego RAI, etc.
        dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],

        # Sufijo DNS para consultas
        dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",

        # Tiempo de espera de consulta DNS
        dns_timeout_ms: 5000,

        # Las reglas estáticas aún tienen prioridad sobre DNS
        rules: [...],

        # Respaldo si DNS falla
        fallback_pool: [...]
    }
```

## Formatos de Consulta DNS

Las consultas DNS se construyen utilizando la Información de Ubicación del Usuario (ULI) del mensaje GTP-C:

### 1. ECGI (Identificador Global de Celda E-UTRAN)

**Más específico** - Enrutamiento a nivel de celda LTE

**Formato:**

```
eci-<HEX-ECI>.ecgi.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.<dns_suffix>
```

**Ejemplo:**

```
# ID de Celda: 0x1A2B3C (1,715,004 decimal)
# PLMN: MCC=999, MNC=999
eci-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

**Cuándo Se Usa:** Redes LTE (4G)

## 2. TAI (Identidad del Área de Seguimiento)

**Área de celda** - Múltiples celdas en la misma área de seguimiento

**Formato:**

```
tac-lb<LB>.tac-hb<HB>.tac.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.dns_suffix
```

**Ejemplo:**

```
# TAC: 0x0064 (100 decimal)
# Byte bajo: 0x64, Byte alto: 0x00
tac-lb64.tac-hb00.tac.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

**Cuándo Se Usa:** Áreas de seguimiento LTE (4G)

## 3. RAI (Identidad del Área de Enrutamiento)

**Área de enrutamiento 3G/2G**

**Formato:**

```
rac<RAC>.lac-lb<LB>.lac-hb<HB>.lac.rai.mnc<MNC>.mcc<MCC>.
<dns_suffix>
```

**Ejemplo:**

```
# RAC: 0x0A (10 decimal)
# LAC: 0x1234 (4660 decimal)
rac0a.lac-lb34.lac-hb12.lac.rai.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

**Cuándo Se Usa:** Redes UMTS/GPRS 3G/2G

#### **4. SAI (Identidad del Área de Servicio)**

##### **Área de servicio 3G**

**Formato:**

```
sac< SAC >. lac-lb< LB >. lac-hb< HB >. lac.sai.mnc< MNC >. mcc< MCC >.  
< dns_suffix >
```

**Ejemplo:**

```
# SAC: 0x0001  
# LAC: 0x1234  
sac0001.lac-lb34.lac-  
hb12.lac.sai.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

**Cuándo Se Usa:** Áreas de servicio UMTS 3G

#### **5. CGI (Identidad Global de la Celda)**

##### **Nivel de celda 2G**

**Formato:**

```
ci< CI >. lac-lb< LB >. lac-hb< HB >. lac.cgi.mnc< MNC >. mcc< MCC >.  
< dns_suffix >
```

**Ejemplo:**

```
# CI: 0x5678  
# LAC: 0x1234  
ci5678.lac-lb34.lac-hb12.lac.cgi.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

**Cuándo Se Usa:** Celdas GSM 2G

# Procesamiento de Respuesta 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)

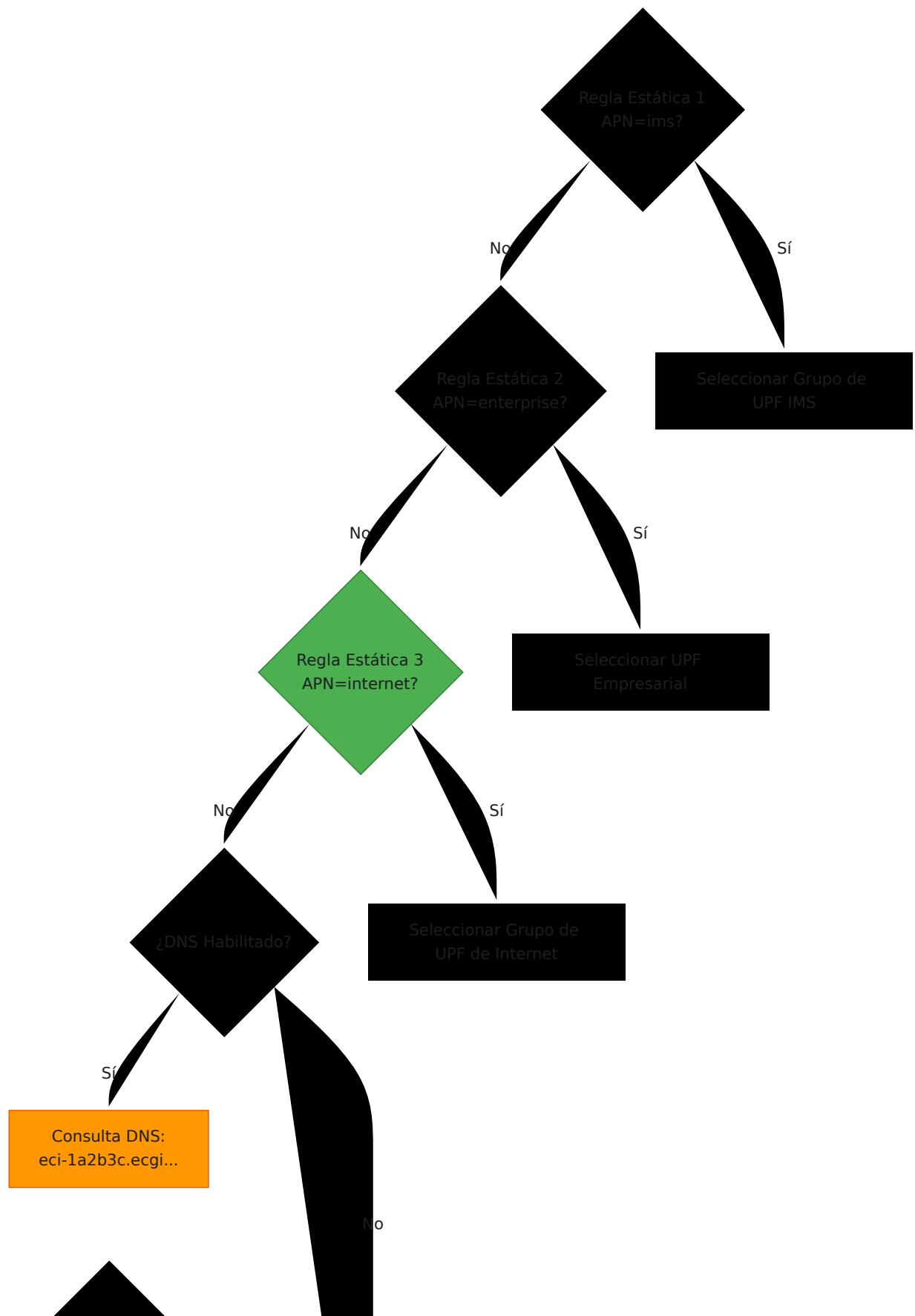
## Ejemplo:

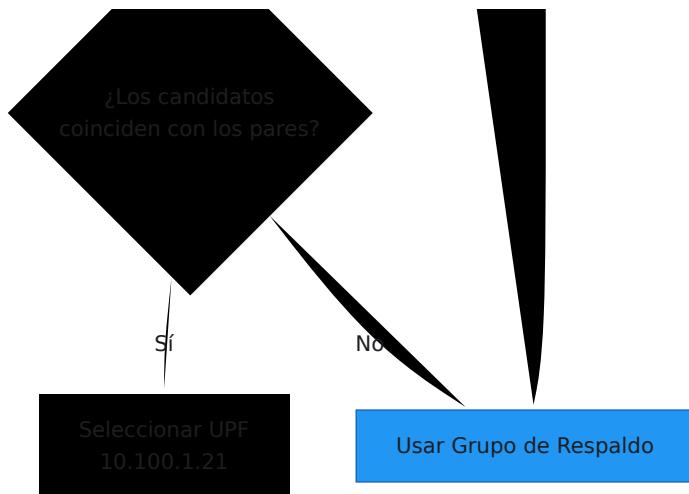
DNS devuelve: [10.100.1.21, 10.100.5.99]

Seleccionado: 10.100.1.21 (primer candidato)  
Acción: Registrar dinámicamente si no está en  
upf\_selection

## **Ejemplo de Prioridad de Selección**

Sesión: APN=internet  
ECGI=0x1A2B3C





## 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 son enrutados 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 al UPF local en el borde  
eci-*.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF Local en el  
Borde
```

**Beneficio:** Latencia ultra-baja para aplicaciones en el 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 por 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  
# Comprobar el 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. Pre-configurar 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 IPs de UPF pre-configurados
3. Permitir registro dinámico (recomendado para escenarios MEC/borde)

## Tiempo de Espera de Consulta

### Síntomas:

- Registro: "La selección de UPF por DNS: tiempo de espera de consulta"

- Las sesiones tardan más en establecerse

### Resolución:

```
upf_selection: %{
    dns_timeout_ms: 10000 # Aumentar 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]))

