Referencia de Configuración de OmniMME

OmniMME se configura a través de `/etc/omnimme/runtime.exs`. Este archivo se evalúa al inicio y anula los valores predeterminados de tiempo de compilación. Los cambios requieren un reinicio del servicio para que surtan efecto.

Estructura de Configuración

La configuración se agrupa por aplicación OTP. La aplicación `:mme` contiene el comportamiento central del MME y los parámetros para cada interfaz que origina el MME; las bibliotecas de nivel de transporte (`:diameter_ex`, `:gtpc`) y las superficies de gestión (`:control_panel`, `:api_ex`) se configuran bajo sus propias claves.

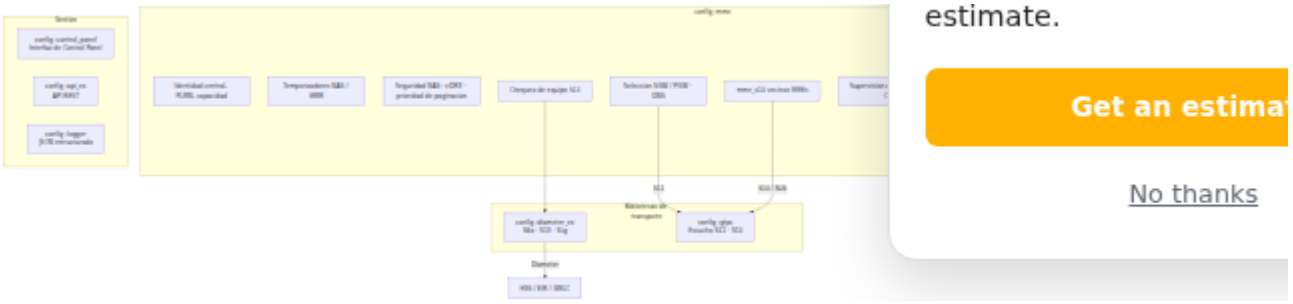


Tabla de Contenidos

- Parámetros Centrales del MME
- Temporizadores EMM / NAS
- Seguridad NAS
- DRX en Modo Inactivo Ampliado (eDRX)
- Prioridad de Paginación

- Mapeo de Causas de Rechazo
- Chequeo de Identidad del Equipo (S13)
- Interfaz S1AP
- GUMMEI Servido
- TAI Servido
- Puerta de Enlace de Servicio (SGW)
- Puerta de Enlace de Datos por Paquete (PGW)
- MME Vecino (S10)
- Supervisión de Ruta GTP-C
- Diameter (S6a / S13 / SLg)
- GTPv2-C (S11)
- Difusión de Celdas (SBc)
- Servicios de Localización (E-SMLC / SLs)
- NIDD / CIoT de Plano de Control (T6a)
- Panel de Control
- API REST
- Registro
- Ejemplo de Configuración

Parámetros Centrales del MME

```
config :mme,
  mme_name: "omnimme",
  operator_name: "Omnitouch",
  country: "Australia",
  network_name_short: "omnitouch",
  network_name_long: "omnitouch",
  timezone: "Australia/Sydney",
  default_apn: "internet",
  apn_oi_domain: :gprs,
  mme_capacity: 255,
  home_plmn: %{mcc: "001", mnc: "01"},
  emergency_support_enabled: true
```

Parámetro	Tipo	Requerido	Predeterminado
`mme_name`	Cadena	Sí	-
`operator_name`	Cadena	No	-
`country`	Cadena	No	-
`network_name_short`	Cadena	Sí	-
`network_name_long`	Cadena	Sí	-

Parámetro	Tipo	Requerido	Predeterminado
`timezone`	Cadena	Sí	-
`default_apn`	Cadena	Sí	-
`apn_oi_domain`	Átomo	No	`:gprs`
`mme_capacity`	Entero	Sí	-

Parámetro	Tipo	Requerido	Predeterminado
`home_plmn`	Mapa	Sí	-
`emergency_support_enabled`	Booleano	No	`false`

Parámetros PLMN

Parámetro	Tipo	Descripción
`mcc`	Cadena	Código de País Móvil — cadena de tres dígitos (por ejemplo, `"001"`).
`mnc`	Cadena	Código de Red Móvil — cadena de dos o tres dígitos (por ejemplo, `"01"`).

Identificador de Operador APN

El APN enviado por el UE (el Identificador de Red APN, por ejemplo, `internet`) se combina con un sufijo de dominio de **Identificador de Operador APN (APN-OI)** para formar el APN-FQDN completamente calificado utilizado para la selección de P-GW y almacenado en la sesión (TS 23.003 §9.1.2 / §19.4.2.2). El mismo sufijo se elimina nuevamente al hacer coincidir los nombres de APN sin sufijo provisionados en la suscripción, por lo que un suscriptor provisionado con `internet` coincide con una solicitud que el MME ha ampliado a `internet.mnc001.mcc001.gprs`.

`apn_oi_domain` selecciona qué forma de sufijo se utiliza. Los `<MNC>`/`<MCC>` se toman del PLMN coincidente del suscriptor.

Valor	APN-FQDN Resultante	
`:gprs` (predeterminado)	`<apn>.mnc<MNC>.mcc<MCC>.gprs`	
`:epc`	`<apn>.apn.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.3gppnetwork.org`	
`:none`	`<apn>`	

Cómo funciona: para un suscriptor en PLMN MCC 001 / MNC 01 que solicita `internet`, `:gprs` produce `internet.mnc001.mcc001.gprs`, `:epc` produce `internet.apn.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org`, y `:none` produce `internet`. El sufijo se aplica de manera consistente a los suscriptores de origen y visitados y se elimina antes de que el APN se haga coincidir con la lista de

APN provisionados, por lo que cambiar este valor no requiere reprovisión de nombres de APN sin sufijo en el HSS.

Caso de uso: establecer `:epc` cuando la selección de P-GW dependa de la convención de APN-FQDN/S-NAPTR de 3GPP; establecer `:none` para núcleos que provisionan y enrutan en cadenas de APN sin sufijo.

> **Obsoleto:** `persistent_emm_deregistered_cleanup_interval` y `persistent_ecm_idle_cleanup_interval` eran intervalos de desalojo de contexto en versiones anteriores. **Ya no son leídos por OmniMME** — dejarlos en `runtime.exs` no tiene efecto. El ciclo de vida del contexto de UE ahora está gobernado por los temporizadores de Alcance Móvil y Desconexión Implícita basados en estándares (ver Temporizadores EMM / NAS); un UE que no realiza un TAU periódico se desconecta implícitamente y su contexto se elimina.

Temporizadores EMM / NAS

OmniMME expone los temporizadores NAS de 3GPP de TS 24.301 §10.2 / Anexo B y los temporizadores de gestión de movilidad de TS 23.401 §5.3.5. Todos los valores son enteros; la unidad se indica por temporizador. Cada temporizador tiene un valor predeterminado de especificación y puede omitirse.

```
config :mme,
  t3412: 3240,  # intervalo TAU periódico, segundos (54 min)
  t3485: 8,    # segundos (valor predeterminado de especificación
T3485 = 8 s)
  t3413: 5,
  paging_max_attempts: 3,
  t3346: 600,
  t3396: 600,
  t3450: 6,
  t3460: 6,
  t3470: 6,
  t3486: 8,
  t3489: 4,
  t3492: 6,
  nas_max_retransmissions: 4,
  m_tmsi_freeze_interval: 60
```

Parámetro	Tipo	Unidad	Predeterminado	

`t3412`	Entero	**segundos**	- (requerido)	Inte
				env
				Ace
				Con
				real
				ante
				tem
				per
				Cod
				Tem
				24.(
				unic
				186
				min
				unic
				(dec
				ejer
				com
				dec
				el **v**
				de
				susc
				`Sub`
				`TAU`
				valc
				HSS

`t3485`	Entero	**segundos**	- (requerido)	Inte para de F (De Acti Al e aba ESM

Parámetro	Tipo	Unidad	Predeterminado	
				que port utili retr prec Soli ESM
`t3413`	Entero	segundos	`5`	Tem a pa §5.3 retr
`paging_max_attempts`	Entero	cuenta	`3`	Tota pag MMI Indi Not Des
`t3346`	Entero	segundos	`600`	Retr EMM Env de T rech con vue inm §4.5
`t3396`	Entero	segundos	`600`	Retr ESM Env de c

Parámetro	Tipo	Unidad	Predeterminado	
`t3450`	Entero	segundos	`6`	Tem retr Ace Ace Con de C a la corr
`t3460`	Entero	segundos	`6`	Tem retr de A Con Seg
`t3470`	Entero	segundos	`6`	Tem retr de I
`t3486`	Entero	segundos	`8`	Tem retr de A Port Prec
`t3489`	Entero	segundos	`4`	Sup Info §6.6 MMI Info dev Info este con

Parámetro	Tipo	Unidad	Predeterminado	
				Con no s
`t3492`	Entero	segundos	`6`	Tem retr des red) PDN
`nas_max_retransmissions`	Entero	cuenta	`4`	Máx de u por abo 24.3 retr la tr
`m_tmsi_freeze_interval`	Entero	segundos	`60`	Perí el c por Purg M-T está reas

Alcance Móvil y Desconexión Implícita

```
config :mme,
  mobile_reachable_timer: 2640,   # segundos; predeterminado =
(t3412 en segundos) + 240
  implicit_detach_timer: 2640     # segundos; predeterminado =
(t3412 en segundos) + 240
```

Parámetro	Tipo	Unidad	Predeterminado	Desc
`mobile_reachable_timer`	Entero	segundos	`t3412 + 240`	Comie cuand entra IDLE (23.40 §5.3.5 ser ma que el tempo TAU p
`implicit_detach_timer`	Entero	segundos	`t3412 + 240`	Comie cuand el tempo de Alc Móvil. expira se des implíc y su c se elir

---

Seguridad NAS

Política de algoritmos de cifrado e integridad NAS (TS 33.401 §5). Para cada UE, el MME selecciona el algoritmo de mayor prioridad configurado que el UE admite, señalizado en el Comando de Modo de Seguridad. Enumere los algoritmos de más fuerte a más débil.

La **integridad NAS siempre se aplica** (EIA2 por defecto): cada mensaje NAS después del Comando de Modo de Seguridad está protegido por integridad, y el UE se autentica contra el HSS. El **cifrado NAS está DESACTIVADO**

(EEA0/nulo) por defecto — los payloads NAS ya están protegidos por integridad y el portador de radio que los transporta está cifrado en la capa AS (PDCP) sobre el aire, por lo que el cifrado NAS nulo maximiza la interoperabilidad sin debilitar la confidencialidad en la interfaz de aire.

```
config :mme,
  nas_security: %{
    # Cifrado desactivado por defecto (omitir la clave para el
mismo efecto):
    ciphering: [:eea0],
    integrity: [:eia2, :eia1, :eia3]
  }
```

Parámetro	Tipo	Predeterminado	Descripción
`ciphering`	Lista	`[:eea0]`	Preferencia de algoritmo de cifrado NAS ordenada. Valores válidos: `:eea0` (nulo / desactivado), `:eea2` (128-EEA2, AES-CTR). **El valor predeterminado es cifrado desactivado.** Ver Cifrados implementados para por qué `:eea1`/`:eea3` no son seleccionables.
`integrity`	Lista	`[:eia2, :eia1, :eia3]`	Preferencia de algoritmo de integridad NAS ordenada. Valores válidos: `:eia1`, `:eia2`, `:eia3`. El algoritmo de integridad nulo `:eia0` no es deliberadamente **seleccionable** para un UE autenticado y no debe ser agregado aquí.

Si se omite `nas_security`, se aplican los valores predeterminados anteriores (cifrado desactivado, integridad EIA2).

Cifrados Implementados

El MME ha implementado solo dos algoritmos de cifrado NAS — **EEA0** (nulo) y **128-EEA2** (AES-CTR, TS 33.401 §5.1.3.2). 128-EEA1 (SNOW 3G) y 128-EEA3 (ZUC) **no están implementados**.

Para proteger contra una mala configuración que seleccionaría un cifrado que el MME no puede realizar — lo que dejaría el NAS descendente ilegible para el UE y estancaría la conexión — la lista de `ciphering` configurada se filtra al conjunto implementado antes de la selección. Cualquier entrada `:eea1`/`:eea3` se elimina y se registra con una advertencia (`ignorando algoritmos de cifrado NAS no implementados`); si el filtrado deja la lista vacía, el MME vuelve al conjunto implementado. El orden de prioridad configurado se preserva entre las entradas sobrevivientes.