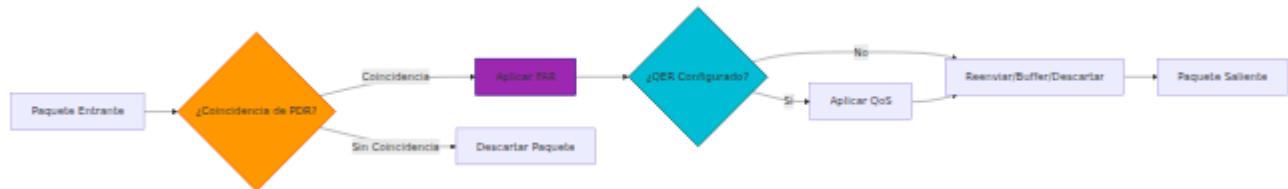
# Uso de respaldo (indica problemas de DNS)
rate(upf_selection_fallback_used_total[5m])
```

### Ejemplos de Registros:

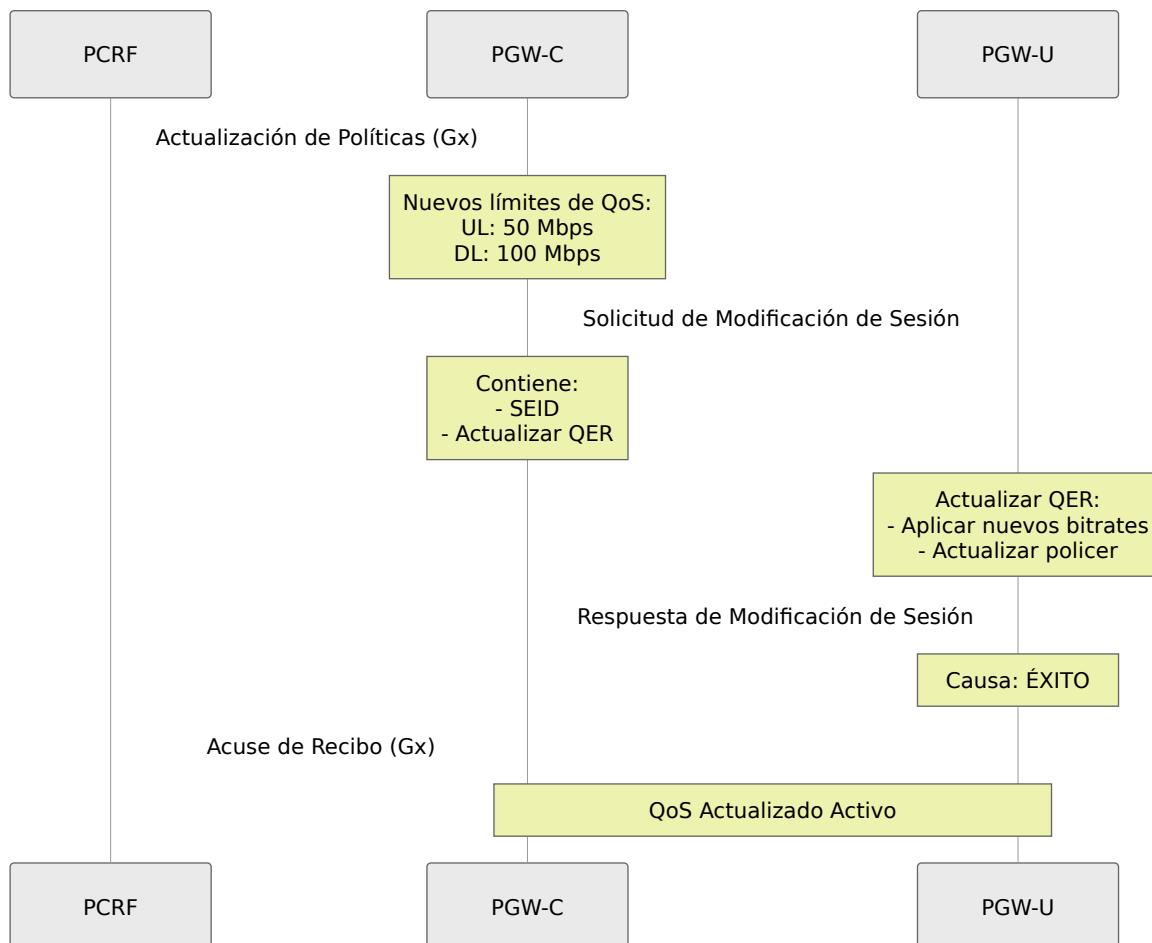
```
[debug] DNS UPF selection: querying eci-
1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
[debug] DNS UPF selection: got 2 candidates from DNS
[info]  DNS UPF selection: selected 10.100.1.21
```

# Flujos de Mensajes

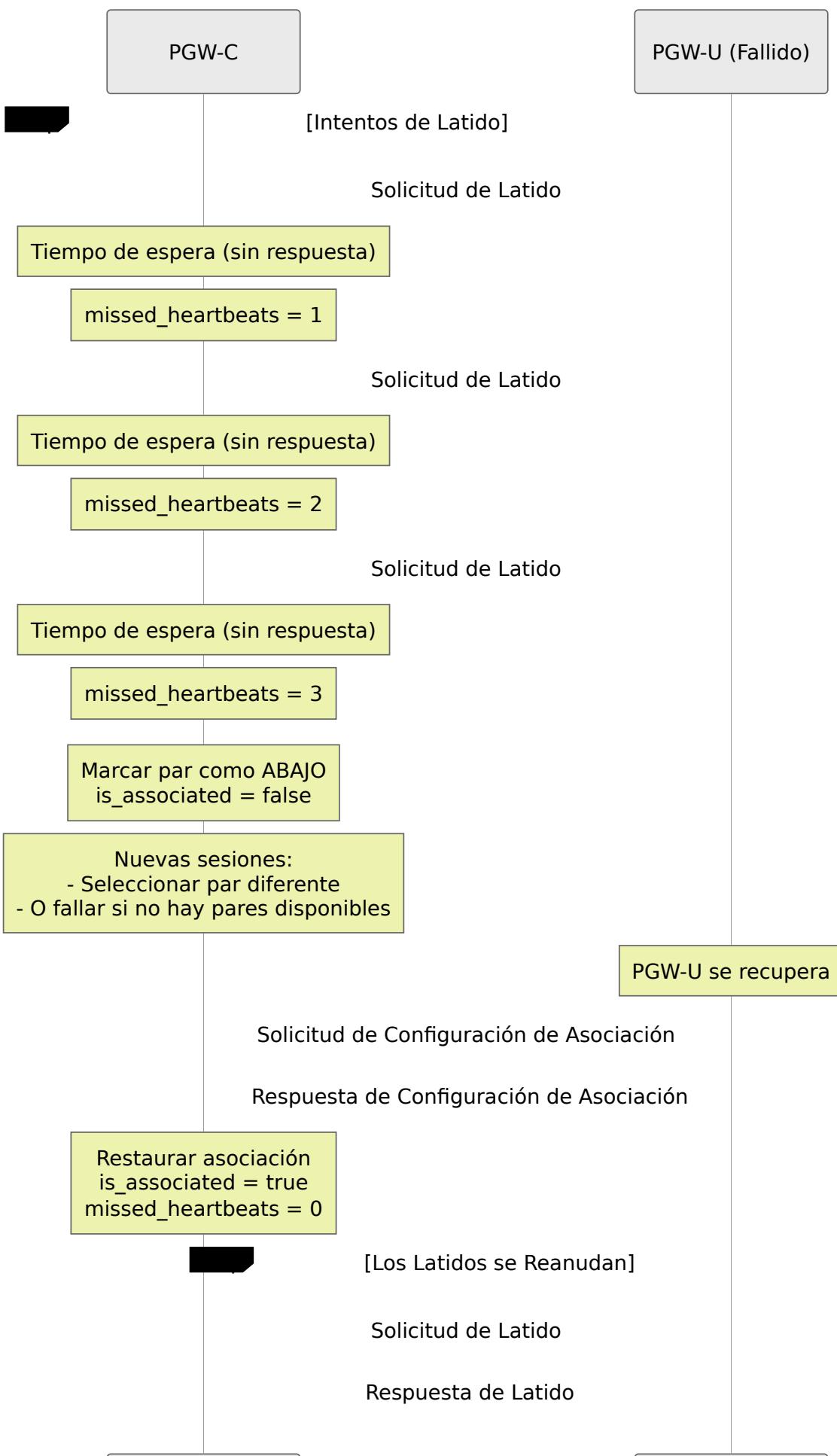
## Flujo Completo de Establecimiento de Sesión



## Flujo de Modificación de Sesión



# **Recuperación de Fallos de Latido**



PGW-C

PGW-U (Fallido)

# Solución de Problemas

## Problemas Comunes

### 1. Falla en la Configuración de Asociación

#### 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
- Cortafuegos 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 cortafuegos
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. Falla en el Establecimiento de Sesión**

### **Síntomas:**

- Respuesta de Crear Sesión con código de error
- Registro: "Fallo en el Establecimiento de Sesión PFCP"

### **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 rara)
- Reinicio de PGW-U sin conocimiento de PGW-C

### **Resolución:**

- Reiniciar la asociación PFCP (provoca un nuevo sello 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 del par PFCP
pfcp_peer_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 latido
pfcp_consecutive_heartbeat_failures{peer="PGW-U Primario"} 0
```

### **Ejemplos de Alertas:**

```

# Alerta sobre asociación caída
- alert: PFCPAssociationDown
  expr: pfcp_peer_associated == 0
  for: 1m
  annotations:
    summary: "El par PFCP {{ $labels.peer }} está caído"

# Alerta sobre alta tasa 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/Pares 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
- **Sello 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 Función UP** - Capacidades publicitadas por PGW-U

### **3. Detalles Expandibles** Haga clic en cualquier par para ver:

- Configuración completa del par
- Bitmap de características de función UP
- Sellos de tiempo 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
- Se actualiza 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 punto final de sesión)
- Asociación de par 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. Comprobar que el conteo de latidos perdidos = 0
4. Si un par muestra "No Asociado":
  - Verificar la accesibilidad IP del par
  - Verificar que el par esté en ejecución
  - Comprobar el cortafuegos (UDP 8805)

### Solucionar Fallos en el Establecimiento de Sesiones:

1. La sesión de usuario falla al establecerse
2. Comprobar la página de Sesiones de PGW - ¿existe la sesión?
3. Comprobar la página de Sesiones PFCP - ¿se creó la sesión PFCP?
4. Si no hay sesión PFCP:
  - Comprobar Estado de UPF - ¿hay algún par asociado?
  - Comprobar registros para errores PFCP
5. Si existe 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. Comprobar 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
- La insignia roja "No Asociado" es inmediatamente visible
- El contador de latidos perdidos muestra degradación antes de la falla total
- Configurar alertas de monitoreo basadas en los datos de la Interfaz Web

### **Ventajas:**

- **Monitoreo en tiempo real** - No es necesario consultar métricas o SSH
- **Estado visual** - Codificación de colores asociado/no asociado
- **Tendencias de salud del par** - El conteo de latidos perdidos muestra advertencias tempranas
- **Inspección a nivel de sesión** - Ver exactas PDRs/FARs/QERs programadas
- **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 bearer

## Carga y Monitoreo

- **Interfaz Diameter Gx** - Reglas de PCC que impulsan la aplicación de QoS 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 PFCP, seguimiento de sesiones, alertas de salud de UPF

## Interfaces de Red

- **Interfaz S5/S8** - Gestión de bearer del plano de control
- **Asignación IP de UE** - Asignación de direcciones de UE a través de PFCP

---

[Volver a la Guía de Operaciones](#)

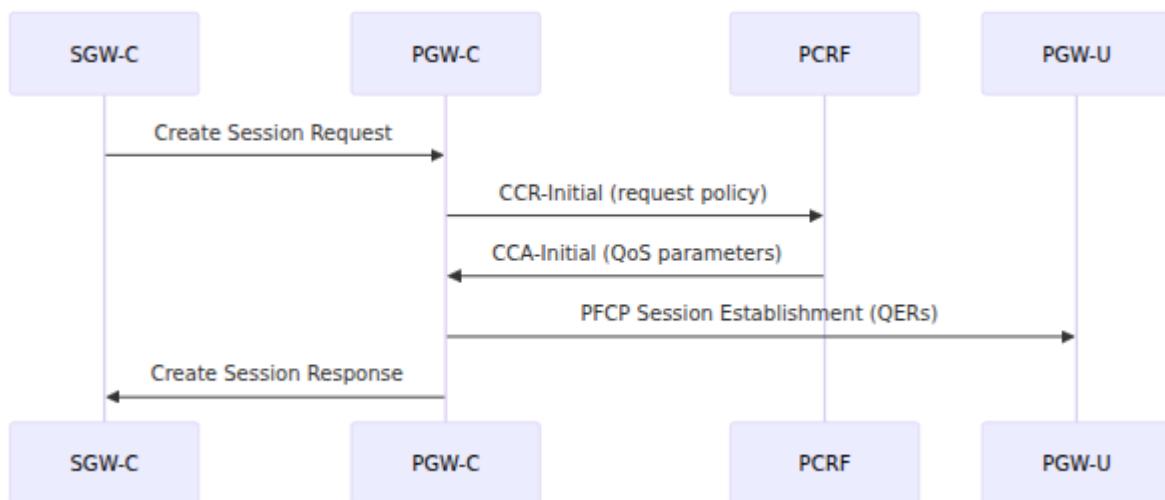
# QoS y Gestión de Bearer

## 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
- PGW-C envía PFCP Session Modification Request para agregar PDRs/FARs/QERs
  - PGW-C inicia Create Bearer Request a SGW-C
  - 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/QERs 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-Bitrate-UL` y `Guaranteed-Bitrate-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-Bitrate-UL: 50000000 (50 Mbps)  
APN-Aggregate-Max-Bitrate-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:

<b>Flow-Status (Gx)</b>	<b>Gate-Status (PFCP QER)</b>	<b>Significado</b>
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="pfcp_session_establishment_"
sxb_outbound_messages_total{message_type="pfcp_session_modification_"
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

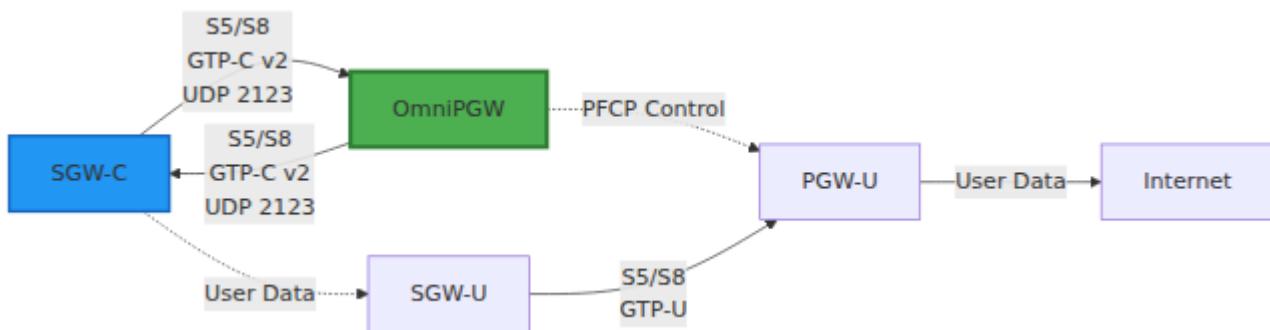
# Documentación de la Interfaz S5/S8

## 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 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 Portadora, Eliminar Portadora, etc.)
    request_timeout_ms: 500,

    # Número de intentos de reinicio 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 transacciones de solicitud/respuesta GTP-C.

### Parámetros:

- **request\_timeout\_ms** - Tiempo de espera en milisegundos por intento de reinicio (por defecto: 500ms)

- **request\_attempts** - Número de intentos de reinicio antes de rendirse (por defecto: 3)

**Tiempo Total de Espera:**  $\text{request_timeout_ms} \times \text{request_attempts}$

**Comportamiento por Defecto:**  $500\text{ms} \times 3 \text{ intentos} = \mathbf{1.5 \text{ segundos de espera máxima total}}$

**Directrices de Ajuste:**

Latencia de Red	request_timeout_ms 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 un error: "Se agotó el tiempo de espera de la solicitud de creación de portadora"
- Devuelve un error al PCRF (Código de Resultado de Diámetro: 5012 UNABLE\_TO\_COMPLY)

- La portadora 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 detallado y gestión de estados, 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 de 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 Portadora	Agrupado	Información de portadora 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 Portadora
    └─ EBI: 5
    └─ QoS de Portadora (QCI 9, ARP, tasas de bits)
        └─ S5/S8 F-TEID (punto 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 Portadora	Agrupado	Información de portadora
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 Portadora
    └─ EBI: 5
    └─ Causa: Solicitud aceptada
        └─ S5/S8 F-TEID (punto 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 Portadora EPS a eliminar
EBI Vinculado	Portadora relacionada (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 Portadoras

### Solicitud de Creación de Portadora

**Dirección:** OmniPGW → SGW-C

**Propósito:** Crear una portadora dedicada (iniciada por la política del PCRF)

**Desencadenado por:**

- PCRF envía una nueva regla PCC que requiere una portadora dedicada
- OmniPGW solicita a SGW-C establecer la portadora

## Solicitud de Eliminación de Portadora

**Dirección:** OmniPGW → SGW-C o SGW-C → OmniPGW

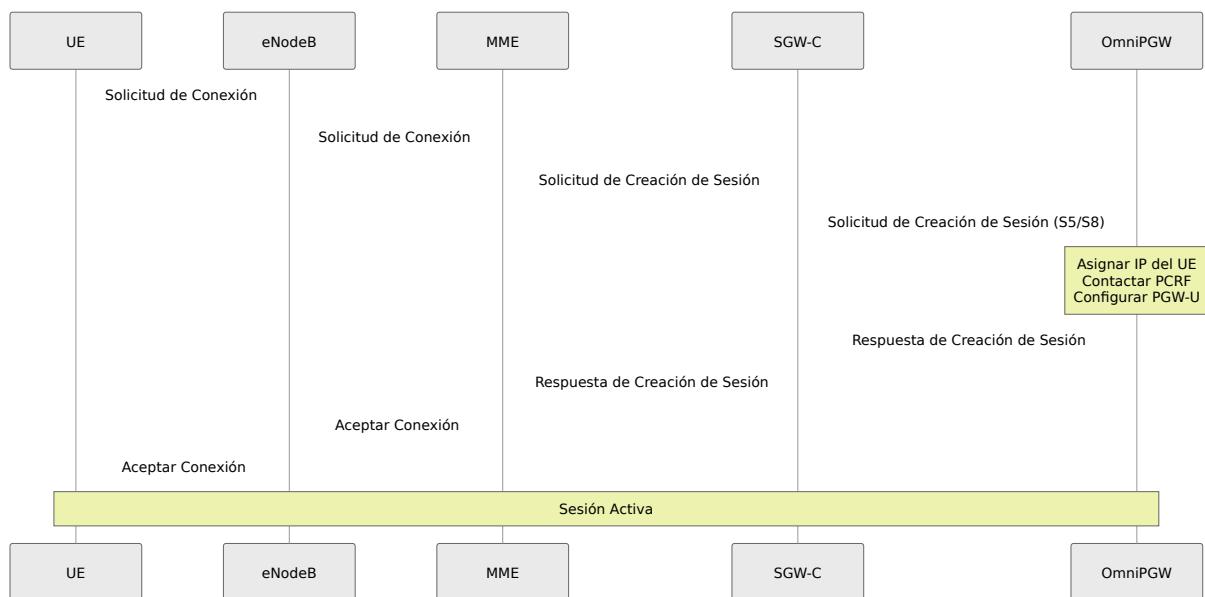
**Propósito:** Eliminar la portadora dedicada

### Escenarios:

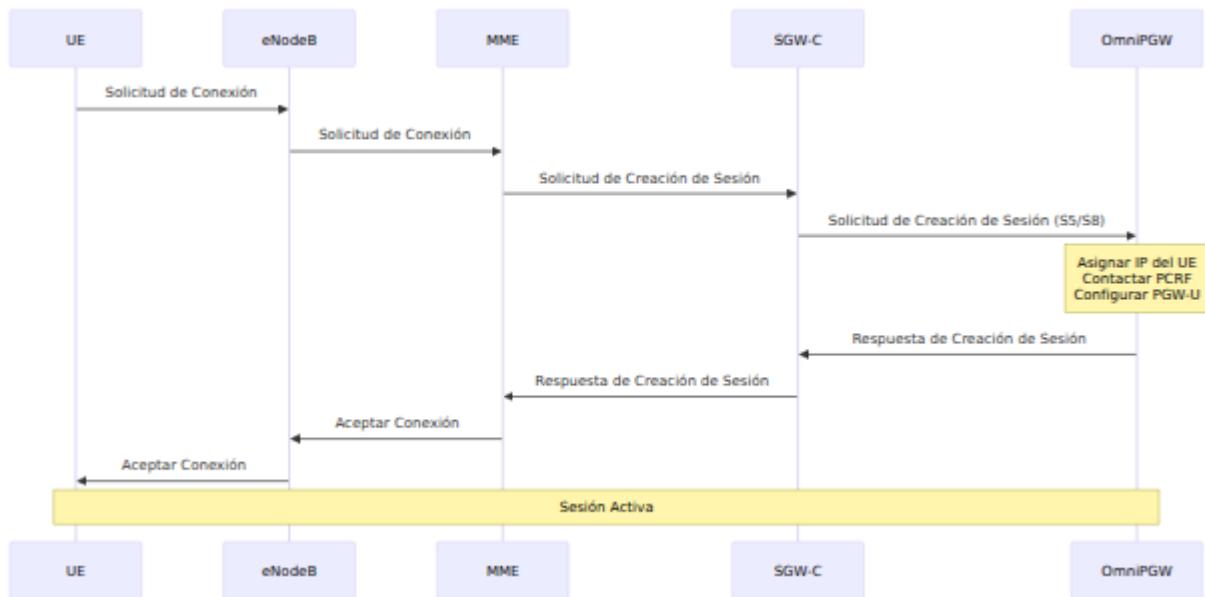
- **Iniciada por PGW:** Cambio de política del PCRF elimina la portadora dedicada
- **Iniciada por SGW:** Liberación de recursos de radio

# Flujos de Mensajes

## Establecimiento de Sesión



# Terminación de Sesión



## Códigos de Causa

### Éxito

Código	Nombre	Descripción
16	Solicitud aceptada	Operación exitosa

## Errores (Fallos Permanentes)

Código	Nombre	Cuándo se Usa
65	Usuario Desconocido	PCRF rechazó (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 (Fallos Transitorios)

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 portadoras
- **Asignación de IP del UE** - Entrega de dirección IP a través de la Respuesta de Creación de Sesión
- **Configuración de PCO** - Parámetros de PCO en mensajes GTP-C

## Interfaces Relacionadas

- **Interfaz PFCP** - Coordinación del plano de usuario con el plano de control S5/S8
- **Interfaz Diámetro Gx** - Integración de políticas con el establecimiento de portadoras
- **Interfaz Diámetro Gy** - Integración de carga con la gestión de portadoras

## 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**

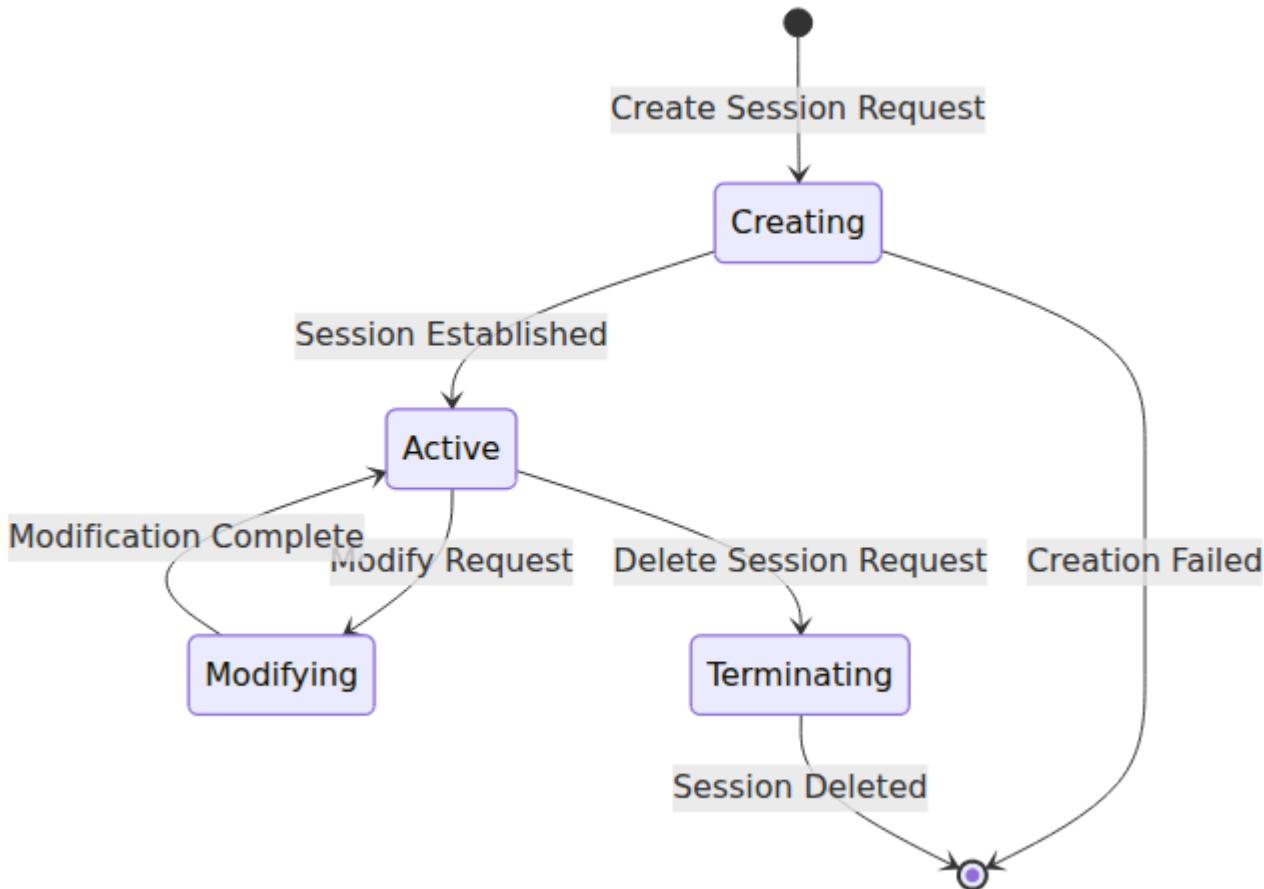
# Guía de Gestión de Sesiones

## 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.



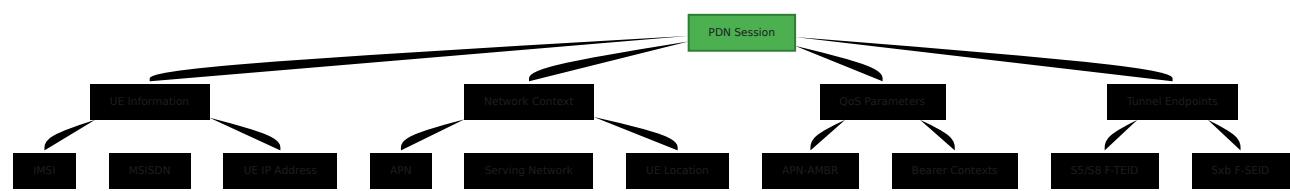
# Componentes de la Sesión

## Identificadores de Sesión

Cada sesión tiene múltiples identificadores para diferentes interfaces:

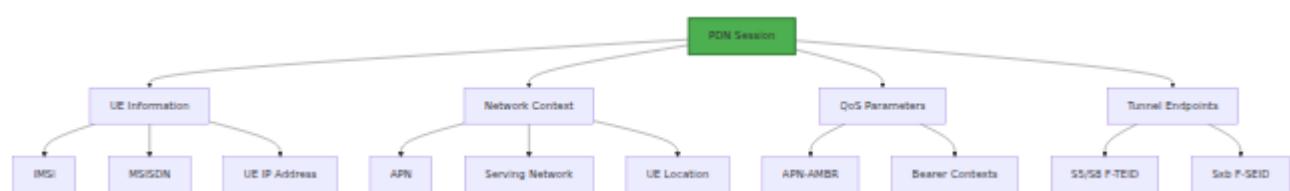
Identificador	Interfaz	Propósito
<b>TEID</b>	S5/S8 (GTP-C)	ID de Punto de Túnel para comunicación SGW-C
<b>SEID</b>	Sxb (PFCP)	ID de Punto de Sesión para comunicación PGW-U
<b>Session-ID</b>	Gx (Diameter)	Sesión Diameter para comunicación PCRF
<b>Charging-ID</b>	Contabilidad	ID único para facturación/cobro

## 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
- 

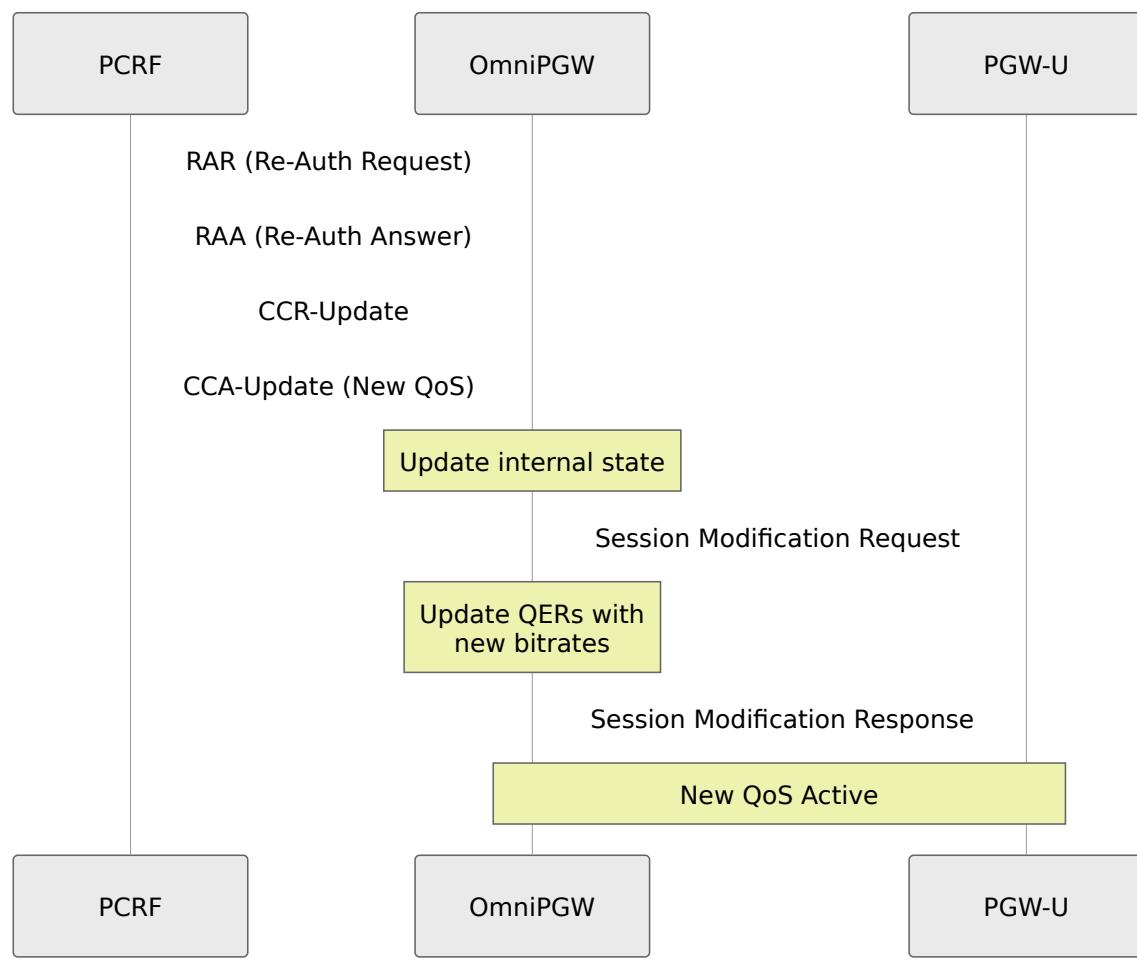
# Modificación de Sesiones

## Disparadores

Las sesiones pueden ser modificadas debido a:

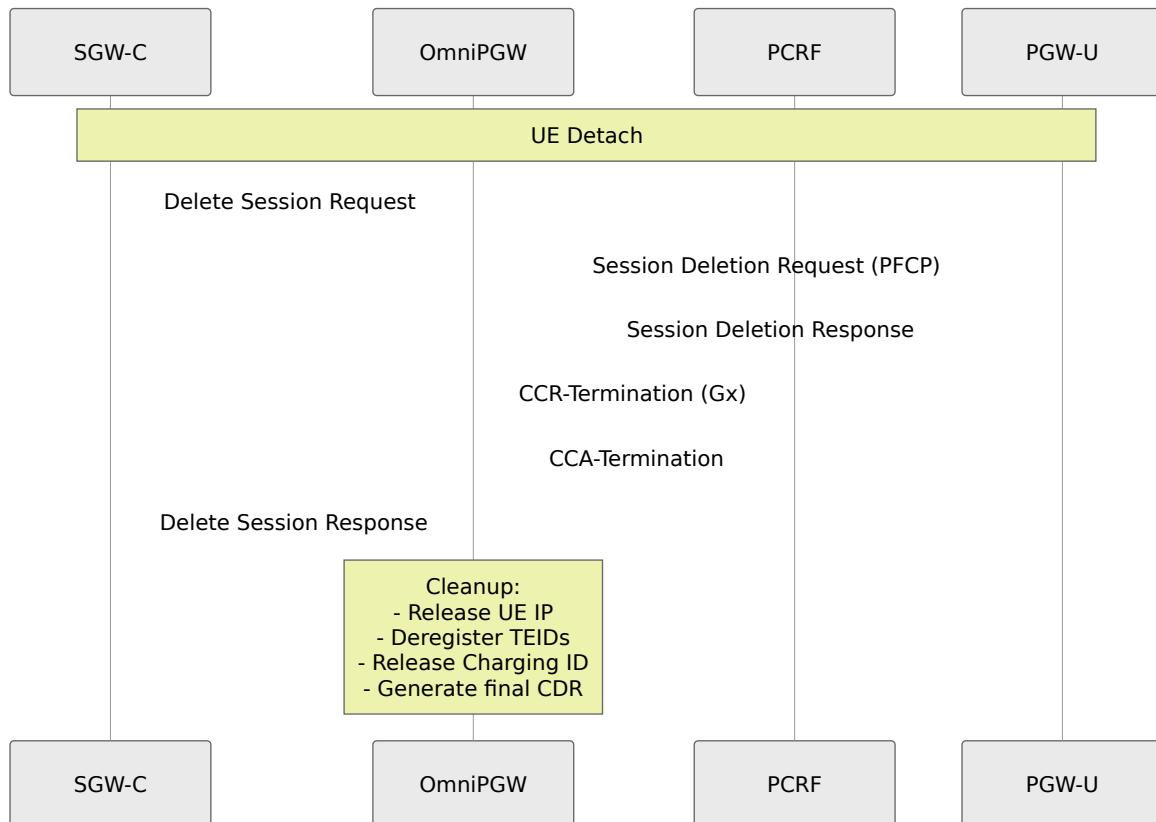
- **Cambios en QoS** - Actualizaciones de PCRF sobre tasas de bits
- **Operaciones de Portadora** - Agregar/quitar portadoras dedicadas
- **Transferencia** - Cambio de SGW
- **Actualizaciones de Política** - Nuevas reglas PCC del PCRF

# Flujo de Modificación de QoS



# Eliminación de Sesiones

## Flujo de Llamadas



## Proceso de Limpieza

### Recursos Liberados:

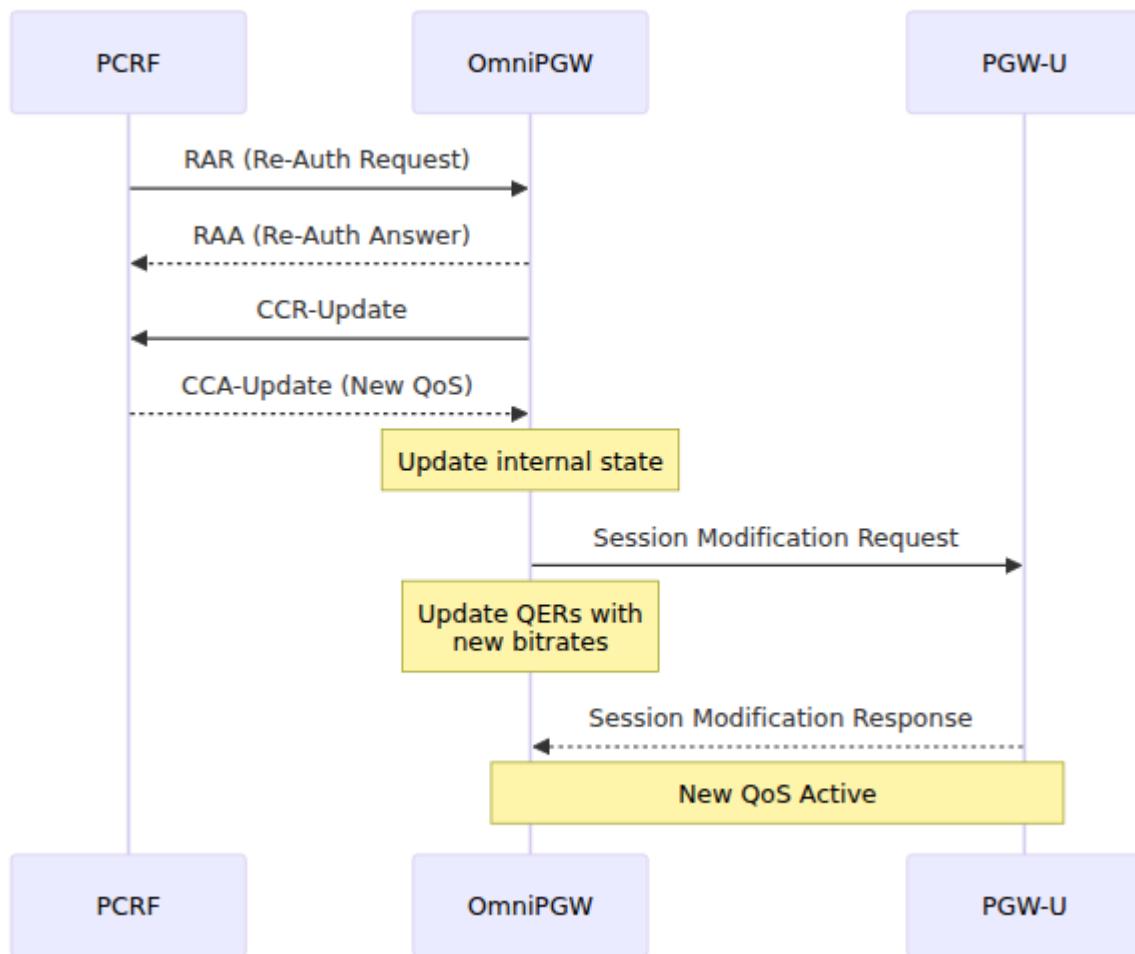
1. Dirección IP del UE → de vuelta al grupo
2. TEID → eliminado del registro
3. SEID → eliminado del registro
4. Session-ID → eliminado del registro
5. Charging-ID → liberado
6. Proceso de sesión terminado

### 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 0xABCD → 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"})

# Session deletion rate
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"})

# Session creation latency (p95)
histogram_quantile(0.95,
    rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="create_session_request", duration="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/Obsleta**

### **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:**

<b>Valor de Causa</b>	<b>Significado</b>	<b>Acción</b>
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

- 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](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 refreshar su base de datos local:

1. Navegue a [http://<omnipgw-ip>:<web-port>/cell\\_towers](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 Sesiones
4. Problemas de PFCP / Plano de Usuario
5. Problemas de Diámetro (Gx/Gy)
6. Problemas de Asignación de IP
7. Problemas de Rendimiento
8. Problemas de Salud del Sistema
9. 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://<omnipegw_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://<omnipegw_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 Sesiones

### Problema: Solicitud de Creación de Sesión Rechazada con "No hay Recursos Disponibles"

#### Síntoma:

- SGW-C recibe Respuesta de Creación de 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 Creación de Sesión bloqueada - licencia inválida`

*Captura de Wireshark mostrando Respuesta de Creación de 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 de "No se puede contactar al servidor de licencias"

##### **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 accesible:

```
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: "Tu Nombre de Empresa"
```

### 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 Creación de Sesión Rechazada (Otras Causas)

## Síntoma:

- SGW-C recibe Respuesta de Creación de Sesión con causa de error
- Los usuarios no pueden establecer conexiones PDN
- Métrica: `s5s8_inbound_errors_total` en aumento

## Causas Probables:

1. Grupo 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 grupo de IP:

`address_registry_count`

- Si es igual al tamaño del grupo configurado, el grupo está agotado

### 2. Verifica la conectividad del PCRF:

- Interfaz Web → Página **/diameter**
- Busca el estado del par PCRF = "desconectado"
- Registros: Busca "Respuesta de Control de Crédito" para errores

### 3. Verifica el estado del par PFCP:

- Interfaz Web → Página **/pfcp\_peers**
- Busca "Asociación: ABAJO"
- Métrica: `pfcp_peer_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 Grupo de IP:

1. Identifica sesiones obsoletas: Interfaz Web → **/pgw\_sessions**, busca sesiones antiguas
2. Expande el grupo 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 grupo de IP con alertas al 80%
- Monitorea la conectividad del PCRF con alertas del par 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. Establecimiento de sesión PFCP fallido pero sesión S5/S8 creada
2. CCR-Initial del PCRF se agotó
3. Fallo en la Solicitud de Creación de Portadora (portadora dedicada)
4. Disrupción de 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 de establecimiento de PFCP:**

- Verifica la salud y los registros del PGW-U

- Verifica la asociación de PFCP: Interfaz Web → **/pfcp\_peers**
- 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 limpiar 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 discrepancias en el conteo de registros
- 

# Problemas de PFCP / Plano de Usuario

## Problema: Asociación de PFCP Abajo

### Síntoma:

- Interfaz Web → **/pfcp\_peers** muestra "Asociación: ABAJO"
- Todos los nuevos establecimientos de sesión fallan
- Métrica: `pfcp_peer_associated` = 0

- Registros: "Tiempo de espera de latido de PFCP" o "Fallo en la configuración de la asociación"

## Causas Probables:

1. PGW-U inalcanzable (problema de red)
2. PGW-U se bloqueó o reinició
3. Desajuste de 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 ejecución: `systemctl status omnipgw_u` (o equivalente)

### 4. Verifica las métricas:

```
# Fallos de latido
pfcp_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 los grupos de seguridad (si es implementación en la nube)

## **2. Para bloqueos 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 → **/pfcp\_peers** (debería mostrar "Asociación: ARRIBA")

## **3. Para problemas de configuración:**

- Corrige la configuración del par de PFCP en `config/runtime.exs`
- Reinicia OmniPGW
- Verifica que la asociación se haya establecido

## **Prevención:**

- Monitorea la métrica `pfcp_peer_associated` con alertas críticas
- Monitorea `pfcp_consecutive_heartbeat_failures` (alerta si > 2)
- Implementa instancias redundantes de PGW-U
- Habilita el latido/keepalive de PFCP (debería ser predeterminado)

---

# **Problema: Fallos en la Modificación de Sesión de PFCP**

## **Síntoma:**

- La creación de portadora dedicada falla
- Las actualizaciones de políticas de QoS (desde RAR del PCRF) fallan
- Registros: "Fallo en la Solicitud de Modificación de Sesión"
- Métrica:  
`sxb_inbound_errors_total{message_type="session_modification_respon`

se"} en aumento

## Causas Probables:

1. Reglas de PFCP inválidas (referencias de 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 de PFCP
- Causas comunes: "El ID de regla ya existe", "Sin recursos disponibles"

### 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 la sesión en la Interfaz Web)
- Captura los registros de mensajes de 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 par PCRF "desconectado"
- Sesiones creadas sin políticas de QoS (se aplica QCI=5 predeterminado)
- Registros: "Fallo en la conexión del par de Diámetro" o "Tiempo de espera CER/CEA"

#### **Causas Probables:**

1. PCRF inalcanzable (problema de red)
2. Servicio PCRF caído
3. Desajuste de 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 (Solicitud de Intercambio de Capacidades) desde 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 de 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 predeterminado (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 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 "Recibido 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
  predeterminado
}
```

- Reinicia OmniPGW
- **Nota:** Esto solo oculta el problema; soluciona 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 par OCS "desconectado"
- Las sesiones no pueden ser cargadas (la carga en línea falla)
- Registros: "Fallo en la conexión del par Gy"

### Diagnóstico y Resolución:

Similar a [Par PCRF Desconectado](#), pero para la interfaz Gy.

### Diferencias Clave:

- Puerto: Típicamente TCP 3868 (igual que Gx)

- Impacto: La carga falla, las sesiones pueden ser rechazadas o permitidas sin carga (depende de la configuración)
- Configuración: Verifica `diameter.peer_list` para la entrada de OCS

**Consulta:** [Interfaz Gy de Diámetro](#) para solución de problemas específica de Gy

---

## Problemas de Asignación de IP

### Problema: Grupo de IP Agotado

#### Síntoma:

- Solicitud de Creación de Sesión rechazada con causa "No hay recursos disponibles"
- Métrica: `address_registry_count` igual al tamaño del grupo configurado
- Interfaz Web → [/pgw\\_sessions](#) muestra muchas sesiones activas
- Registros: "Fallo en la asignación de IP: grupo agotado"

#### Causas Probables:

1. Grupo demasiado pequeño para la base de suscriptores
2. Sesiones no liberando IPs (fallos en la Eliminación de Sesión)
3. Rápido cambio de sesiones sin limpieza
4. Fuga de direcciones IP

#### Diagnóstico:

##### 1. Verifica la utilización del grupo:

```
# Para subred /24 (254 IPs)
(address_registry_count / 254) * 100
```

##### 2. Verifica el tamaño del grupo 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 grupo):

###### 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 sesiones en PCRF/SGW
4. Monitorea `address_registry_count` para verificar que el grupo se liberó después de la limpieza

## **Prevención:**

- Monitorea la utilización del grupo de IP con alertas:
    - Advertencia: > 70%
    - Crítica: > 85%
  - Análisis de tendencias para predecir el agotamiento
  - Implementa tiempo de espera de sesiones inactivas
  - 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 bloqueo
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
- Preferiblemente elimina la sesión más nueva

## **3. UE se reconecta:**

- 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)
  - Verificaciones regulares de integridad de la base de datos (si corresponde)
-

# Referencia Rápida

## Consultas Comunes de Prometheus

```
# Sesiones activas
teid_registry_count

# Tasa de configuración de sesiones (por segundo)
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}[5m])

# Utilización del grupo de IP (para subred /24)
(address_registry_count / 254) * 100

# Latencia de configuración 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[5m]))

# Estado de asociación de PFCP
pfcp_peer_associated
```

## Filtros Comunes de Registros (Interfaz Web)

Filtro	Propósito
IMSI	Encuentra todos los registros para un suscriptor específico
"create_session"	Flujo de establecimiento de sesión
"delete_session"	Flujo de desmantelamiento 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 de 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 punto final de métricas  
curl http://<omnipgw_ip>:9090/metrics  
  
# Verifica sesiones activas  
curl http://<omnipgw_ip>:9090/metrics | grep teid_registry_count  
  
# Verifica la asociación de PFCP  
curl http://<omnipgw_ip>:9090/metrics | grep pfcp_peer_associated  
  
# Verifica el uso del grupo 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 Gx de Diámetro** - Solución de problemas de políticas Gx
- **Interfaz Gy de Diámetro** - Solución de problemas de carga Gy
- **QoS y Gestión de 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 Pool de IP de UE

Gestión de Direcciones IP para Dispositivos Móviles

---

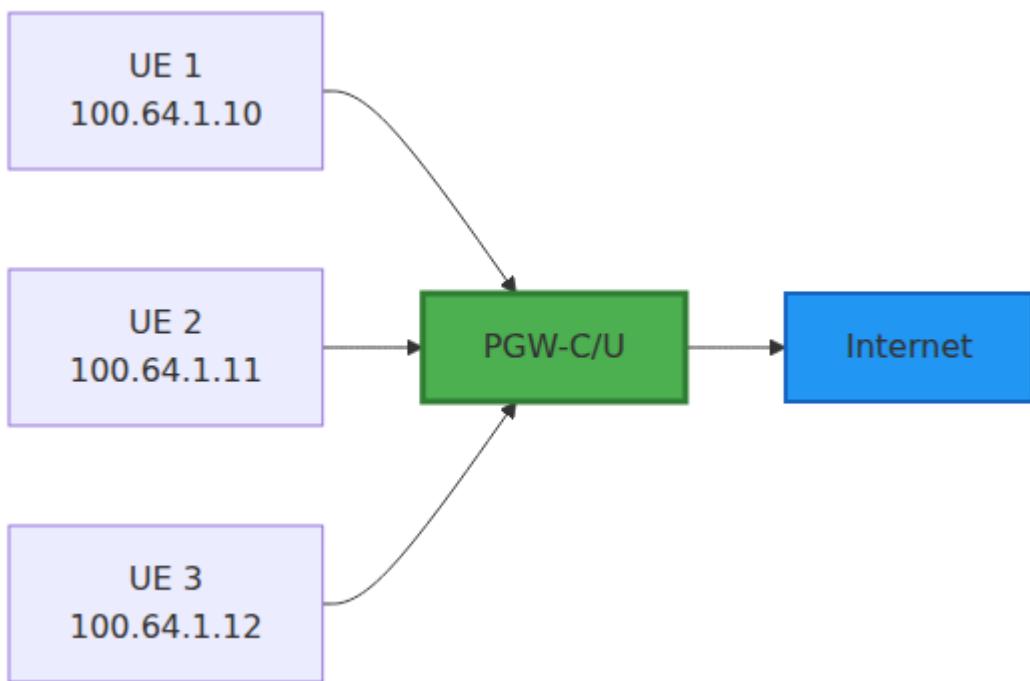
## Tabla de Contenidos

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 Paquetes). Esta es una función crítica que permite a los dispositivos móviles comunicarse con redes externas.

# Por Qué Importa la Asignación de IP



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	<input type="checkbox"/> Completo	Direcciones IPv4 estándar
IPv6	<input type="checkbox"/> Completo	Direcciones y prefijos IPv6
IPv4v6	<input type="checkbox"/> Completo	Doble pila (tanto IPv4 como IPv6)

# Conceptos de Asignación de IP

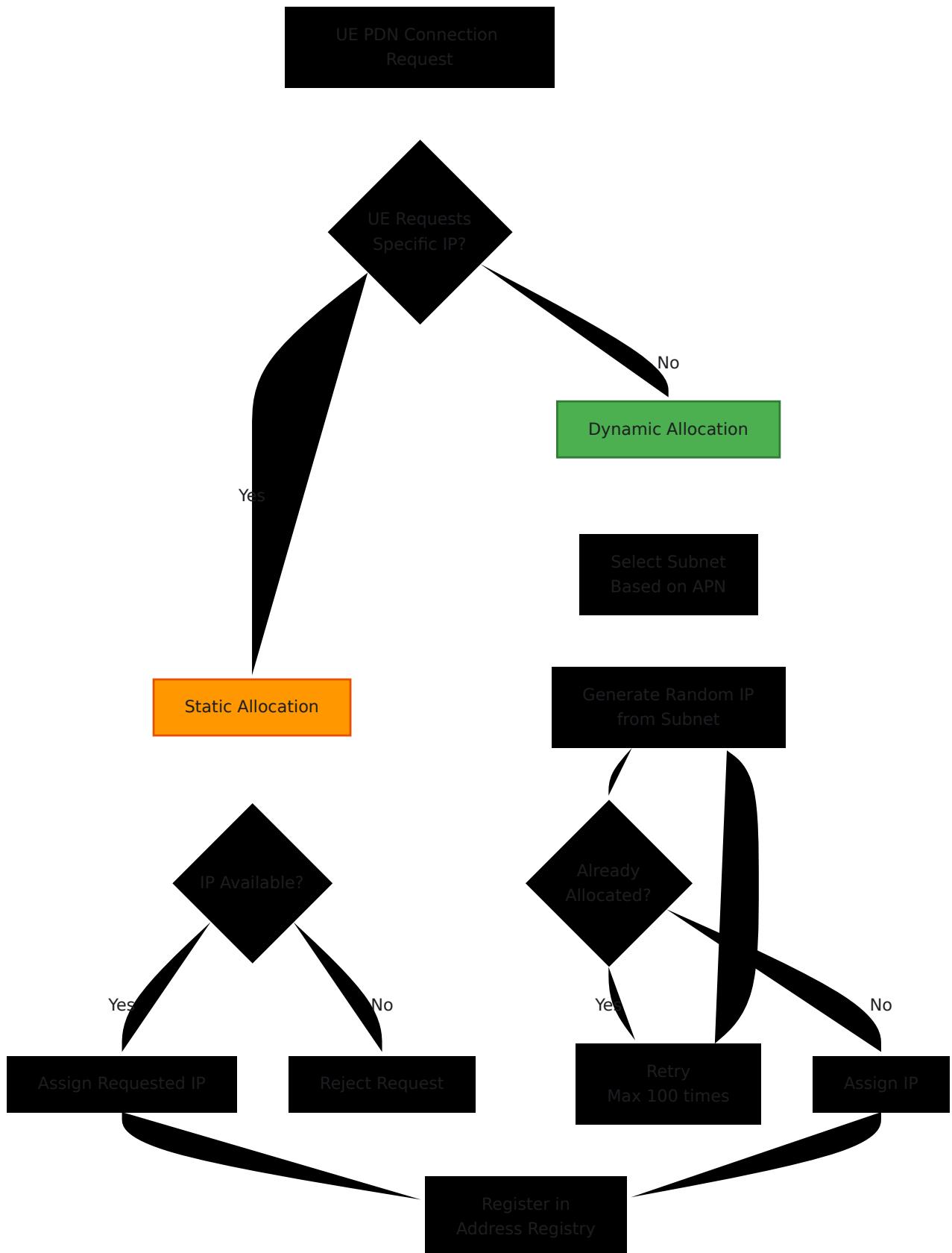
## Tipo de PDN

Cuando un UE solicita una conexión PDN, especifica un **Tipo de PDN**:

Tipo de PDN	Descripción	Direcciones Asignadas
IPv4	Conexión solo IPv4	Dirección IPv4 única
IPv6	Conexión solo IPv6	Prefijo IPv6 (por ejemplo, /64)
IPv4v6	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 pool configurado
- Selección aleatoria para evitar predecibilidad

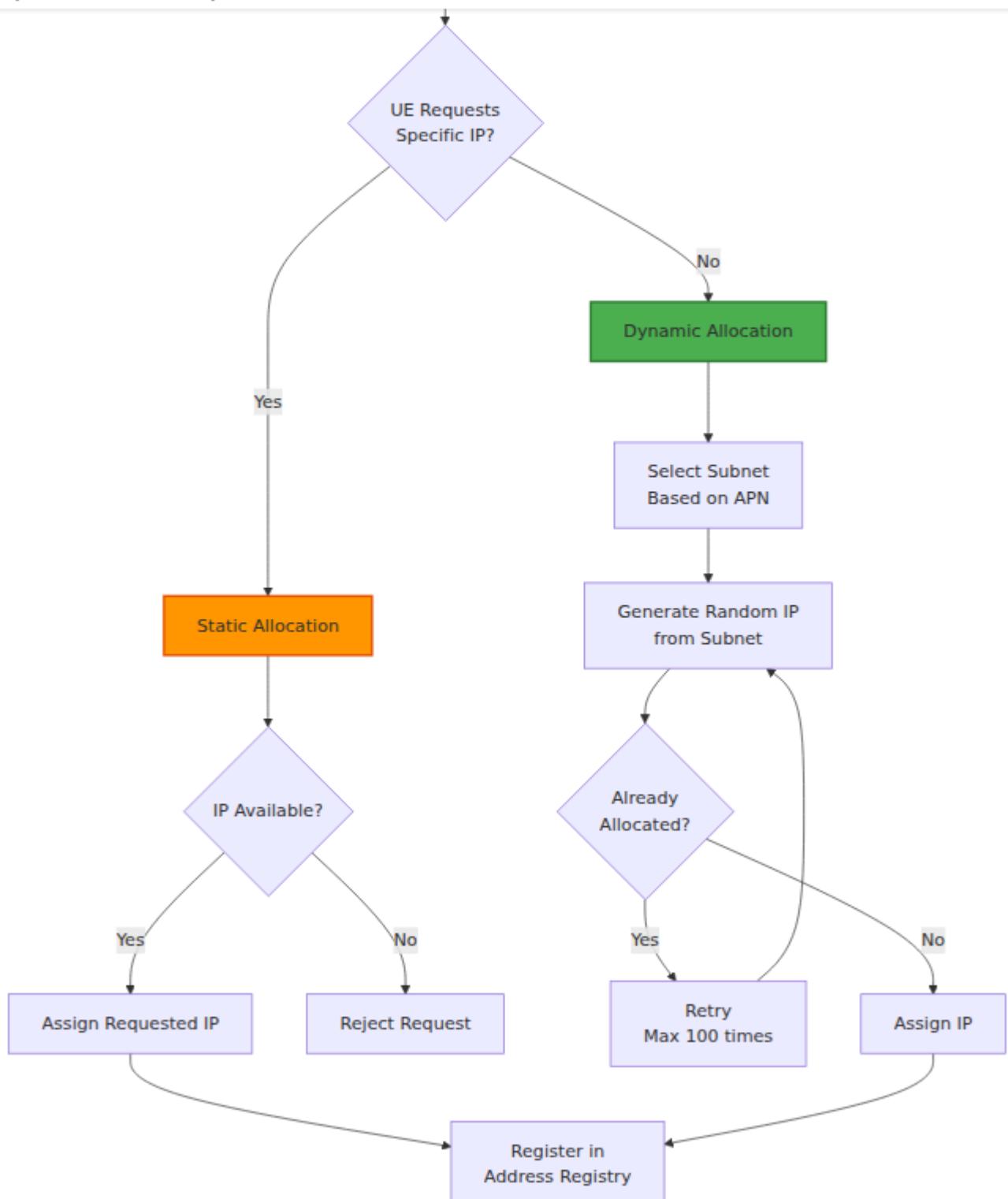
- La detección de colisiones asegura la unicidad

## 2. Asignación Estática:

- El UE solicita una 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 pools de IP:



## Beneficios:

- **Segregación de Tráfico** - Diferentes APNs rutean a diferentes redes
- **Diferenciación de Políticas** - Aplicar diferentes políticas por APN

- **Planificación de Capacidad** - Dimensionar pools 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 IP de UE → PID del Proceso de Sesión
<b>Búsqueda</b>	Encontrar sesión por IP de UE
<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"
        ],
        # Pool por defecto para APNs desconocidos
        default: [
            "42.42.42.0/24"
        ]
    }
}