Habilitando EEA2

Para activar el cifrado NAS, enumere `:eea2` antes de `:eea0`:

```
config :mme,
  nas_security: %{
    ciphering: [:eea2, :eea0],
    integrity: [:eia2, :eia1, :eia3]
  }
```

Cómo funciona: el MME ofrece 128-EEA2 en el Comando de Modo de Seguridad. Un UE que publicita soporte EEA2 en su Capacidad de Red de UE obtiene cifrado NAS AES-CTR; un UE que no admite EEA2 vuelve a `:eea0` (nulo), por lo que la conexión aún se completa.

Caso de uso: implementaciones que requieren confidencialidad en la capa NAS además del cifrado en la capa AS (PDCP) que siempre está presente — por ejemplo, para proteger la señalización NAS a través de un segmento de retroceso que no está cifrado de otra manera.

Referencia de algoritmos de cifrado NAS

Valor	Algoritmo	Implementado	Referencia
`:eea0`	Nulo (sin cifrado)	Sí	TS 33.401 §5.1.3.2
`:eea1`	128-EEA1 (SNOW 3G)	**No** — eliminado con una advertencia	TS 33.401 Anexo B
`:eea2`	128-EEA2 (AES-128-CTR)	Sí	TS 33.401 Anexo B
`:eea3`	128-EEA3 (ZUC)	**No** — eliminado con una advertencia	TS 33.401 Anexo B

DRX en Modo Inactivo Ampliado (eDRX)

```
config :mme,
  edrx_enabled: true
```

Parámetro	Tipo	Predeterminado	Descripción
`edrx_enabled`	Booleano	`false`	Cuando es `true`, el MME otorga los Parámetros de DRX Ampliados solicitados por el UE en la Aceptación de Conexión/TAU y alinea la paginación con la ventana de eDRX (TS 23.401 §4.3.5.9 / TS 24.301 §9.9.3). Cuando es `false`, eDRX es inerte y los UEs se pagan en su ciclo normal de DRX.

Conectividad Dual con NR (EN-DC / NR-NSA)

```
config :mme, :dcnr,
  enabled: true
```

EN-DC (E-UTRAN Nueva Radio – Conectividad Dual, "NSA") permite a un UE utilizar un gNB como nodo secundario mientras que el eNB sigue siendo el maestro. NSA es impulsado por RAN, por lo que el papel del MME es decidir si un UE puede utilizar NR como RAT secundaria y señalar esa decisión de manera consistente al UE (la bandera `RestrictDCNR` en el IE de Soporte de Características de Red EPS, TS 24.301 §9.9.3.12A) y al eNB (la extensión `NRrestrictioninEPSasSecondaryRAT` en la Lista de Restricción de Transferencia S1AP, TS 36.413).

Parámetro	Tipo	Predeterminado	Descripción
`enabled`	Booleano	`true`	Cuando es `true`, DCNR está permitido en toda la red y se controla por suscriptor: un suscriptor cuyo HSS Access-Restriction-Data tiene el bit "NR como RAT Secundaria No Permitida" establecido (TS 29.272 §7.3.31) está restringido, todos los demás están permitidos. Cuando es `false`, DCNR está restringido para **cada** UE independientemente de la suscripción — establezca esto si la red no tiene implementación de NR. Por defecto es `true`, preservando el comportamiento anterior de anunciar DCNR como permitido.

Cuando DCNR está restringido (por configuración o suscripción), el MME establece `RestrictDCNR` tanto en la Aceptación de Conexión/TAU como envía una Lista de Restricción de Transferencia que lleva `NRrestrictioninEPSasSecondaryRAT` al eNB. El uso de NR como RAT secundaria informado por el eNB se reenvía al SGW/PGW para facturación en una liberación S1 iniciada por el eNB (TS 23.401 §5.7A).

Prioridad de Paginación

```
config :mme,
  paging_priority_arp_threshold: 8
```

Parámetro	Tipo	Predeterminado	Descrip
`paging_priority_arp_threshold`	Entero	`nil`	Umbral de de priorida para el IE d Prioridad d Paginación (TS 23.401 §4.3.7.4 / T 36.413). Cu se establec un entero M 15), una pá para un UE nivel de pr de portado activa más importante N lleva el I Prioridad d Paginación ARP mapea `priolevel` `priolevel` más alto), que los suscriptore MPS / servi prioritario s paginados preferente Cuando es no se envía ningún IE d Prioridad d Paginación

Mapeo de Causas de Rechazo

Ambos mapas anulan las tablas de mapeo predeterminadas integradas; las claves ausentes mantienen sus valores predeterminados. Se indexan por los nombres simbólicos estables definidos en `Mme.Control.Emm.CauseMapping` / `Mme.Control.Esm.CauseMapping`. Úselos para forzar un rechazo *permanente* para que un UE no provisionado deje de reintentar (problema #26).

```
config :mme,
  emm_cause_mapping: %{
    rat_not_allowed: :plmn_not_allowed,
    default: :no_suitable_cells_in_tracking_area
  },
  esm_cause_mapping: %{
    apn_access_denied_no_subscription:
:operator_determined_barring,
    default: :missing_or_unknown_apn
  }
```

Parámetro	Tipo	Predeterminado	Descripció
`emm_cause_mapping`	Mapa	`%{}`	Sobrescrituras de causa E resultado de Diameter. Cu Respuesta de Actualizació S6a falla, el MME rechaza Conexión/TAU del UE con EMM derivada del Código de Diameter / Código de R Experimental. Las claves incluyen `:user_unknown`, `:unknown_eps_subscript` `:rat_not_allowed`, `:roaming_not_allowed`, `:authorization_rejecte` `:realm_not_served`, `:def` completa en `Mme.Control.Emm.CauseM`
`esm_cause_mapping`	Mapa	`%{}`	Sobrescrituras de causa E GTP-C. Cuando el SGW/PG Solicitud de Crear Sesión, rechaza la conectividad P causa ESM derivada del fa simbólicas incluyen `:no_resources_availabl` `:all_dynamic_addresses_` `:service_denied`, `:apn_access_denied_no_` `:default` (lista completa `Mme.Control.Esm.CauseM`

Verificación de Identidad del Equipo (S13)

```
config :mme,
  s13: %{
    enabled: true,
    allowed_equipment_status: [:whitelist, :greylist]
  }
```

Parámetro	Tipo	Requerido	Predeterminado
`enabled`	Booleano	No	`false`
`allowed_equipment_status`	Lista	No	`[:whitelist]`

Parámetro	Tipo	Requerido	Predeterminado

Interfaz S1AP

```
config :mme,
  s1ap: %{
    listen_ip: "192.0.2.10",
    listen_port: 36412,
    secondary_bind_ips: ["192.0.2.11"]
  }
```

Parámetro	Tipo	Requerido	Predeterminado	Descrip
`listen_ip`	Cadena	Sí	-	Direcció principa la que e MME escucha asociac SCTP S1 entrant eNodeB Debe se una IP c interfaz específi no use `0.0.0.0`
`listen_port`	Entero	No	`36412`	Puerto S para conexio S1AP. El puerto estánda 36412 s TS 36.4
`secondary_bind_ips`	Lista	No	`[]`	Direcci IPv4 loc adiciona vincula junto a `listen_` para multiho SCTP / redunda

Parámetro	Tipo	Requerido	Predeterminado	Descri
				de ruta 36.412 4960 §5 Estas direccio se publi a pares como ru alternat y **tamb se apli a los oyente SCTP S SLs**. Po defecto de un s hogar.

GUMMEI Servido

La lista de Identificadores de MME Globalmente Únicos declara qué combinaciones de PLMN, Grupo MME y Código MME sirve este MME. Esto se publicita a eNodeBs durante la Configuración S1 y se utiliza para la paginación basada en S-TMSI y la transferencia de conexión.

```
config :mme,
  served_gummei: [
    %{
      plmn_list: [
        %{mcc: "001", mnc: "01"}
      ],
      group_id: 1,
      code: 2
    }
  ]
```

Parámetros GUMMEI:

Parámetro	Tipo	Requerido	Descripción
`plmn_list`	Lista	Sí	Uno o más PLMNs servidos bajo esta entrada GUMMEI. Cada entrada utiliza las claves `mcc` y `mnc` como se describe en Parámetros PLMN.
`group_id`	Entero	Sí	ID de Grupo MME (0–65535). Agrupa MMEs que comparten contexto de UE para la transferencia dentro del mismo grupo.
`code`	Entero	Sí	Código MME (0–255). Identifica de manera única este MME dentro de su grupo. Junto con el ID de grupo y el PLMN, forma el GUMMEI. Definido en TS 23.003 §2.8.4.

El GUMMEI también determina qué GUTIs se reconocen como **locales** frente a **extranjeros**. Un UE que presente un GUTI extranjero en TAU desencadena una Solicitud de Contexto S10 al MME anterior: ver MME Vecino (S10).

TAI Servido

La lista de Identidades de Área de Seguimiento declara de qué TAIs acepta UEs este MME. Los eNodeBs cuyos TAIs no están en esta lista verán esos TAIs rechazados durante la Configuración S1.

```
config :mme,
  served_tai: [
    %{
      plmn: %{mcc: "001", mnc: "01"},
      tac_list: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 100, 2899, 10000]
    }
  ]
```

Parámetros de Entrada TAI:

Parámetro	Tipo	Requerido	Descripción
`plmn`	Mapa	Sí	PLMN para este grupo TAI. Usa las claves `mcc` y `mnc`.
`tac_list`	Lista	Sí	Lista de Códigos de Área de Seguimiento (enteros, 0–65535) servidos bajo este PLMN. Agregue un TAC para permitir que los UEs acampados en esa área se adjunten.

Múltiples entradas admiten implementaciones multi-PLMN o configuraciones MOCN.

Puerta de Enlace de Servicio (SGW)

OmniMME admite dos métodos de selección de SGW: lista de pares estática o búsqueda de topología basada en DNS. El método puede elegirse globalmente o **por tipo de suscriptor** (local vs. itinerante).

```
config :mme,
  sgw: %{
    # Un átomo (aplicado a ambos tipos) o un mapa por tipo, por
ejemplo.
    #   %{home: :random_peer, roaming: :dns_lookup}
    selection_method: :random_peer,
    dns: [
      %{
        server: "192.0.2.53",
        domain: "3gppnetwork.org",
        type: :home
      }
    ],
    peers: [
      %{
        ip: "192.0.2.20",
        host: "sgw01.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
        port: 2123,
        type: :home
      }
    ]
  }
```

Parámetros SGW de nivel superior:

Parámetro	Tipo	Requerido	Predeterminado	Descripci
`selection_method`	Átomo | Mapa	Sí	-	Cómo OmniMME selecciona SGW. `:random_pe` — seleccion aleatoriam de `peers`; `:dns_looku` — resuelve una consul DNS de topología según TS 29.303. Pu ser en su lu un mapa p tipo `%{home ..., roami ...}` para usar, por ejemplo, pa estáticos p suscriptore locales y D para itinerantes entrantes.
`dns`	Lista	No	`[]`	Configurac del resolve DNS, utiliza cuando el método efectivo es

Parámetro	Tipo	Requerido	Predeterminado	Descripci
				`:dns_looku` Ver Paráme DNS.
`peers`	Lista	No	`[]`	Lista de pa SGW estáti utilizada cuando el método efectivo es `:random_pe` Ver Paráme de Pares SGW/PGW.

Parámetros DNS

Parámetro	Tipo	Requerido	Descripción
`server`	Cadena	Sí	Dirección IP del servidor DNS para consultar la selección de nodos basada en topología.
`domain`	Cadena	Sí	Dominio base para consultas DNS EPC. OmniMME antepone `epc.mncYYY.mccZZZ.` al construir nombres de búsqueda según TS 23.003 §19.4.
`type`	Átomo	Sí	Tipo de topología: `:home`, `:roaming`, o `:home_and_roaming`.

> **EPC DNS se consulta a través de TCP.** OmniMME envía todas las consultas de selección de nodos (NAPTR / SRV / A / AAAA) al `server`

> configurado a través de **TCP en el puerto 53** — no utiliza UDP. Las respuestas EPC S-NAPTR suelen exceder el límite de 512 bytes de UDP (un APN-FQDN puede devolver muchos nodos candidatos), y las respuestas grandes de UDP/EDNS0 se eliminan frecuentemente en rutas GRX/IPX, por lo que se utiliza TCP exclusivamente para evitar la truncación silenciosa. El servidor DNS configurado **debe aceptar conexiones TCP en el puerto 53**. Cuando se enumeran más de un servidor DNS para un tipo de nodo, cada selección elige un servidor aleatorio para comenzar y lo utiliza para toda la cadena S-NAPTR; si ese servidor no responde, se prueban los servidores restantes por turno. Cada resolución está limitada por un tiempo de espera general corto y reintenta fallos transitorios un pequeño número de veces; si aún falla, la selección de nodos vuelve a la `selection_method` configurada.

Una configuración global `dns_ip_version` controla qué familia de direcciones se prefiere cuando un nodo resuelto por S-NAPTR devuelve tanto registros A (IPv4) como AAAA (IPv6):

```
config :mme,
  dns_ip_version: :ipv4
```

Parámetro	Tipo	Predeterminado	Descripción
`dns_ip_version`	Átomo	`:ipv4`	Versión IP preferida (`:ipv4` | `:ipv6`) para nodos resueltos por S-NAPTR. La familia no preferida aún se utiliza como respaldo, por lo que los nodos solo IPv6 nunca se eliminan (TS 29.303 Anexo C.1).

Parámetros de Pares SGW/PGW

Parámetro	Tipo	Requerido	Predeterminado	De
`ip`	Cadena	Sí	-	Dirección IP de la SGW o PGW.
`host`	Cadena	Sí	-	Nombre de host (por ejemplo, `sgw01.mnc001.mc`
`port`	Entero	No	`2123`	Puerto UDP GTPv es 2123 según TS
`type`	Átomo	Sí	-	Tipo de suscripto este par: `:home`, `:home_and_roami`
`priority`	Entero	No	`1`	Nivel de prioridad `:random_peer`. S la prioridad nume presente; niveles reserva, seleccio queda ningún pa
`weight`	Entero	No	`100`	Participación rela un nivel de priori ponderado segúr dos pares en el n `100` y `weight: 5` Todos los pesos c a una división un

`priority` y `weight` son opcionales; omitirlos reproduce el comportamiento aleatorio uniforme anterior. Se aplican solo a la selección `:random_peer` (la selección basada en DNS respeta la prioridad/peso SRV en los registros DNS en su lugar). Ambos también se pueden cambiar en tiempo de ejecución — sin

reiniciar el MME — a través de la API REST (ver más abajo); los cambios en tiempo de ejecución **no se persisten** y vuelven a esta configuración al reiniciar.

Gestión de pares en tiempo de ejecución (API REST). Los puntos finales `/sgw_peers` y `/pgw_peers` exponen el grupo de pares efectivo (incluyendo `type`, `weight` y `priority` por par) y permiten a un operador ajustarlo en vivo:

Método / Ruta	Efecto
`GET /sgw_peers`, `GET /pgw_peers`	Lista los pares efectivos con su ponderación de selección y (solo SGW) estado de recuperación/vitalidad/sesión.
`GET /sgw_peers/{ip}`, `GET /pgw_peers/{ip}`	Un solo par por IP.
`POST /sgw_peers`, `POST /pgw_peers`	Agrega un par en tiempo de ejecución (`ip` requerido; `host`/`port`/`type`/`weight`/`priority` opcional).
`PUT /sgw_peers/{ip}`, `PUT /pgw_peers/{ip}`	Actualiza el `weight` y/o `priority` de un par.
`DELETE /sgw_peers/{ip}`, `DELETE /pgw_peers/{ip}`	Elimina un par del grupo.

Todas las operaciones de escritura son **no persistentes**: mutan solo el nodo en ejecución y se pierden al reiniciar, cuando el grupo de pares se vuelve a sembrar desde esta configuración.

Puerta de Enlace de Datos de Paquete (PGW)

La selección de PGW utiliza la misma estructura que SGW. Configure bajo `pgw:` con parámetros idénticos, incluyendo el mapa `selection_method` por tipo.

```
config :mme,
  pgw: %{
    selection_method: :random_peer,
    dns: [ ... ],
    peers: [
      %{
        ip: "192.0.2.21",
        host: "pgw01.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
        port: 2123,
        type: :home_and_roaming
      }
    ]
  }
```

Ver Parámetros de Pares SGW/PGW para descripciones de campo. `type: :home_and_roaming` es común para PGWs que manejan sesiones PDN tanto locales como itinerantes.

MME Vecino (S10)

La interfaz S10 (GTPv2-C entre MMEs) lleva la movilidad inter-MME: transferencia de contexto en modo inactivo para TAU de GUTI extranjero y transferencia de Relocación Adelantada en modo conectado. `mme_s10` configura cómo se descubre un MME objetivo.

```
config :mme,
  mme_s10: %{
    # :dns_lookup resuelve el TAI objetivo a través de S-NAPTR (x-
3gpp-mme:x-s10);
    # :random_peer utiliza la lista de pares estáticos a
continuación.
    selection_method: :dns_lookup,
    dns: [
      %{
        server: "192.0.2.53",
        domain: "3gppnetwork.org"
      }
    ],
    peers: [
      %{
        ip: "192.0.2.30",
        host:
"mmec01.mmegi8001.mme.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
        port: 2123
      }
    ],
    # Ventana de caché negativa para un GUTI extranjero que no
resuelve a ningún par alcanzable.
    unresolvable_guti_backoff_seconds: 30,
    # Cuánto tiempo esperar por una Respuesta de Relocación
Adelantada al preparar un traspaso.
    handover_request_timeout_ms: 1500
  }
```

Parámetro	Tipo	Requerido	Desc
`selection_method`	Átomo	Sí	`:dns_lo` resuelve objetivo vecino a S-NAPTI `mme:x-s` 29.303 `:randon` utiliza la estática
`dns`	Lista	No	Resolve DNS uti cuando `select` es `:dns` Utiliza `s` `domain` Paráme
`peers`	Lista	No	Lista de vecino e utilizada `select` es `:ran` (o como Cada en `host` (F nodo MI (puerto S10, típ 2123).
`unresolvable_guti_backoff_seconds`	Entero	No (predeterminado	Cuánto GUTI ex

Parámetro	Tipo	Requerido	Desc
		`30`)	que no ningún vecino a (ni SGSI sobre S almacer caché negativ Mientra caché, u siga ree un Actu de Área Seguim el mism resolubl rechaza inmedia (Rechaz volver a el descu de pare que un reintent desenca señaliza solicitud context intento.
`handover_request_timeout_ms`	Entero	No (predeterminado `1500`)	Cuánto esperar Respues Relocac Adelant prepara

Parámetro	Tipo	Requerido	Desc
			traspas saliente Deliber más co GTPv2- general fuente a la Prepa Traspas su temp `tS1relo` expira (RAN típ 36.413 por lo q relocaci a fallar dentro ventana la Fallo Prepara Traspas llegue a tiempo. presupu la solici envía u nunca s retransr porque objetivo un cont y una s SGW ob cada co recibe,

Parámetro	Tipo	Requerido	Desc
			también dejar es una relo *exitosa*, el objet respond de su pr Sesión y Solicitu Traspas eNB obj Aument `tS1relo` RAN es que 2 s disminú más co aplica s camino traspas Solicitu Context inactivo gestión sesione mantier más lar

La selección del MME objetivo nunca devuelve la propia dirección S10 de este MME, a través de ningún método: una Solicitud de Relocación Adelantada a sí mismo nunca puede completarse, y un Área de Seguimiento servida por un grupo de MME de otro modo se resuelve a una lista de candidatos que incluye este nodo. Identificar "sí mismo" depende de que el `listen_ip` de GTPv2-C sea la dirección real de este nodo en lugar de un vínculo comodín, lo cual requiere

la transferencia inter-MME en cualquier caso, ya que el mismo valor se envía como el F-TEID del MME fuente.

El servicio S10 comparte el oyente GTPv2-C configurado bajo GTPv2-C (S11). Para la interoperabilidad EPS↔5GS, el descubrimiento de AMF objetivo sobre N26 utiliza `x-3gpp-amf:x-n26` y los mismos resolvedores DNS.

Supervisión de Ruta GTP-C

Gestión activa de ruta GTP-C (TS 29.274 §7.2.1): el MME envía periódicamente un Eco a cada SGW con el que tiene sesiones S11 y, después de suficientes fallos consecutivos, declara la ruta caída y libera las sesiones obsoletas ancladas allí.

```
config :mme,
  gtpc_path_supervision: %{
    enabled: true,
    interval_ms: 60_000,
    failure_threshold: 3
  }
```

Parámetro	Tipo	Predeterminado	Descripción
`enabled`	Booleano	`false`	Cuando `true`, el MME envía activamente Ecos a los pares y libera sesiones en caso de fallo de ruta. **Opt-in:** un intervalo/umbral demasiado agresivo podría eliminar sesiones activas en un parpadeo transitorio. El MME siempre *responde* a las Solicitudes de Eco entrantes independientemente de esta configuración.
`interval_ms`	Entero	`60000`	Intervalo entre Solicitudes de Eco a cada par, en milisegundos.
`failure_threshold`	Entero	`3`	Respuestas de Eco perdidas consecutivas antes de que la ruta se declare caída.

Diameter (S6a / S13 / SLg)

OmniMME se conecta al HSS (S6a), EIR (S13) y GMLC (SLg, para Servicios de Localización) a través de Diameter, típicamente a través de un Agente de Enrutamiento Diameter (DRA).

```
config :diameter_ex,
  diameter: %{
    service_name: :omnitouch_mme,
    listen_ip: "192.0.2.10",
    listen_port: 3868,
    host: "mme01.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
    product_name: "OmniMME",
    request_timeout: 5000,
    peer_selection_algorithm: :random,
    allow_undefined_peers_to_connect: true,
    log_unauthorized_peer_connection_attempts: true,
    control_module: Mme.Control.Diameter,
    processor_module: DiameterEx.Processor,
    auth_application_ids: [],
    acct_application_ids: [],
    vendor_id: 10415,
    supported_vendor_ids: [5535, 10415],
    applications: [ ... ],
    peers: [ ... ]
  }
```

Parámetros Básicos de Diameter:

Parámetro	Tipo	Requerido	P
`service_name`	Átomo	Sí	-
`listen_ip`	Cadena	Sí	-
`listen_port`	Entero	No	`3`
`host`	Cadena	Sí	-
`realm`	Cadena	Sí	-
`product_name`	Cadena	No	-
`request_timeout`	Entero	No	`5`

Parámetro	Tipo	Requerido	P
`peer_selection_algorithm`	Átomo	No	`:`
`allow_undefined_peers_to_connect`	Booleano	No	`f`
`log_unauthorized_peer_connection_attempts`	Booleano	No	`t`
`control_module`	Módulo	Sí	-
`processor_module`	Módulo	Sí	-

Parámetro	Tipo	Requerido	P
`auth_application_ids`	Lista	No	[
`acct_application_ids`	Lista	No	[
`vendor_id`	Entero	Sí	-
`supported_vendor_ids`	Lista	No	[
`applications`	Lista	Sí	-
`peers`	Lista	No	[

Parámetros de Aplicación

Parámetro	Tipo	Requerido	Descrip
`application_name`	Átomo	Sí	Nombre interno aplicación (por `:s6a`, `:s13`, `:s`
`application_dictionary`	Átomo	Sí	Módulo de dicc Diameter de Er ejemplo, `:diameter_gen`
`vendor_specific_application_ids`	Lista	Sí	Declaraciones d aplicación espe proveedor. Cad `vendor_id`, `auth_applicat` `acct_applicat`

Aplicaciones Diameter Soportadas:

Nombre de Aplicación	Auth App ID	Interfaz	Referencia
`:s6a`	`16777251`	S6a — Autenticación y suscripción MME ↔ HSS	TS 29.272
`:s13`	`16777252`	S13 — Verificación de identidad del equipo MME ↔ EIR	TS 29.272
`:slg`	`16777255`	SLg — Servicios de Localización MME ↔ GMLC (PLR/LRR)	TS 29.172
`:t6a`	`16777346`	T6a — MME ↔ SCEF CIoT Entrega de Datos No-IP (diccionario `:diameter_gen_3gpp_t6a`)	TS 29.128

Declare solo las aplicaciones que use. `:slg` es requerido para la Función de Servicios de Localización; `:s13` es requerido cuando la verificación de equipo S13 está `enabled`; `:t6a` es requerido para NIDD / Control-Plane CIoT.

Parámetros de Pares Diameter

Parámetro	Tipo	Requerido	Predeterminado	De
`host`	Cadena	Sí	-	Ident Diam (Orig Debe con l confi par p valid
`realm`	Cadena	Sí	-	Rein del p
`ip`	Cadena	Sí	-	Direc que acep
`port`	Entero	No	`3868`	Puer del p
`tls`	Booleano	No	`false`	Habi para cone
`transport`	Átomo	No	`:diameter_tcp`	`:dia` o `:dia` SCTP prefe Diam RFC
`initiate_connection`	Booleano	No	`false`	Cuar Omn

Parámetro	Tipo	Requerido	Predeterminado	De
				la co este `fals` que cone entra Típic `true` DRA.