```

## Notación de Subred

**Notación CIDR:** <network>/<prefix\_length>

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 broadcast (por ejemplo, 100.64.1.255) no se asigna
- El PGW-C asigna desde <network> + 1 hasta <broadcast> - 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 manera 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
      ],

      # Fallback por defecto
      default: [
        "42.42.42.0/24"      # 254 IPs para APNs desconocidos
      ]
    }
  }
}
```

# Configuración de IPv6

```
config :pgw_c,
    ue: %{
        subnet_map: %{
            "internet" => [
                # Pools de IPv4
                "100.64.1.0/24"
            ],
            "internet.ipv6" => [
                # Pools de IPv6 (delegación de prefijo)
                "2001:db8:1::/48"
            ],
            default: [
                "42.42.42.0/24"
            ]
        }
    }
```

## Delegación de Prefijo IPv6:

- El UE generalmente recibe un prefijo /64
- Permite que el UE asigne múltiples IPs (por ejemplo, para tethering)
- 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",           # Pool de IPv4
                "2001:db8:1::/48"         # Pool de IPv6 (se usará para la
asignación de IPv6)
            ]
        }
    }
```

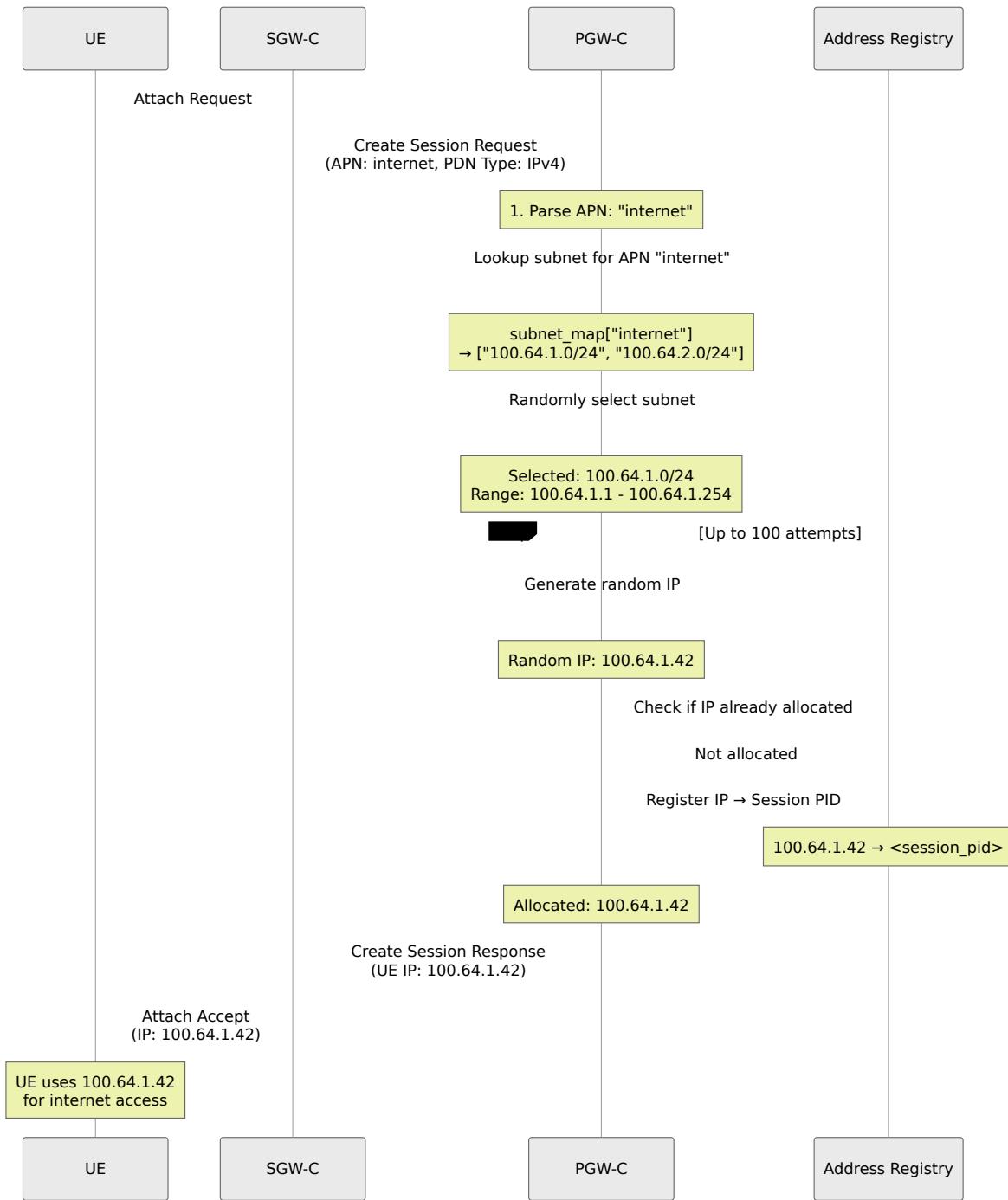
## Asignación de Doble Pila:

- 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 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

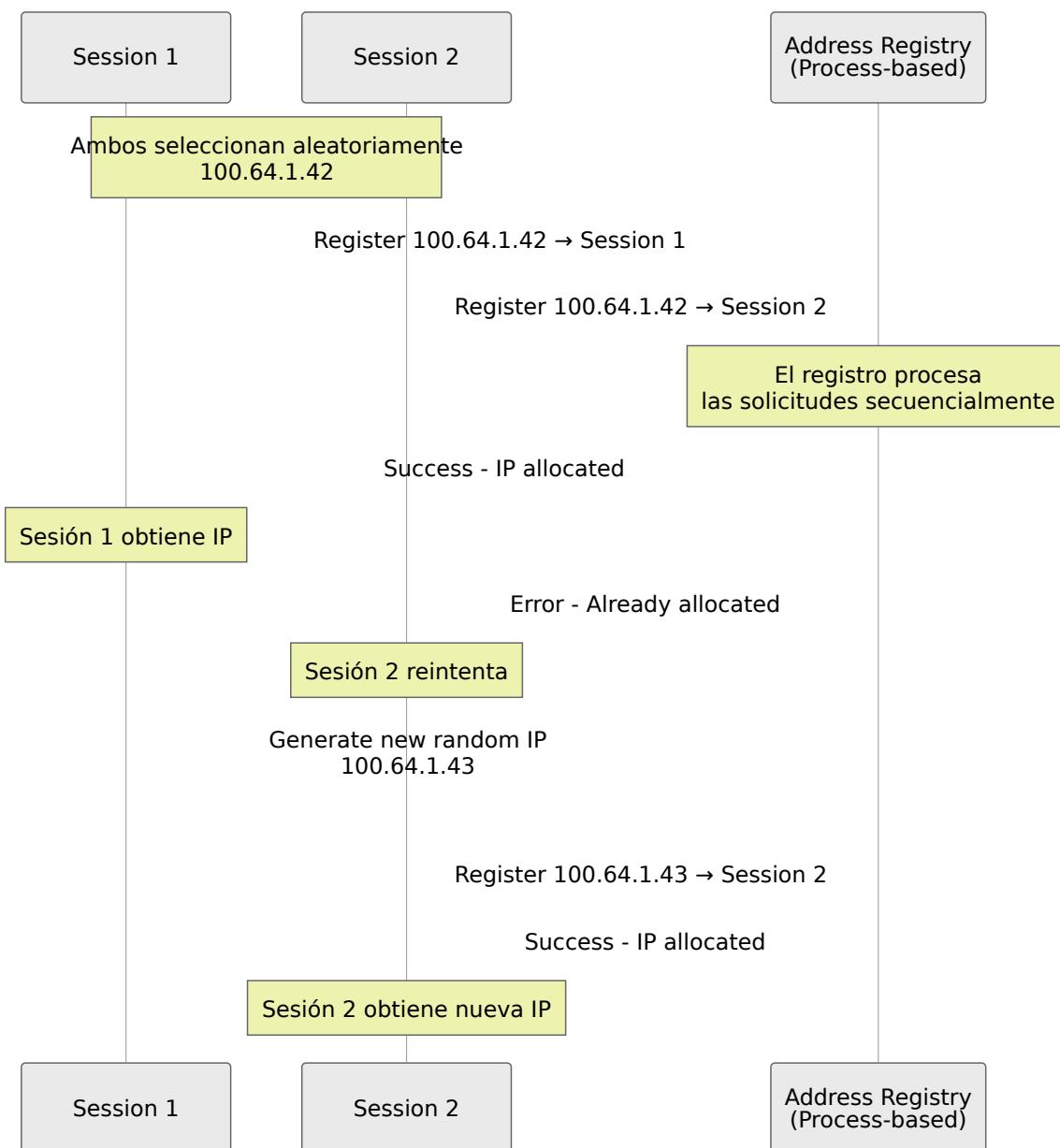
2. **Selección Aleatoria:** Se selecciona aleatoriamente una subred de la lista disponible
3. **Generación de IP:** Se genera una IP aleatoria dentro del rango de la subred
4. **Verificación de Unicidad:** El sistema verifica que la IP no haya sido asignada
5. **Lógica de Reintentos:** Si se detecta una colisión, se reintenta hasta 100 veces con una nueva IP aleatoria
6. **Registro:** Una vez que se encuentra una IP única, se registra a la sesión