GTPv2-C (S11)

La interfaz S11 conecta OmniMME al Gateway de Servicio para la gestión del ciclo de vida de sesiones y portadoras. Este mismo servicio GTPv2-C también transporta la interfaz inter-MME S10.

```
config :gtpc,
  service: %{
    name: :s11,
    listen_ip: "192.0.2.10",
    listen_port: 2123,
    control_module: Mme.Control.Gtpc,
    t3: 5000,
    n3: 3
  }
```

Parámetro	Tipo	Requerido	Predeterminado	Descripc
`name`	Átomo	Sí	-	Identificador nombre de l interfaz. Deb `:s11`.
`listen_ip`	Cadena	Sí	-	Dirección IP enlazar GTP Debe ser un interfaz espe — no `0.0.0` SGW y los M vecinos envi respuestas a
`listen_port`	Entero	No	`2123`	Puerto UDP GTPv2-C. El estándar es según TS 29
`control_module`	Módulo	Sí	-	Módulo que maneja los mensajes GT decodificado OmniMME, e `Mme.Control`
`t3`	Entero	No	`5000`	Temporizado RESPONSE e milisegundo Tiempo a es por una resp GTPv2 antes retransmitir.

Parámetro	Tipo	Requerido	Predeterminado	Descripc
`n3`	Entero	No	`3`	Conteo de retransmisio antes de qu transacción considere fa

---

Cell Broadcast (SBc)

La interfaz SBc (SBc-AP sobre SCTP) conecta OmniMME a un Centro de Difusión Celular (CBC) para mensajes del Sistema de Advertencia Pública — ETWS y CMAS / Advertencia de Escribir-Reemplazar (TS 29.168). Cuando está habilitada, el MME acepta Advertencias de Escribir-Reemplazar / Detener Advertencia del CBC y las reenvía a los eNBs que sirven el área de advertencia objetivo.

```
config :mme, :sbc,
  enabled: true,
  port: 29168,
  indication_timeout: 10_000
```

Parámetro	Tipo	Predeterminado	Descripción
`enabled`	Booleano	`false`	Cuando `true`, OmniMME abre el listener SCTP SBc-AP y procesa mensajes de advertencia.
`port`	Entero	`29168`	Puerto SCTP para el listener SBc-AP.
`indication_timeout`	Entero	`10000`	Milisegundos a esperar por confirmaciones de eNB antes de enviar la Indicación de Advertencia de Escribir-Reemplazar de vuelta al CBC.

El listener SBc enlaza la `s1ap.listen_ip` primaria y cualquier `secondary_bind_ips`.

Servicios de Localización (E-SMLC / SLs)

La interfaz SLs (LCS-AP sobre SCTP) conecta OmniMME a un E-SMLC para posicionamiento en el plano de control (TS 29.171), utilizado junto con la aplicación Diameter SLg para responder a solicitudes de ubicación GMLC. Cuando está habilitada, el MME retransmite LPPa/LPP de posicionamiento entre

el E-SMLC, eNBs y UEs, y expone la página del Panel de Control de Servicios de Localización.

```
config :mme, :esmlc,
  enabled: true,
  sls_port: 9082
```

Parámetro	Tipo	Predeterminado	Descripción
`enabled`	Booleano	`false`	Cuando `true`, OmniMME abre el listener SCTP SLs (LCS-AP) y procesa solicitudes de posicionamiento. Requiere que la aplicación Diameter `:slg` esté declarada para solicitudes iniciadas por GMLC.
`sls_port`	Entero	`9082`	Puerto SCTP para el listener SLs (LCS-AP).

El listener SLs enlaza la `s1ap.listen_ip` primaria y cualquier `secondary_bind_ips`.

NIDD / CIoT en el Plano de Control (T6a)

La Entrega de Datos No-IP (NIDD) permite a los dispositivos Cellular-IoT / NB-IoT intercambiar pequeños datos No-IP a través de la optimización EPS CIoT en el plano de control, retransmitidos a un SCEF a través de la interfaz Diameter T6a (TS 29.128 / TS 23.682). La misma optimización también transporta datos **IP** de NB-IoT con el MME terminando el plano de usuario en S11-U. Consulte la guía NIDD & T6a Interface para la descripción completa de la función. Deshabilitado

por defecto — sin configuración `:nidd`, el MME no publicita soporte para CIoT en el plano de control y se comporta exactamente como un MME no-CIoT.

```
config :mme, :nidd,
  enabled: true,
  s11u_ip: "10.7.25.185"
```

Parámetro	Tipo	Predeterminado	Descripción
`enabled`	Booleano	`false`	Cuando `true`, OmniMME publicita soporte para CIoT en el plano de control en el Soporte de Funciones de Red EPS y sirve conexiones PDN No-IP (y NB-IoT IP sobre S11-U) para dispositivos CIoT.
`s11u_ip`	Cadena	IP `listen_ip` de S11 GTP-C	Dirección IP para el punto final GTP-U S11-U del MME (UDP 2152) utilizado para datos IP de NB-IoT. Por defecto, se utiliza la GTPv2-C (S11) `listen_ip`.

Habilitar NIDD también requiere:

- La aplicación Diameter `:t6a` declarada en la lista de `applications`, y el SCEF accesible como un peer Diameter (directamente o a través del DRA). Consulte Aplicaciones Diameter Soportadas.
- El APN No-IP provisionado en la suscripción de **HSS**: una Configuración de APN con `PDN-Type = Non-IP (4)` y un `SCEF-ID`.

Panel de Control

El Panel de Control es una interfaz web en tiempo real para que los operadores inspeccionen y gestionen UEs, eNodeBs, pares Diameter, servicios de localización y traspasos inter-MME.

```
config :control_panel,
  page_order: ["/ues", "/enodebs", "/diameter", "/application",
"/configuration"]

config :control_panel, ControlPanelWeb.Endpoint,
  url: [host: "0.0.0.0", path: "/"],
  https: [
    port: 10443,
    keyfile: "priv/cert/omnitouch.pem",
    certfile: "priv/cert/omnitouch.crt"
  ]
```

Parámetros Generales:

Parámetro	Tipo	Requerido	Descripción
`page_order`	Lista	No	Lista ordenada de entradas de navegación en la barra lateral. Determina el orden de navegación izquierda en el Panel de Control.

Parámetros del Endpoint:

Parámetro	Tipo	Requerido	Predeterminado	Descripció
`url.host`	Cadena	No	`"0.0.0.0"`	Dirección de enlace para el listener HTTPS.
`url.path`	Cadena	No	`"/"`	Prefijo de ruta URL para el Pane de Control.
`https.port`	Entero	Sí	-	Puerto HTTPS para el Panel de Control.
`https.keyfile`	Cadena	Sí	-	Ruta al archivo de clave privada TLS (formato PEM).
`https.certfile`	Cadena	Sí	-	Ruta al archivo de certificado TLS (formato PEM).

API REST

La API REST proporciona acceso programático a UE, eNodeB, Diameter, contexto de pares SGW y S10, además de acciones de UE/eNB/GUTI/descarga.

La documentación interactiva de OpenAPI está disponible en `/api/swagger`. Consulte la Guía de Operaciones para el catálogo de endpoints.

```
config :api_ex,
  api: %{
    port: 8443,
    listen_ip: "0.0.0.0",
    product_name: "OmniMME",
    title: "API - OmniMME",
    hostname: "localhost",
    enable_tls: true,
    tls_cert_path: "priv/cert/omnitouch.crt",
    tls_key_path: "priv/cert/omnitouch.pem"
  }
```

Parámetro	Tipo	Requerido	Predeterminado	Descripció
`port`	Entero	Sí	-	Puerto HTTP para la API REST.
`listen_ip`	Cadena	No	`"0.0.0.0"`	Dirección IP para enlaza el listener d la API.
`product_name`	Cadena	No	-	Cadena del nombre del producto er los metadatos OpenAPI.
`title`	Cadena	No	-	Título mostrado e la interfaz OpenAPI / Swagger.
`hostname`	Cadena	Sí	-	Nombre de host utiliza para constr URLs base la API en la especificaci OpenAPI.
`enable_tls`	Booleano	No	`true`	Habilitar HTTPS para API. Cuando `false`, la A sirve HTTP

Parámetro	Tipo	Requerido	Predeterminado	Descripció
				cifrado (no recomendad en producción)
`tls_cert_path`	Cadena	Cuando TLS	-	Ruta al archivo de certificado TLS (format PEM).
`tls_key_path`	Cadena	Cuando TLS	-	Ruta al archivo de clave privad TLS (format PEM).

Registro

OmniMME emite registros JSON estructurados a través de `OmniLogger`. Configure el formateador predeterminado (y, opcionalmente, un controlador de archivo rotativo) bajo `:logger`.

```
config :logger, :default_formatter,
  format: {OmniLogger.JsonFormatter, :format},
  metadata: :all
```

Parámetro	Tipo	Descripción
`format`	Tupla	MFA del formateador. Use `{OmniLogger.JsonFormatter, :format}` para registros JSON estructurados (un objeto por línea).
`metadata`	Átomo | Lista	Qué claves de metadatos incluir; `:all` emite cada clave.

Se puede agregar un controlador de archivo rotativo con `config :logger, :default_handler, ...` (`file`, `max_no_bytes`, `max_no_files`, `compress_on_rotate`). En producción, el destino del registro se gestiona bajo `/etc/omnimme/`.

Ejemplo Completo de Configuración

Lo siguiente es un `runtime.exs` completo y anotado adecuado como punto de partida. Reemplace todos los valores de marcador de posición con la dirección e identificadores reales de su red.

```
import Config

config :mme,
  # Identidad del nodo
  mme_name: "omnimme",
  operator_name: "MyNet",
  country: "Australia",
  network_name_short: "MyNet",
  network_name_long: "My Network",
  timezone: "Australia/Sydney",
  default_apn: "internet",
  apn_oi_domain: :gprs,   # Sufijo APN-OI (:gprs / :epc / :none)

  # Capacidad e identidad
  mme_capacity: 128,
  home_plmn: %{mcc: "505", mnc: "01"},
  emergency_support_enabled: false,

  # Temporizadores NAS
  t3412: 3240,  # intervalo TAU periódico, segundos (54 min)
  t3485: 8,     # retransmisión de contexto de portadora, segundos
  t3346: 600,   # retroceso de congestión EMM, segundos
  t3396: 600,   # retroceso de congestión ESM, segundos

  # Política de seguridad NAS (la más fuerte primero). El cifrado
está desactivado (EEA0) por defecto;
  # solo EEA0 y EEA2 están implementados. Liste [:eea2, :eea0]
para habilitar EEA2.
  nas_security: %{
    ciphering: [:eea0],
    integrity: [:eia2, :eia1, :eia3]
  },

  # DRX extendido en modo inactivo
  edrx_enabled: false,

  # Prioridad de paginación para suscriptores MPS (omitir para
deshabilitar)
  # paging_priority_arp_threshold: 8,

  # Sobrescrituras de causa de rechazo (issue #26)
  emm_cause_mapping: %{},
  esm_cause_mapping: %{},
```

```
  # Verificación de identidad del equipo
  s13: %{
    enabled: true,
    allowed_equipment_status: [:whitelist, :greylist]
  },

  # Listener S1AP (opcionalmente multi-homed)
  s1ap: %{
    listen_ip: "192.0.2.10",
    listen_port: 36412
    # secondary_bind_ips: ["192.0.2.11"]
  },

  # GUMMEI — ajuste group_id y code para que coincidan con su plan
de grupo MME
  served_gummei: [
    %{
      plmn_list: [%{mcc: "505", mnc: "01"}],
      group_id: 1,
      code: 1
    }
  ],

  # Áreas de seguimiento que este MME sirve
  served_tai: [
    %{
      plmn: %{mcc: "505", mnc: "01"},
      tac_list: [1, 2, 3]
    }
  ],

  # Selección de gateway
  dns_ip_version: :ipv4,
  sgw: %{
    selection_method: :random_peer,
    peers: [
      %{ip: "192.0.2.20", host:
"sgw01.mnc001.mcc505.3gppnetwork.org", port: 2123, type: :home}
    ]
  },
  pgw: %{
    selection_method: :random_peer,
    peers: [
```

```
      %{ip: "192.0.2.30", host:
"pgw01.mnc001.mcc505.3gppnetwork.org", port: 2123, type:
:home_and_roaming}
    ]
  },

  # Descubrimiento de MME vecino (S10) para traspaso inter-MME /
TAU de GUTI extranjero
  mme_s10: %{
    selection_method: :dns_lookup,
    dns: [%{server: "192.0.2.53", domain: "3gppnetwork.org"}],
    peers: [
      %{ip: "192.0.2.50", host:
"mmec01.mmegi8001.mme.epc.mnc001.mcc505.3gppnetwork.org", port:
2123}
    ]
  },

  # Supervisión activa de ruta GTP-C (opt-in)
  gtpc_path_supervision: %{enabled: false, interval_ms: 60_000,
failure_threshold: 3}

# Sistema de Advertencia Pública (ETWS / CMAS) sobre SBc
config :mme, :sbc,
  enabled: true,
  port: 29168

# Posicionamiento en el plano de control (LCS) sobre SLs al E-SMLC
config :mme, :esmlc,
  enabled: false,
  sls_port: 9082

config :diameter_ex,
  diameter: %{
    service_name: :omnitouch_mme,
    listen_ip: "192.0.2.10",
    listen_port: 3868,
    host: "mme01.epc.mnc001.mcc505.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc001.mcc505.3gppnetwork.org",
    product_name: "OmniMME",
    request_timeout: 5000,
    peer_selection_algorithm: :random,
    allow_undefined_peers_to_connect: true,
    log_unauthorized_peer_connection_attempts: true,
```

```
    control_module: Mme.Control.Diameter,
    processor_module: DiameterEx.Processor,
    auth_application_ids: [],
    acct_application_ids: [],
    vendor_id: 10415,
    supported_vendor_ids: [5535, 10415],
    applications: [
      %{
        application_name: :s6a,
        application_dictionary: :diameter_gen_3gpp_s6a,
        vendor_specific_application_ids: [
          %{vendor_id: 10415, auth_application_id: 16_777_251,
acct_application_id: nil}
        ]
      },
      %{
        application_name: :s13,
        application_dictionary: :diameter_gen_3gpp_s13,
        vendor_specific_application_ids: [
          %{vendor_id: 10415, auth_application_id: 16_777_252,
acct_application_id: nil}
        ]
      },
      %{
        application_name: :slg,
        application_dictionary: :diameter_gen_3gpp_slg,
        vendor_specific_application_ids: [
          %{vendor_id: 10415, auth_application_id: 16_777_255,
acct_application_id: nil}
        ]
      }
    ],
    peers: [
      %{
        host: "dra01.epc.mnc001.mcc505.3gppnetwork.org",
        realm: "epc.mnc001.mcc505.3gppnetwork.org",
        ip: "192.0.2.40",
        port: 3868,
        tls: false,
        transport: :diameter_sctp,
        initiate_connection: true
      }
    ]
  }
```

```
config :gtpc,
  service: %{
    name: :s11,
    listen_ip: "192.0.2.10",
    listen_port: 2123,
    control_module: Mme.Control.Gtpc,
    t3: 5000,
    n3: 3
  }

config :control_panel,
  page_order: ["/ues", "/enodebs", "/diameter", "/application",
"/configuration"]

config :control_panel, ControlPanelWeb.Endpoint,
  url: [host: "0.0.0.0", path: "/"],
  https: [
    port: 10443,
    keyfile: "/etc/omnimme/certs/server.pem",
    certfile: "/etc/omnimme/certs/server.crt"
  ]

config :api_ex,
  api: %{
    port: 8443,
    listen_ip: "0.0.0.0",
    product_name: "OmniMME",
    title: "API - OmniMME",
    hostname: "mme01.example.com",
    enable_tls: true,
    tls_cert_path: "/etc/omnimme/certs/server.crt",
    tls_key_path: "/etc/omnimme/certs/server.pem"
  }

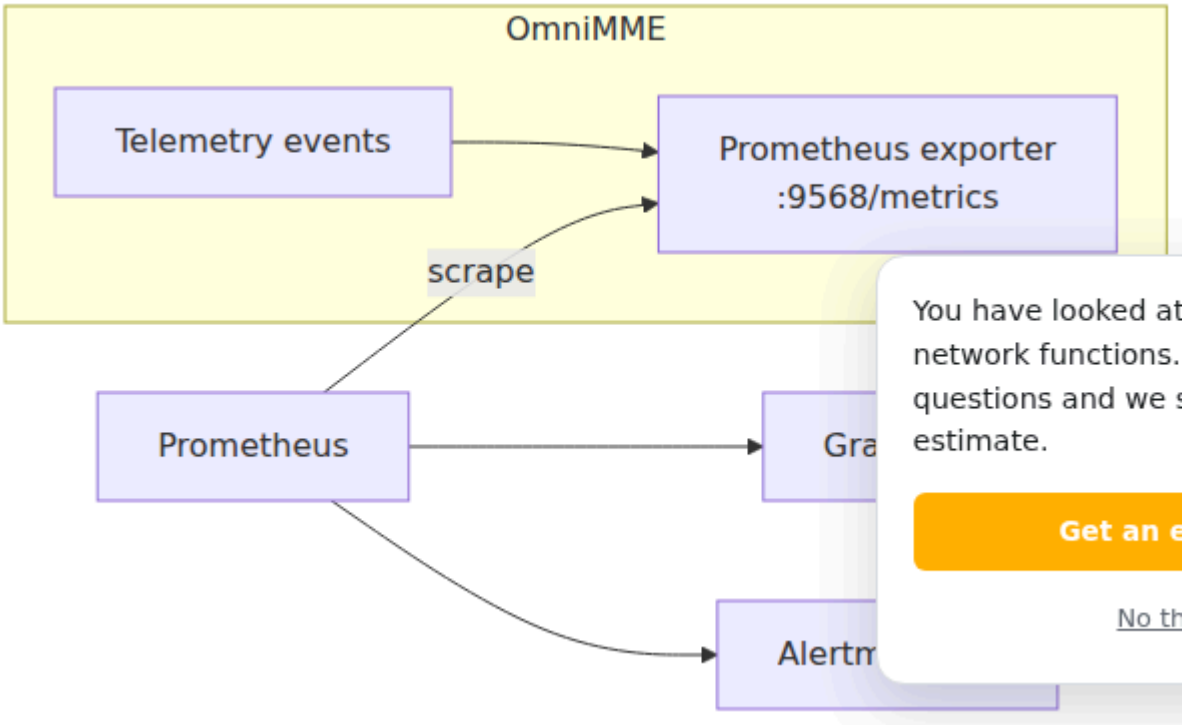
config :logger, :default_formatter,
  format: {OmniLogger.JsonFormatter, :format},
  metadata: :all
```

Referencia de Métricas de OmniMME

OmniMME expone métricas de Prometheus para la actividad del plano de control de MME y la salud de BEAM VM.

Scraping

Propiedad	Valor
Endpoint	`http://<mme-host>:9568/metrics`
Exportador	`TelemetryMetricsPrometheus` (iniciado en `Mme.Web.Supervisor`)
Formato	Exposición de texto de Prometheus



Nomenclatura: las métricas se definen internamente con nombres separados por puntos (por ejemplo, `mme.attach.count`); el exportador de Prometheus las

renderiza con guiones bajos (por ejemplo, `mme_attach_count`). Este documento utiliza los nombres de Prometheus (con guiones bajos) en todo momento.

Valores predeterminados de etiquetas: cada etiqueta de contador/distribución tiene como valor predeterminado `none` en cualquier sitio de emisión que no lo establezca. Por lo tanto, una métrica como `mme_attach_count` siempre lleva su conjunto completo de etiquetas; una dimensión que no era aplicable a un evento particular muestra `none` en lugar de estar ausente.

Medidores de MME

Valores en un momento dado, recalculados periódicamente a partir del estado en vivo de MME.

Métrica	Etiquetas	Descripción
`mme_ue_count`	—	Total de contextos de UE con un IMSI válido (conectados + inactivos + retenidos).
`mme_ue_connected_count`	—	Contextos de UE en ECM-CONNECTED.
`mme_ue_idle_count`	—	Contextos de UE en ECM-IDLE (alcanzables a través de paginación).
`mme_bearer_count`	`bearer_type`	Bearers EPS activos, por `default` / `dedicated`.
`mme_session_count`	`apn`	Sesiones PDN activas, por APN.
`mme_session_emergency_count`	—	Sesiones PDN de emergencia activas.
`mme_session_unauthenticated_count`	—	Contextos de UE de servicio limitado (sin

Métrica	Etiquetas	Descripción
		IMSI) que mantienen una sesión PDN.
`mme_esm_procedure_pending_count`	`procedure_type`	Procedimientos ESM en vuelo, por tipo (detector de fugas).
`mme_timer_active_count`	—	Temporizadores de MME programados pero aún no disparados (detector de fugas).
`mme_sgw_session_count`	`sgw`	Sesiones actualmente alojadas en cada S-GW (distribución de carga en vivo).
`mme_pgw_session_count`	`pgw`	Sesiones actualmente alojadas en cada P-GW (distribución de carga en vivo).
`mme_enb_connected_count`	—	eNBs con una asociación S1 conectada.

Métrica	Etiquetas	Descripción
`mme_sctp_association_count`	`state`	Asociaciones SCTP agrupadas por estado S1 de eNB.
`mme_s1ap_enb_status`	`ip`, `enb_id`	Estado S1 por eNB: `1` conectado, `0` desconectado.

Consultas de ejemplo:

```
# Ratio conectado / total
mme_ue_connected_count / mme_ue_count

# Cualquier eNB desconectado
mme_s1ap_enb_status == 0

# Posible fuga de procedimiento ESM: procedimientos pendientes en aumento
rate(mme_esm_procedure_pending_count[15m]) > 0
```

Contadores de Procedimientos EMM

Métrica	Etiquetas	Descripción
`mme_attach_count`	`result`, `via`, `cause`	Resultados de adjuntos EPS. `result` = intento/éxito/rechazado; `via` = tipo de identidad; `cause` en caso de rechazo.
`mme_tau_count`	`result`, `via`, `type`, `cause`	Resultados de Actualización de Área de Seguimiento, por resultado, tipo de identidad y `type` de TAU (periódico/movilidad/combinadc
`mme_service_request_count`	`result`, `cause`	Resultados de Solicitud de Servicio / Solicitud de Servicio Ampliada.
`mme_detach_count`	`initiator`, `type`, `cause`	Eventos de desconexión, por `initiator` (ue/mme/hss/sgw_pgw) y tipo.
`mme_auth_count`	`result`, `cause`	Resultados de autenticación; `cause` = mac_failure/synch_failure/timeo en caso de fallo.
`mme_security_mode_count`	`result`, `cause`	Resultados de Comando de Mod de Seguridad NAS (completo/rechazado).
`mme_identity_count`	`result`	Resultados del procedimiento d identidad.

```
# Tasa de éxito de adjuntos en 5m
sum(rate(mme_attach_count{result="success"}[5m]))
  / sum(rate(mme_attach_count{result="attempt"}[5m]))

# Fallos de autenticación por causa
sum by (cause) (rate(mme_auth_count{result="failure"}[5m]))
```

Contadores de Procedimientos ESM

Métrica	Etiquetas	Descripción
`mme_pdn_connectivity_count`	`result`, `apn`, `cause`	Resultados de Conectividad PDN; `cause` captura anulación/rechazo de tipo PDN.
`mme_pdn_disconnect_count`	`initiator`, `apn`	Eventos de desconexión PDN, por iniciador y APN.
`mme_bearer_activation_count`	`bearer_type`, `initiator`, `result`, `cause`	Activaciones de bearer EPS.
`mme_bearer_deactivation_count`	`bearer_type`, `initiator`, `result`, `cause`	Desactivaciones de bearer EPS.
`mme_bearer_modification_count`	`result`, `cause`	Resultados de modificación de bearer (Actualizar Bearer / Modificar Contexto de Bearer EPS).
`mme_esm_procedure_timeout_count`	`procedure_type`	Tiempos de espera T3485 de ESM, por tipo de procedimiento.

Contadores de Selección de Nodos

Métrica	Etiquetas	Descripción
`mme_sgw_selection_count`	`sgw`, `result`	Selecciones de S-GW por sesión, por S-GW elegido y resultado.
`mme_pgw_selection_count`	`pgw`, `apn`, `result`	Selecciones de P-GW por sesión, por P-GW elegido, APN y resultado.
`mme_mme_peer_selection_count`	`result`	Resultados de descubrimiento de MME objetivo (S10) (`x-3gpp-mme:x-s10`).
`mme_amf_selection_count`	`result`	Resultados de descubrimiento de AMF objetivo (N26) (`x-3gpp-amf:x-n26`).