#### **Puntos Clave de Diseño:**

- **Máximo 100 intentos:** Previene bucles infinitos cuando el pool 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
- **Fallback a por defecto:** Si no se encuentra el APN en la configuración, se utiliza el pool por defecto

## **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 hay condiciones de carrera posibles
- 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

## Fallback de Subred por Defecto

**Escenario:** UE solicita un APN desconocido

## Ejemplo de Configuración:

```
# Config
subnet_map: %{
    "internet" => ["100.64.1.0/24"],
    default: ["42.42.42.0/24"]
}
```

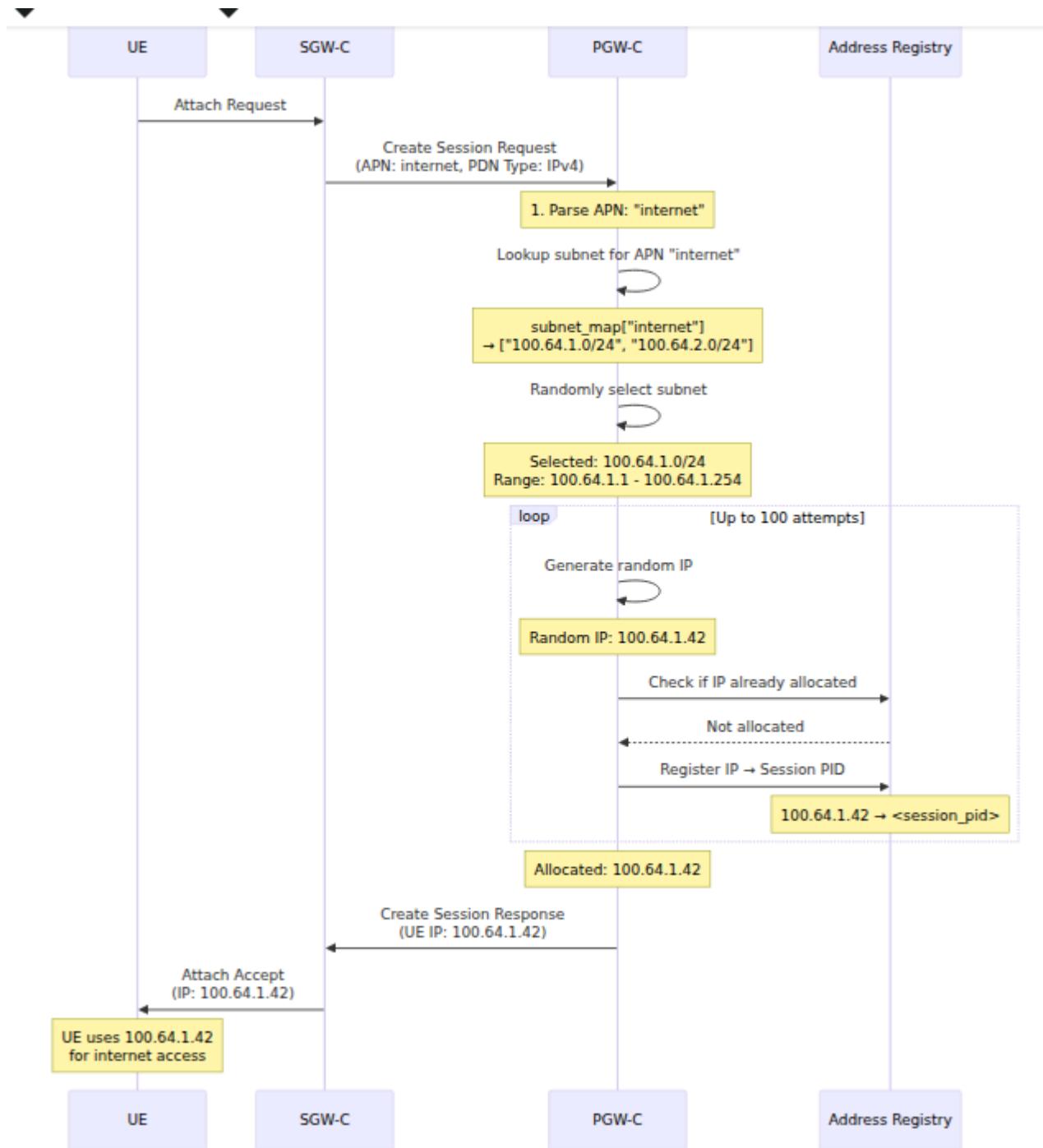
## Comportamiento:

- UE solicita APN: "unknown.apn"
- El sistema busca "unknown.apn" en subnet\_map
- No encontrado, por lo que recurre al pool por defecto
- Asigna IP del 42.42.42.0/24

## Lógica de Fallback:

1. Primero, intenta encontrar el pool específico del APN en la configuración
2. Si no se encuentra, utiliza el pool `default`
3. Si no hay por defecto configurado, la asignación falla

# Deasignación en la Terminación de 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 Pool

**Escenario:** Todas las IPs en el pool están asignadas

```
Pool: 100.64.1.0/24 (254 IPs utilizables)
```

```
Asignadas: 254 IPs
```

```
Nueva solicitud llega → Agotamiento
```

### Qué Sucedé:

1. El PGW-C intenta 100 asignaciones aleatorias
2. Todos los intentos encuentran IP ya asignada
3. Retorna: `{:error, :ue_ip_address_allocation_failed}`
4. El establecimiento de sesión falla
5. El SGW-C recibe la respuesta de error

### Prevención:

```
# Monitorear la utilización del pool
address_registry_count / total_pool_size > 0.8 # Alerta al 80%

# Expandir pool 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:

- Extraer IP Solicitada:** Analizar IE de Asignación de Dirección PDN del request
- Validar IP:** Verificar si la IP solicitada está en el pool configurado para este APN
- Verificar Disponibilidad:** Asegurar que la IP no esté ya asignada a otra sesión
- Asignar o Rechazar:**
  - Si está disponible: Asignar la 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 pool):** Sesión rechazada - IP no en el rango configurado

## Delegación de Prefijo 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, tethering)
- 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 usa la dirección IPv4
- El tráfico IPv6 usa el prefijo IPv6
- Ambos activos simultáneamente
- Túneles GTP separados (o túnel de doble pila)

## **Direcciones IP Privadas vs. Públicas**

### **Pools 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

### Pools de IP Públicas:

```
# IPs públicas enrutables (ejemplo solamente)
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 Pool de IP

OmniPGW proporciona una interfaz web en tiempo real para monitorear la asignación y utilización del pool de IP.

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

## **Características:**

### **1. Visión General del Pool**

- Total de IPs en todos los pools
- Direcciones actualmente asignadas
- IPs disponibles restantes
- Porcentaje de utilización en tiempo real

### **2. Estado del Pool por APN** Cada pool configurado muestra:

- **Nombre del Pool** - Identificador de APN (por ejemplo, "default", "ims.something.else", "Internet")
- **Etiqueta de 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 pool
  - Asignadas: IPs actualmente asignadas
  - Disponibles: IPs restantes para asignación

### **3. Actualizaciones en Tiempo Real**

- Auto-refresco 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 pools que se acercan al agotamiento
- Verificar la configuración del pool
- Monitorear patrones de asignación por APN

## **Métricas Clave**

### **Conteo del Registro de Direcciones:**

```
# IPs actualmente asignadas  
address_registry_count  
  
# Utilización del pool (requiere cálculo)  
address_registry_count / <total_pool_size> * 100
```

### **Ejemplo:**

```
Pool: 100.64.1.0/24 (254 IPs)  
Asignadas: 150 IPs  
Utilización: 150 / 254 = 59%
```

# Alertas

```
# Alerta sobre alta utilización del pool
- alert: UEIPPoolUtilizationHigh
  expr: address_registry_count > 200 # Para pool /24
  for: 10m
  annotations:
    summary: "Utilización del pool de IP de UE por encima del 80%"
    description: "Actual: {{ $value }} / 254 IPs asignadas"

# Alerta sobre agotamiento del pool
- alert: UEIPPoolExhausted
  expr: address_registry_count >= 254 # Para pool /24
  for: 1m
  annotations:
    summary: "Pool 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 Pool 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 Pool

```
# Días hasta el agotamiento (basado en la tasa actual)  
(254 - address_registry_count) / rate(address_registry_count[1h])
```

## Solución de Problemas

### Problema 1: Fallo en el Establecimiento de 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. Pool 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 el APN no se encuentra, recurre al por defecto
# Asegurarse de que exista el pool por defecto
subnet_map: %{
    default: ["42.42.42.0/24"]
}
```

#### Resolución:

- **Expandir pool:** 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 Dirección 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 duplicados de IP en los registros  
grep "already_registered" /var/log/pgw_c.log
```

### Resolución:

- Debería auto-corrigirse (la segunda sesión reintenta)
- Si persiste, reportar error

## Problema 3: Se Usó el Pool de IP Incorrecto

### Síntomas:

- UE recibe IP de subred inesperada
- APN "internet" obtiene IP del pool "ims"

### Causa:

- Configuración incorrecta de subnet\_map

### Verificar:

```
# Verificar coincidencia exacta de cadena 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 pool por defecto para capturar todo

## Problema 4: Falla en la Asignación de IPv6

### Síntomas:

- UE solicita IPv6, recibe error

### Causas Posibles:

#### 1. No hay pool de IPv6 configurado

```
# Falta subredes de 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 pool de IPv6
subnet_map: %{
    "internet" => [
        "100.64.1.0/24",
        "2001:db8:1::/48" # Pool de IPv6
    ]
}
```

## Problema 5: Alta Utilización del Pool

### Síntomas:

- Acercándose al agotamiento del pool
- `address_registry_count` cerca del 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
- Asegurarse de que se maneje correctamente la Solicitud de Eliminar Sesión

---

# Mejores Prácticas

## Planificación de Capacidad

### Calcular el tamaño del pool 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 - pool grande
      "internet" => [
        "100.64.0.0/18" # 16,382 IPs
      ],