Métricas de DNS

Resolución S-NAPTR / DNS utilizada para la selección de SGW/PGW/MME/AMF (TS 29.303).

Métrica	Tipo	Etiquetas
`mme_dns_query_count`	Contador	`query_type`, `result`, `purpose`
`mme_dns_query_duration_milliseconds`	Histograma	`query_type`, `result`, `purpose`
`mme_dns_answer_records`	Histograma	`query_type`, `purpose`
`mme_dns_resolution_count`	Contador	`purpose`, `result`
`mme_dns_resolution_duration_milliseconds`	Histograma	`purpose`

Métricas de GTP-C (S11)

Métrica	Tipo	Etiquetas
`mme_gtpc_message_count`	Contador	`direction`, `message_type`
`mme_gtpc_request_duration_milliseconds`	Histograma	`message_type`
`mme_gtpc_timeout_count`	Contador	`message_type`
`mme_gtpc_handler_crash_count`	Contador	`message_type`
`mme_gtpc_echo_count`	Contador	`direction`
`mme_gtpc_modify_bearer_response_count`	Contador	`result`, `procedure`, `cause`

Métrica	Tipo	Etiquetas	
`mme_gtpc_peer_restart_count`	Contador	—	
`mme_gtpc_path_failure_count`	Contador	—	

Métricas de Diameter S6a

Métrica	Tipo	Etiquetas	
`mme_s6a_request_count`	Contador	`command`, `result_code`	S in (A co de D
`mme_s6a_request_duration_milliseconds`	Histograma	`command`	La vu S(
`mme_s6a_server_initiated_count`	Contador	`command`, `result`	M in (C po re

```
# Latencia S6a (HSS) p95 en 5m
histogram_quantile(0.95,
  sum by (le, command)
(rate(mme_s6a_request_duration_milliseconds_bucket[5m])))
```

Métricas S1AP

Métrica	Etiquetas	Descripción
`mme_s1ap_message_count`	`direction`, `message_type`, `enb_id`	Mensajes S1AP por dirección, tipo y eNB.
`mme_s1ap_degraded_ie_count`	`message_type`, `ie`, `criticality`, `reason`, `enb_id`	IEs S1AP que el códec no pudo dar forma. `reason=unknown_ie` e un IE que este MME n conoce (TS 36.413 §10.3.2); `reason=shaping_fail` es una limitación del códec que deja un va ASN.1 en bruto.
`mme_s1ap_encode_failure_count`	`message_type`, `enb_id`	Fallos de codificación S1AP.
`mme_s1ap_error_indication_count`	`cause`, `enb_id`	Indicaciones de error S1AP de eNBs.
`mme_s1ap_setup_count`	`result`, `enb_id`	Resultados de configuración S1 (incorporación de eN
`mme_s1ap_reset_count`	`direction`, `enb_id`	Reinicio S1AP / Reconocimiento de Reinicio.
`mme_erab_setup_count`	`result`, `cause`, `enb_id`	Resultados de configuración de E-RA

Métrica	Etiquetas	Descripción
`mme_erab_release_count`	`result`, `cause`, `enb_id`	Resultados de liberac de E-RAB.
`mme_initial_context_setup_count`	`result`, `enb_id`	Resultados de configuración del contexto inicial.

Métricas de Movilidad y Paginación

Métrica	Etiquetas	Descripción
`mme_paging_count`	`result`, `stage`	Eventos de paginación; `result` = intento/éxito, `stage` = etapa del procedimiento de paginación (S-TMSI / IMSI).
`mme_handover_count`	`kind`, `direction`, `result`	Transferencias por `kind` (x2/s1/s10/n26/offload), dirección y resultado.

Los contadores de descubrimiento inter-MME / inter-sistema se enumeran bajo Contadores de Selección de Nodos (`mme_mme_peer_selection_count`, `mme_amf_selection_count`).

Cubos de Histograma

Todos los histogramas `*_duration_milliseconds` comparten estos cubos de latencia (ms):

```
1, 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1000, 2500, 5000, 10000
```

`mme_dns_answer_records` utiliza cubos de conteo `0, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 50`.

Métricas de BEAM VM

OmniMME exporta métricas de tiempo de ejecución de BEAM para planificación de capacidad y diagnóstico de fugas de memoria o procesos. Todas las métricas de memoria están en bytes.

Métrica	Descripción
`beam_memory_total`	Memoria total asignada por la BEAM VM (todas las categorías).
`beam_memory_processes`	Memoria asignada a procesos de Erlang (montículo, pila, buzones).
`beam_memory_processes_used`	Memoria utilizada activamente dentro de los montículos de procesos.
`beam_memory_system`	Memoria utilizada por el sistema BEAM (código, ETS, átomos, etc.).
`beam_memory_atom`	Memoria asignada para la tabla de átomos (usada + reservada).
`beam_memory_atom_used`	Memoria utilizada activamente por átomos.
`beam_memory_binary`	Memoria binaria fuera del montículo (contada por referencia). Un aumento sostenido puede indicar una fuga binaria.
`beam_memory_code`	Memoria utilizada por el código del módulo BEAM cargado. Generalmente estable después del inicio.
`beam_memory_ets`	Memoria utilizada por tablas ETS. OmniMME almacena contextos de UE/eNB en ETS, por lo que esto crece con el número de suscriptores.
`beam_processes_count`	Número de procesos de Erlang en ejecución. Un aumento sostenido puede indicar una fuga de procesos.

Métrica	Descripción
`beam_ports_count`	Número de puertos de Erlang abiertos (sockets, descriptores de archivo). Rastrean aproximadamente las conexiones SCTP/TCP activas.
`beam_atom_count`	Total de átomos en la tabla de átomos. Los átomos nunca son recolectados por el GC — un conteo creciente indica creación dinámica de átomos (una fuga).
`beam_vm_uptime`	Segundos desde que se inició la BEAM VM.

```
# Memoria ETS como porcentaje del total
beam_memory_ets / beam_memory_total * 100

# Reinicio inesperado (reinicios de tiempo de actividad cerca de
cero)
beam_vm_uptime < 300
```

Alertas Recomendadas

Alerta	Expresión	S
eNB fuera de línea	`mme_s1ap_enb_status == 0`	A
Cero UEs conectados durante horas laborales	`mme_ue_connected_count == 0`	C
Tasa de éxito de adjuntos degradada	`sum(rate(mme_attach_count{result="success"}[5m])) / sum(rate(mme_attach_count{result="attempt"}[5m])) < 0.9`	A
Errores de HSS (S6a) en aumento	`sum(rate(mme_s6a_request_count{result_code!~"2.*"}[5m])) > 0`	A
Fallo de ruta GTP-C	`increase(mme_gtpc_path_failure_count[5m]) > 0`	A
Fallos en controladores GTP-C	`increase(mme_gtpc_handler_crash_count[5m]) > 0`	A
Fuga de procedimiento ESM	`mme_esm_procedure_pending_count > 100`	A
Alto uso de memoria	`beam_memory_total > 3221225472`	A

Alerta	Expresión	S
Pico en el conteo de procesos	`beam_processes_count > 50000`	A
Reinicio de BEAM detectado	`beam_vm_uptime < 120`	C
Crecimiento de la tabla de átomos	`deriv(beam_atom_count[10m]) > 100`	A

NIDD y la interfaz T6a/T6b — Entrega de datos no IP para CIoT

Entrega de datos no IP (NIDD) permite que un dispositivo de Cellular-IoT (CIoT / NB-IoT) intercambie pequeños datos **no IP** con un servidor de aplicaciones **sin que se le asigne nunca una dirección IP**. Los datos viajan por el plano de señalización NAS (la **optimización del plano de control CIoT EPS**) entre el UE y el MME, y el MME los reenvía a una **Función de Exposición de Capacidad de Servicio (SCEF)** a través de la interfaz Diameter **T6a**.

La interfaz está definida en 3GPP TS 29.128 (aplicación Diameter T6a/T6b, application-id **16777346**) y los procedimientos en 3GPP TS 23.682 §5.13. El transporte de datos NAS utiliza el mensaje ESM DATA TRANSPORT de 3GPP TS 24.301.

> **Opcional y deshabilitado por defecto.** Sin la configuración `:nidd`, el MME no publicita soporte para CIoT en el plano de control, y las conexiones PDN no IP no se sirven a través de T6a. Un MME no CIoT se comporta exactamente como antes.

Tabla de Contenidos

- Arquitectura
- Establecimiento de conexión
- Datos originados por el móvil
- Datos terminados en el móvil
- Configuración
- Alcance y limitaciones soportadas

Arquitectura

```
        NAS (ESM DATA TRANSPORT)          T6a / TS 29.128
(Diameter)
  UE  <----------------------------> MME <-----------------------
--> SCEF <----> SCS/AS
       Optimización CIoT del plano de control     CMR/CMA  ODR/ODA
TDR/TDA
```

Una conexión PDN no IP **no tiene PGW, no tiene SGW y no tiene túnel GTP-U**. En su lugar, el MME mantiene una sesión PDN no IP sin túnel vinculada al SCEF por el **SCEF-ID** y el **Session-Id** Diameter que el MME asignó para la conexión T6a.

El MME es un par Diameter del SCEF (directamente, o a través de un DRA). El mismo servicio Diameter que transporta S6a/S13 también transporta T6a — la aplicación `:t6a` está registrada junto a `:s6a`.

Establecimiento de conexión

(TS 23.682 §5.13.1) Cuando un UE se conecta con **tipo de PDN "No-IP"** y la configuración APN de la suscripción para ese APN lleva un **PDN-Type = Non-IP (4)** más un **SCEF-ID** (la codificación de etapa 3 del indicador "Invocar Selección de SCEF"), el MME — en lugar de un GTP-C Create Session hacia un PGW — envía un **Connection-Management-Request (CMR)** al SCEF:

AVP	Valor
`Connection-Action`	`CONNECTION_ESTABLISHMENT (0)`
`Service-Selection`	el APN (por ejemplo, `non-ip`)
`User-Identifier`	`{ User-Name = IMSI }`
`Bearer-Identifier`	la Identidad de Portadora EPS asignada
`Destination-Host` / `-Realm`	derivado del SCEF-ID de la suscripción

En una **Connection-Management-Answer (CMA, Result-Code 2001)** exitosa, el MME registra la sesión PDN no IP y publicita la **optimización CIoT EPS del plano de control** al UE en el soporte de características de red EPS de la Accept de Attach. La conexión se libera con un CMR que lleva `CONNECTION_RELEASE (1)` cuando la conexión PDN se desmantela, y también se acepta una liberación de CMR iniciada por el SCEF.

Datos originados por el móvil

(TS 23.682 §5.13.4) El UE envía datos no IP en un **ESM DATA TRANSPORT** NAS (tipo de mensaje `0xEB`) contenedor de datos de usuario. El MME lo reenvía al SCEF como un **MO-Data-Request (ODR)** cuyo AVP **`Non-IP-Data`** es la carga útil literal.

```
UE --ESM DATA TRANSPORT(datos de usuario)--> MME --ODR(Non-IP-
Data)--> SCEF
```

Datos terminados en el móvil

(TS 23.682 §5.13.3) El SCEF envía datos no IP de enlace descendente en un **MT-Data-Request (TDR)** T6a. El MME mapea el AVP **`Non-IP-Data`** en un **ESM**

DATA TRANSPORT NAS de enlace descendente al UE y responde al SCEF con un **MT-Data-Answer (TDA)**.

```
SCEF --TDR(Non-IP-Data)--> MME --ESM DATA TRANSPORT(datos de
usuario)--> UE
              MME --TDA(Result-Code)--> SCEF
```

Un TDR se empareja con el UE por **User-Name (IMSI)** + **Bearer-Identifier (EBI)**. Si el UE o su sesión SCEF no pueden ser encontrados, el MME responde al SCEF con `UNABLE_TO_COMPLY (5012)` para que el SCEF pueda aplicar su propia política de almacenamiento / retransmisión.

Configuración

Se requieren dos elementos:

1. **Habilitar NIDD** para que el MME publicite soporte para CIoT en el plano de control:

   ```
   config :mme, :nidd, enabled: true
   ```

2. **Registrar el SCEF como un par Diameter** en la lista `:peers` de `:diameter_ex` (o alcanzarlo a través del DRA existente). La aplicación `:t6a` (diccionario `:diameter_gen_3gpp_t6a`, application-id `16_777_346`) se registra automáticamente en la lista de `applications:`.

El APN no IP en sí se provisiona en la suscripción del **HSS**: una configuración APN con `PDN-Type = Non-IP (4)` y un `SCEF-ID`.

Consulte la Referencia de Configuración para la tabla completa de parámetros, incluyendo el endpoint `s11u_ip` para datos IP de NB-IoT.

Datos IP de NB-IoT sobre CIoT en el plano de control (S11-U)

Más allá de NIDD no IP, la misma optimización CIoT en el plano de control transporta datos **IP** para NB-IoT (TS 23.401 §5.3.4B). Aquí la PDN es una PDN IP normal hacia un PGW, pero los datos viajan por NAS:

```
  UE  <--ESM DATA TRANSPORT (paquete IP)-->  MME  <--GTP-U en S11-
U-->  SGW  <--->  PGW
        Optimización CIoT del plano de control            (MME
termina el plano de usuario)
```

El MME termina el plano de usuario en la interfaz **S11-U** en lugar de en el eNB en S1-U:

- La Solicitud de Crear Sesión lleva el **S11-U GTP-U F-TEID** (tipo de interfaz 38) del MME en el contexto de portadora; el SGW devuelve su **S11-U GTP-U F-TEID** (tipo 39). No se establece un E-RAB S1-U.
- **Enlace ascendente**: un paquete IP en un ESM DATA TRANSPORT está encapsulado en GTP-U (G-PDU, TEID = el TEID S11-U del SGW) y enviado al SGW.
- **Enlace descendente**: un G-PDU que llega al TEID S11-U del MME es desencapsulado y entregado al UE como un ESM DATA TRANSPORT de enlace descendente (reutilizando el almacenamiento/paging de UE inactivo).

Este camino se selecciona cuando CP-CIoT está habilitado (`config :mme, :nidd, enabled: true`), el UE señaló soporte para CIoT en el plano de control, y el tipo de PDN es IP. El endpoint GTP-U S11-U del MME escucha en UDP **2152** (`config :mme, :nidd, s11u_ip:` — por defecto al IP GTP-C S11). La **Solicitud de Servicio del Plano de Control** de NB-IoT (`0x4D`) restablece la conexión para un UE inactivo.

Attach sin una portadora de plano de usuario

Una conexión PDN no IP / CP-CIoT no lleva plano de usuario, por lo que la Accept de Attach (con la Solicitud de Activar el Contexto de Portadora EPS por Defecto, tipo de PDN No-IP) se entrega por NAS en un **Downlink NAS Transport** — no hay Solicitud de Configuración de Contexto Inicial y no hay E-RAB S1-U. Los datos luego viajan por ESM DATA TRANSPORT en la misma conexión de señalización S1. Esto se selecciona automáticamente cuando el tipo de PDN de la portadora por defecto es No-IP.

Entrega de datos terminados en el móvil para UE inactivo

Cuando llegan datos MT para un UE **inactivo**, el MME los almacena en el contexto del UE y **página** al UE (TS 23.682 §5.13.3 pasos 2–4). Se informa al SCEF `DIAMETER_SUCCESS` — el MME ha asumido la responsabilidad de la entrega. El búfer se vacía tan pronto como el UE responde a la paginación con cualquier mensaje NAS de enlace ascendente. (El almacenamiento está en estado de contexto volátil, por lo que no sobrevive a un reinicio del MME).

Alcance y limitaciones soportadas

- **Solo no roaming.** NIDD se sirve para suscriptores locales a través de T6a. NIDD en roaming — T6b a un IWK-SCEF en la red visitada — no es compatible.
- **Tamaño máximo del mensaje no IP.** Cada mensaje no IP, de enlace ascendente o descendente, lleva hasta **255 bytes** de datos de usuario; las cargas útiles de aplicación más grandes deben ser segmentadas por la aplicación.
- **Las conexiones se identifican por IMSI.** Cada conexión SCEF se basa en el IMSI del suscriptor (según TS 23.682 §5.13.1.2); no se utiliza la identificación basada en MSISDN.

- **No soportado:** la indicación de datos de excepción originados por el móvil y el Servicio de Datos Fiables.

Guía de Operaciones de OmniMME

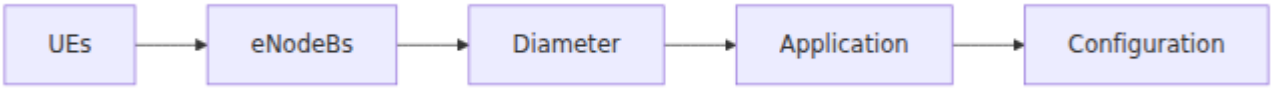
Esta guía cubre la operación diaria de OmniMME utilizando la interfaz web del Panel de Control y la API REST.

Tabla de Contenidos

- Descripción General del Panel de Control
- Gestión de Equipos de Usuario
- Gestión de eNodeBs
- Estado de Pares de Diámetro
- Servicios de Localización
- Transferencia Inter-MME S10
- API REST
- Referencia de Estados de UE
- Solución de Problemas

Descripción General del Panel de Control

El Panel de Control es accesible en `https://<mme-host>:10443`. Proporciona vistas en tiempo real de los contextos de UE, conexiones de eNodeB y estado de pares de Diámetro, actualizándose automáticamente cada segundo.



El orden de navegación de la barra lateral es configurable a través de `page_order` en `runtime.exs`. Consulta la Referencia de Configuración. Las páginas de Localización y S10 están disponibles además de las páginas

anteriores cuando sus interfaces están habilitadas; añade sus rutas a `page_order` para mostrarlas en la barra lateral.

Gestión de Equipos de Usuario

La página de **UEs** muestra todos los contextos de UE actualmente mantenidos por el MME - conectados, inactivos y recientemente desconectados.

Resumen del Estado de UE

En la parte superior de la página de UEs, un conteo en vivo muestra:

Estado	Significado
Conectado	UE está EMM-Registrado y ECM-Conectado (asociación S1AP activa, plano de datos activo)
Inactivo	UE está EMM-Registrado y ECM-Inactivo (S1AP liberado, contexto retenido - accesible a través de paginación)
Desconectado	UE está EMM-Deregistrado (desconectado; contexto retenido brevemente para re-adjunción basada en contexto)

Búsqueda y Filtrado

El cuadro de búsqueda coincide con IMSI, MSISDN, IMEISV, ID S1AP de UE MME, ID S1AP de UE eNB y nombre de eNodeB. Los resultados se actualizan a medida que escribes con un debounce de 300 ms.

El botón de **Filtros** proporciona filtrado basado en el estado:

- **Todos los Estados** - Mostrar todos los contextos
- **Conectado** - Solo ECM-Conectado
- **Inactivo** - Solo ECM-Inactivo

- **Desconectado** - Solo EMM-Deregistrado

Los resultados están paginados a 10 por página. Utiliza los controles de paginación para navegar por grandes poblaciones de suscriptores.

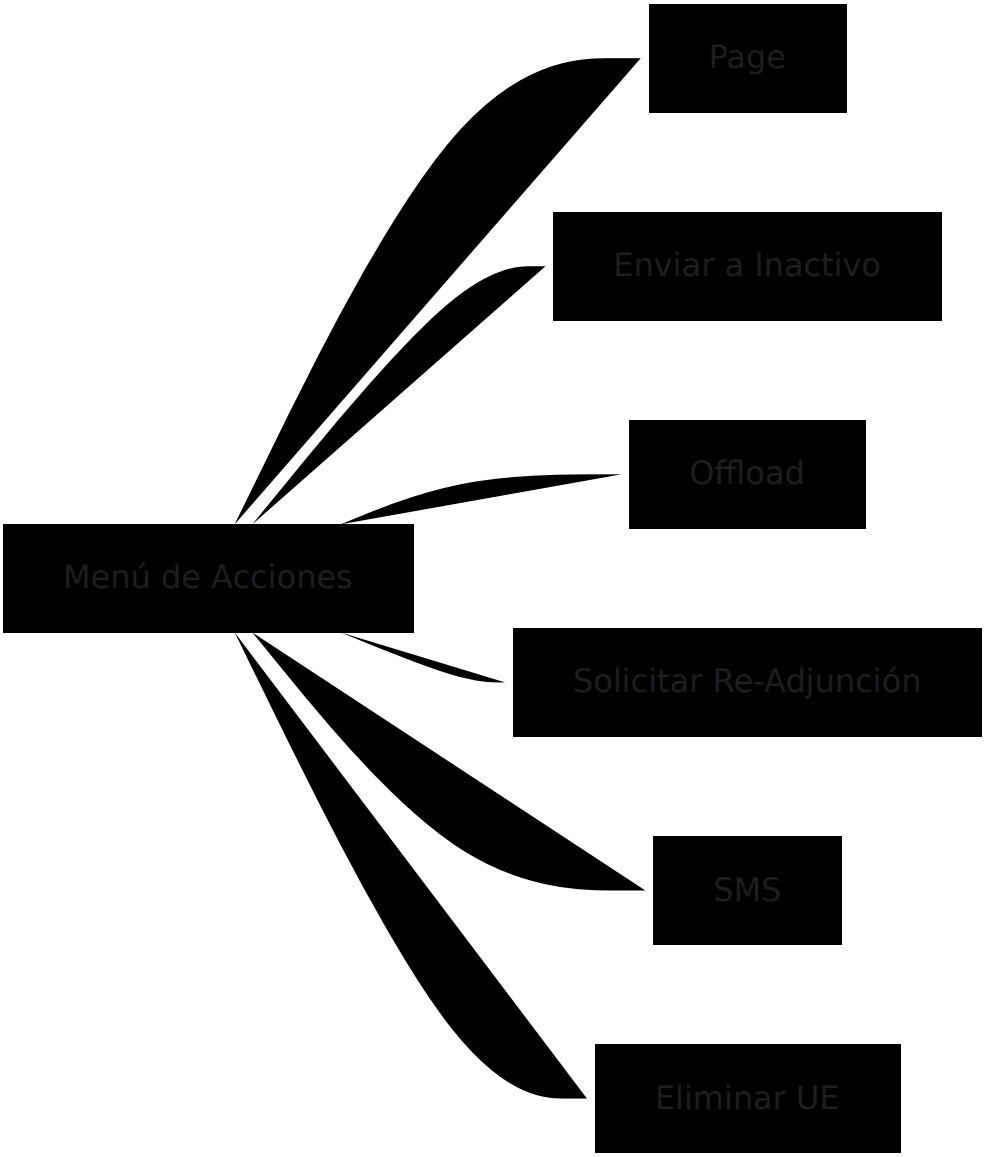
Vista Detallada de UE

Haz clic en cualquier fila de UE para expandir su vista detallada. Las secciones mostradas dependen del contexto disponible:

Sección	Contenidos
Información Básica	IMSI, MSISDN, IMEISV, tipo de dispositivo, GUTI, TAI actual, ECGI actual, UE AMBR, puntos finales de túnel S11, marcas de tiempo del contexto
Capacidad de Radio	Bandas LTE soportadas, capacidad MIMO, nivel de liberación, categoría de UE
Capacidad de Red de UE	Algoritmos de cifrado e integridad EPS, soporte de códec
Contexto de Seguridad	Algoritmo de seguridad NAS e identificador del conjunto de claves
Sesiones PDN	Conexiones PDN activas con APN, AMBR y detalles de portadora
APNs Permitidos	Perfil de configuración de APN de la suscripción HSS
Procedimientos ESM Recientes	Transacciones de configuración/desconfiguración de portadora en progreso o recientemente completadas

Acciones de UE

Cada UE tiene un menú de acciones (botón ⋮). Las acciones están deshabilitadas para UEs EMM-Deregistrados donde no tendrían efecto.



Página

Envía un mensaje de paginación para recuperar la UE de ECM-Inactivo. Hay dos métodos de paginación disponibles:

Método	Comportamiento	Cuándo usar
S-TMSI	Paginación utilizando la S-Identidad Temporal de Suscriptor Móvil de la UE. Mecanismo de paginación estándar.	Predeterminado - usa esto en operación normal.
IMSI	Paginación utilizando el IMSI completo de la UE.	Usa solo cuando falla la paginación S-TMSI. **Advertencia:** La paginación IMSI puede causar que la UE se desconecte y se vuelva a conectar.

La acción de paginación solo está disponible para UEs registradas (Conectadas o Inactivas).

Enviar a Inactivo

Envía un Comando de Liberación de Contexto de UE al eNodeB, cambiando la UE de ECM-Conectado a ECM-Inactivo. El contexto de la UE se retiene en el MME y la UE permanece registrada. Usa esto para liberar recursos de radio para un suscriptor inactivo.