      # IMS - pool dedicado más pequeño
      "ims" => [
        "100.64.64.0/22" # 1,022 IPs
      ],

      # Empresa - pool mediano
      "enterprise.corp" => [
        "100.64.68.0/22" # 1,022 IPs
      ],

      # IoT - pool grande para muchos dispositivos
      "iot.m2m" => [
        "100.64.72.0/20" # 4,094 IPs
      ],

      # Por defecto - fallback pequeño
      default: [
        "100.64.127.0/24" # 254 IPs
      ]
    }
  }
}
```

# Documentación Relacionada

## Configuración

- **Guía de Configuración** - Configuración del pool de IP de UE, mapeo de subred de APN

- **Configuración de PCO** - DNS, P-CSCF, MTU entregados con 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 dirección 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 pool 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](#)

# Guía de Operaciones de OmniPGW

**OmniPGW - Plano de Control del Gateway de Paquetes (PGW-C)**

por Omnitouch Network Services

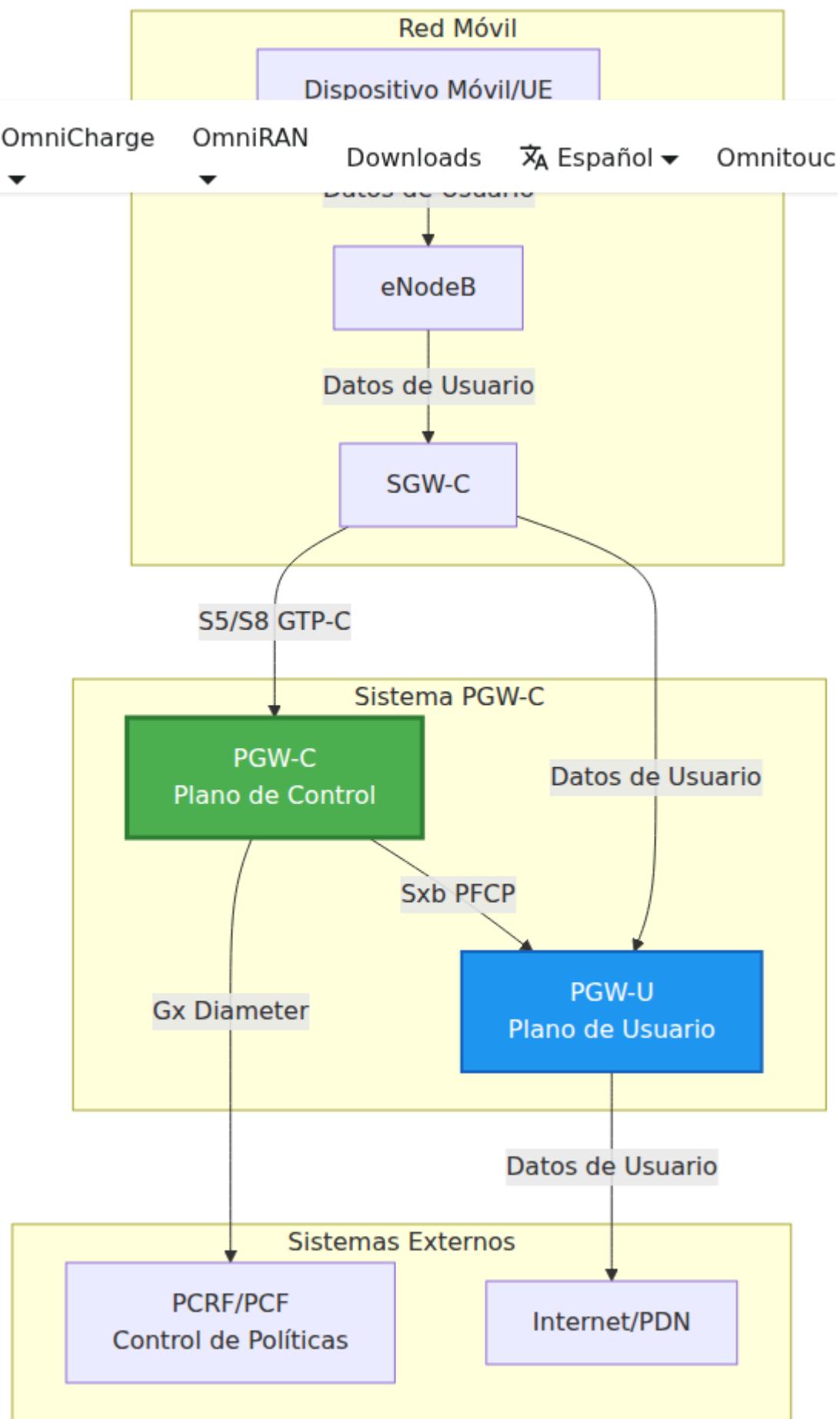
## Tabla de Contenidos

1. Descripción General
2. Arquitectura
3. Interfaces de Red
4. Conceptos Clave
5. Comenzando
6. Configuración
7. Interfaz Web - Panel de Operaciones en Tiempo Real
8. Monitoreo y Métricas
9. Documentación Detallada
10. Recursos Adicionales
11. Contribuyendo
12. Soporte

## Descripción General

**OmniPGW** es una implementación de alto rendimiento del Plano de Control del Gateway de Paquetes (PGW-C) para redes 3GPP LTE Evolved Packet Core (EPC), desarrollada 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 primarias 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)

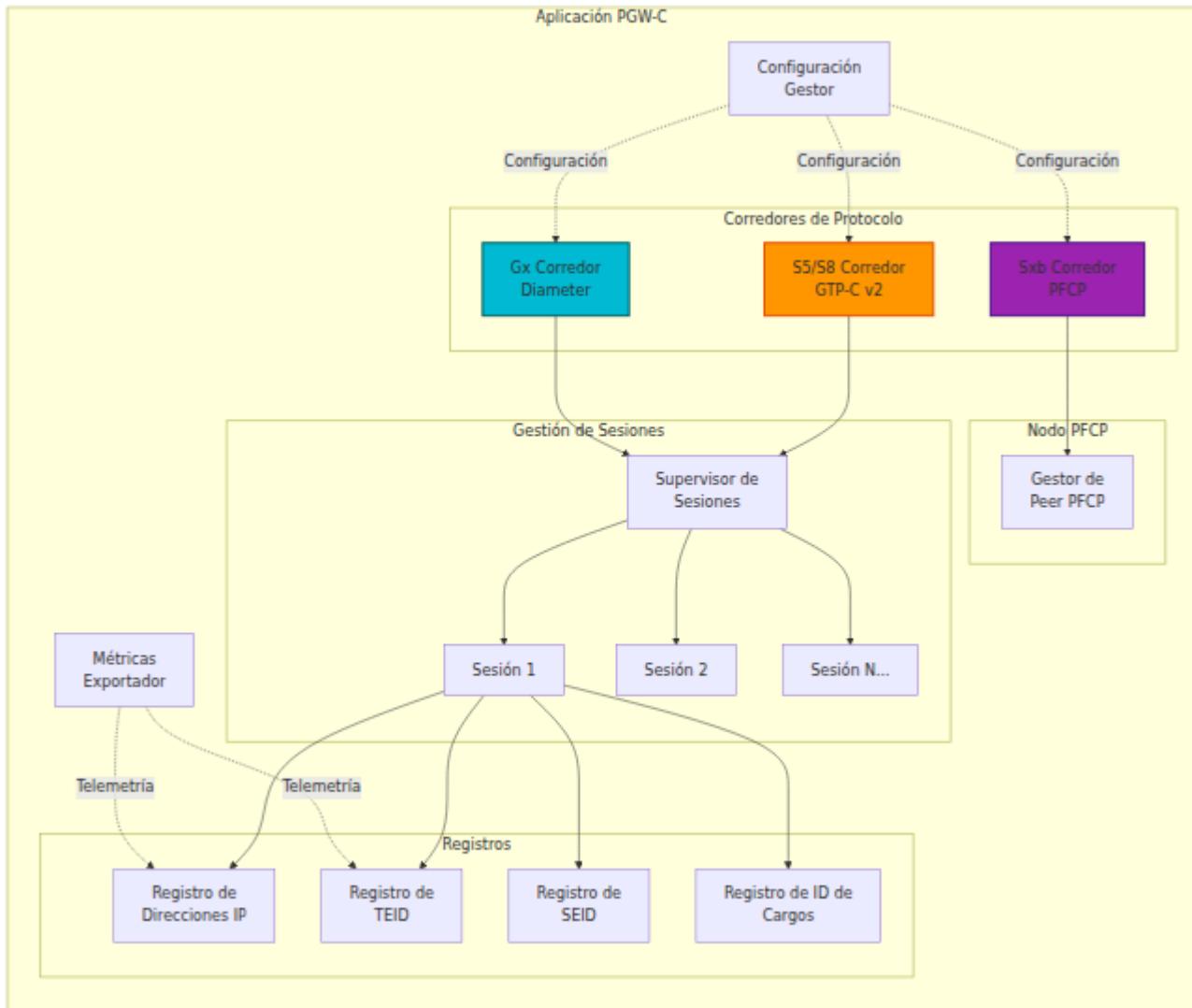
**Propósito:** Interfaz de la Función de Control de Políticas y Cargos (PCRF)

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

### Mensajes Clave:

- Solicitud/Respuesta Inicial de Control de Crédito (CCR-I/CCA-I)
- Solicitud/Respuesta de Terminación de Control de Crédito (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 del Punto de Acceso) - Identifica la red externa
- **Contexto de Portadora** - Contiene parámetros de QoS e información de túnel
- **ID de Cargos** - Identificador único para facturación

- **TEID** (ID de Punto de Terminación de Túnel) - Identificador de túnel de la interfaz S5/S8
- **SEID** (ID de Punto de Terminación 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 Búfer) - Controla el almacenamiento en búfer 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 Grupos de IP de UE](#) para configuración.

---

## Comenzando

### 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 una puesta en marcha exitosa:

```
[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
```

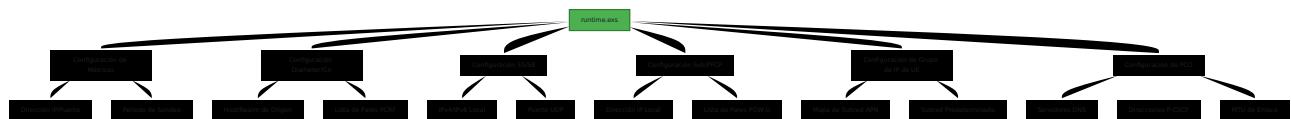
Acceda a las métricas en <http://127.0.0.42:42069/metrics> (dirección configurada).

---

# 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>métricas</b>	Exportador de métricas 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>	Grupos de direcciones IP de UE	<a href="#">Configuración de Grupos de IP</a>
<b>pco</b>	Opciones de Configuración de Protocolo	<a href="#">Configuración de PCO</a>
<b>CDR</b>	Cargos y reportes de uso fuera de línea	<a href="#">Formato CDR</a>

Vea la [Guía de Configuración Completa](#) 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 específicos	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>Grupos de IP</b>	/ip_pools	Utilización del grupo de direcciones IP de UE	2 segundos
<b>Sesiones PFCP</b>	/pfcp_sessions	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 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)

### Buscar y Filtrar:

- 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 de pares

### **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 Cargas
    - Límites de APN-AMBR
  - d) Información de Cargas - 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 Diameter para conectividad PCRF
6. Si hay problemas de ubicación → Verificar los datos de la torre 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 terminación de túnel establecidos
5. Para un análisis detallado → Haga clic en la sesión para expandir o use Búsqueda de UE

### **Verificación 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 distribución entre APNs

## **Interfaz Web vs. Métricas**

### **Usar la Interfaz Web para:**

- Solución de problemas de suscriptores en profundidad (Búsqueda de UE)
- Detalles y estado de sesiones individuales
- 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 auditorías
- Monitoreo de capacidad de grupos de IP
- Verificación de configuración y reglas

### **Usar Métricas de Prometheus para:**

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

**Mejor Práctica:** Usar 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 cargos 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
```

Ver [Guía de Monitoreo y Métricas para la configuración del panel y alertas.](#)

---

## Documentación Detallada

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

# Estructura de Documentación

```
Documentación de OmniPGW
├── OPERATIONS.md (Esta Guía)

└── docs/
    ├── Configuración y Configuración
    │   ├── configuration.md           Referencia completa de
    │   └── ue-ip-allocation.md       Configuración del grupo de
    │                               IP
    │   └── pco-configuration.md     Configuración de DNS, P-
    │                               CSCF, MTU
    │
    ├── Interfaces de Red
    │   ├── pfcp-interface.md        Sxb/PFCP (comunicación PGW-
    │                               U)
    │   ├── diameter-gx.md          Gx (comunicación PCRF)
    │   ├── diameter-gy.md          Gy/Ro (comunicación OCS)
    │   └── s5s8-interface.md        S5/S8 (comunicación SGW-C)
    │
    └── Operaciones
        ├── session-management.md   Ciclo de vida de la sesión
        └── monitoring.md           Métricas de Prometheus y
                                      alertas
```

## Documentación por Tema

### ☰ Comenzando

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

### ⚙️ Configuración

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

## □ Interfaces de Red

<b>Documento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Líneas</b>
<b>pfcp-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 (Cargos 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, cargos 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](#) - Descripción general (este documento)
2. [configuration.md](#) - Configuración
3. [monitoring.md](#) - Monitoreo
4. [session-management.md](#) - Operaciones diarias

## Para Ingenieros de Red

1. [OPERATIONS.md](#) - Descripción general de la arquitectura (este documento)
2. [pfcp-interface.md](#) - Control del plano de usuario
3. [diameter-gx.md](#) - Control de políticas
4. [diameter-gy.md](#) - Cargos 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](#) - Grupos 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 del plano de control/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 Túnel 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	PFCP (interfaz Sxb)
TS 29.212	Interfaz Diameter Gx (Control de Políticas)
TS 32.299	Aplicaciones de Cargos Diameter (Gy/Ro)
TS 32.251	Cargos del dominio de Paquetes Comutados
TS 23.401	Arquitectura EPC

### Documentación Relacionada

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