Offload

Mueve una UE a un MME diferente o fuerza una re-selecci��n enviando un Comando de Liberación de Contexto de UE con la causa `load-balancing-tau-required`. Si la UE está actualmente inactiva, se le envía una paginación primero para asegurar que la liberación se entregue.

Esto interrumpe brevemente la conexión de datos de la UE. La UE realizará un TAU y típicamente se volverá a conectar a un MME menos cargado.

Solicitar Re-Adjunción

Desconecta la UE y activa una re-adjunción inmediata enviando una Solicitud de Desconexión con re-adjunción requerida. Si la UE está actualmente inactiva,

se le envía una paginación primero.

Usa esto para forzar la re-autenticación o para aplicar un cambio de suscripción que requiera una nueva conexión.

SMS

Envía un mensaje SMS a la UE a través de la interfaz NAS (SMS-a-través-de-NAS). Si la UE está actualmente inactiva, se le envía una paginación primero antes de entregar el mensaje.

Completa:

- **MSISDN del Remitente** - El número que aparecerá como el remitente del mensaje (solo dígitos)
- **Mensaje** - El cuerpo del texto SMS

Eliminar UE

Elimina todo el contexto almacenado para esta UE de inmediato. La UE necesitará realizar un procedimiento de conexión completo para reconectarse. Esto no envía ninguna señalización a la UE o eNodeB - es solo una eliminación de estado local.

Usa esto para limpiar un contexto obsoleto o atascado que está impidiendo una conexión normal.

Gestión de eNodeBs

La página de **eNodeBs** muestra los contextos de eNodeB actuales y su estado de conexión S1.

Cuando una asociación SCTP falla o se cierra, el MME elimina su entrada de eNodeB y libera las portadoras de acceso de UE afectadas. El eNodeB aparece nuevamente cuando se reconecta.

Resumen del Estado de eNB

Estado	Significado
Conectado	Asociación SCTP activa; Configuración S1 completada
Desconectado	Configuración S1 aún no completada

Vista Detallada de eNB

Haz clic en cualquier fila de eNB para expandir su vista detallada:

Sección	Contenidos
Información Básica	PLMN, DRX de Paginación Predeterminado, DRX de Paginación NB-IoT, capacidad de MME anunciada
Detalles de Conexión	ID de asociación SCTP, dirección/puerto local y remoto, conteos de flujo, estado y historial SCTP
Configuración de TAI	TAIs anunciados por el eNB y el subconjunto aceptado por el MME
e-gNBs Conectados	Nodos secundarios 5G NR (e-gNBs) conectados a este eNB para operación NR-NSA

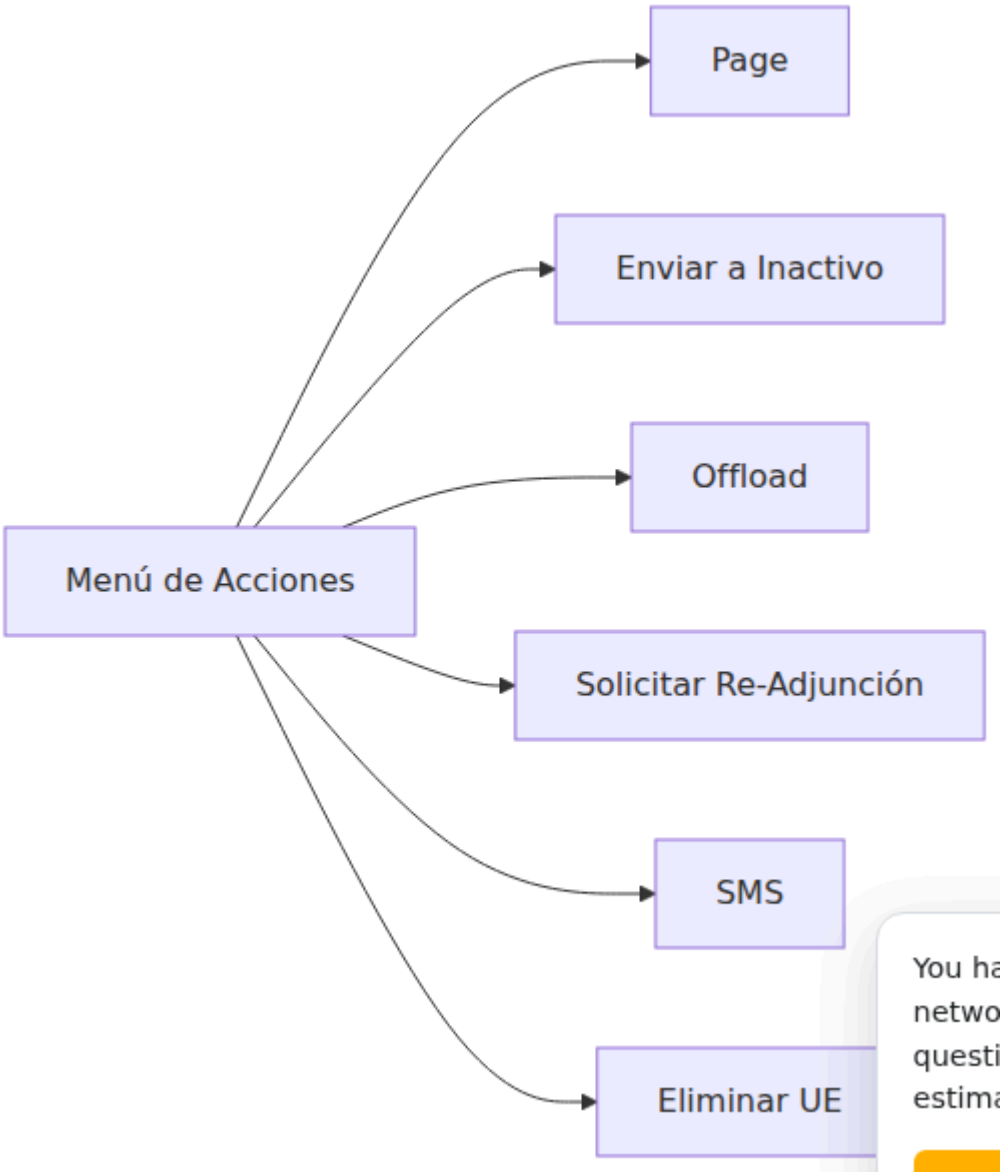
Actualizando la Capacidad de MME Anunciada

OmniMME puede instruir a un eNodeB para usar un valor diferente de **capacidad relativa de MME** sin requerir un reinicio. Esto es útil para un balanceo de carga suave o drenajes de mantenimiento.

1. Abre el menú de acciones (⋮) junto al eNB - solo disponible cuando el eNB está **Conectado**.
2. Selecciona **Actualizar Capacidad**.
3. Ingresa un valor entre 0 y 255.

4. Haz clic en **Enviar al eNB**.

OmniMME envía un mensaje de Actualización de Configuración de MME al eNB con la nueva capacidad relativa. El cambio entra en efecto inmediatamente en el lado del eNB, pero vuelve al valor en `runtime.exs` al reiniciar el MME.



Estado de Pares de Diámetro

La página de **Diameter** muestra todos los pares de Diámetro configurados y su estado de conexión actual.

Para cada par, se muestra lo siguiente:

Campo	Descripción
Host	Identidad de Diámetro (Origin-Host) del par
Estado	Estado de conexión actual: Conectado, Desconectado o Conectando
IP / Puerto	Dirección de red del par
Transporte	TCP o SCTP
Iniciación de Conexión	Si OmniMME inicia (`outbound`) o acepta (`inbound`) la conexión
Dominio	Dominio de Diámetro reportado por el par en CEA
Nombre del Producto	Cadena de producto del proveedor reportada por el par en CEA
IDs de Aplicación	IDs de aplicación de Diámetro negociados en CEA

Expande una fila de par para ver el detalle completo de la conexión.

Un despliegue saludable requiere que todos los pares S6a configurados se muestren como **Conectados**. La pérdida de todos los pares S6a impedirá que los nuevos procedimientos de conexión de UE completen la autenticación.

Servicios de Localización

La página de **Localización** proporciona posicionamiento de plano de control (LCS) para UEs registradas. Está disponible solo cuando la interfaz SLs al E-SMLC está habilitada (`esmlc.enabled`, consulta la Referencia de Configuración); los resultados de posicionamiento provienen del E-SMLC a través de SLs (LCS-AP), con mediciones recopiladas del eNB (LPPa) y/o de la UE (LPP).

En la parte superior de la página, los conteos en vivo muestran **Total**, **Conectados**, **Inactivos** y **Localizados** UEs. La búsqueda coincide con IMSI, MSISDN o ID S1AP de UE MME.

Métodos de Posicionamiento

Selecciona el método antes de solicitar una ubicación:

Método	Fuente	Precisión típica	Notas
ID de Celda	Celda de servicio (ECGI) y área de seguimiento (TAI)	Nivel de celda	Más rápido; no se requiere campaña de medición de UE/eNB.
E-CID (ID de Celda Mejorado)	Mediciones de eNB a través de LPPa (TS 36.455)	Decenas–cientos de m	Cantidades seleccionables: ID de Celda, Tipo de TA 1, Tipo de TA 2, Ángulo de Llegada, RSRP, RSRQ.
GNSS (GPS)	UE GPS a través de LPP (TS 36.355)	10–50 m	Más preciso; requiere soporte LPP de UE y visibilidad GPS.
OTDOA	PRS de eNB + diferencias de tiempo de UE a través de LPP	Decenas de m	Requiere múltiples celdas con PRS habilitado.

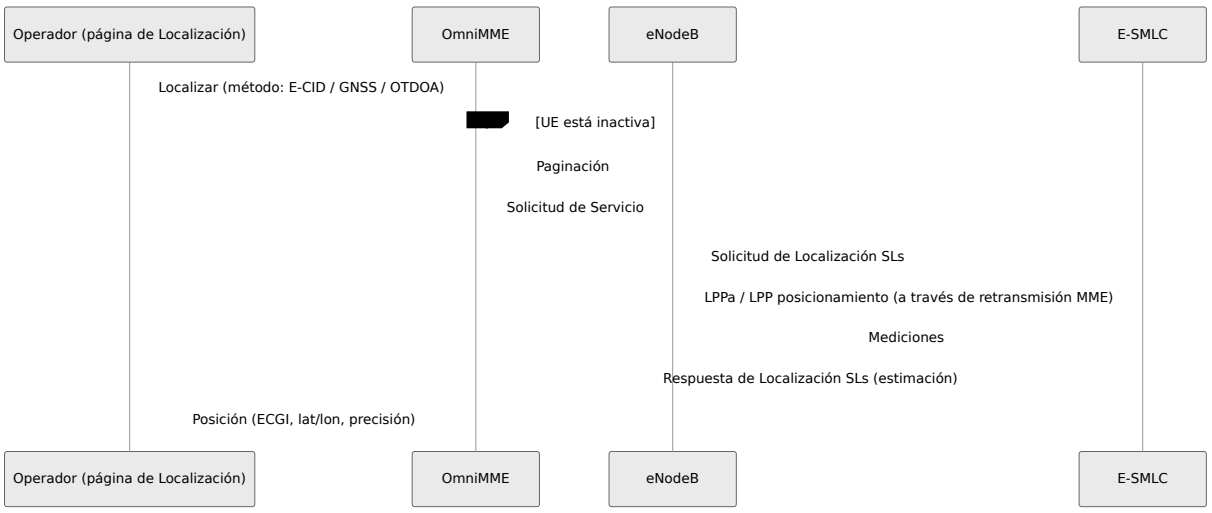
Para E-CID, utiliza los interruptores de cantidad de medición para controlar qué cantidades solicita el E-SMLC.

Solicitar una Ubicación

Acción	Comportamiento
Localizar	Ejecuta una solicitud de posicionamiento en vivo utilizando el método seleccionado. Si la UE está inactiva, se le envía una paginación primero. El resultado se obtiene de manera asíncrona y la fila se actualiza cuando llega.
En Caché	Devuelve la última ubicación conocida de la UE (ECGI de servicio + TAI) sin contactar al E-SMLC o paginar a la UE.

El panel de resultados muestra ECGI, TAI, latitud/longitud/altitud, incertidumbre y confianza; detalle de medición E-CID (celda, TAC, tipos de TA, AoA, RSRP, RSRQ); e información de celda OTDOA (PCI, EARFCN, ancho de banda/configuración de PRS). Cuando están presentes las coordenadas GNSS, se muestra un pin de mapa incrustado.

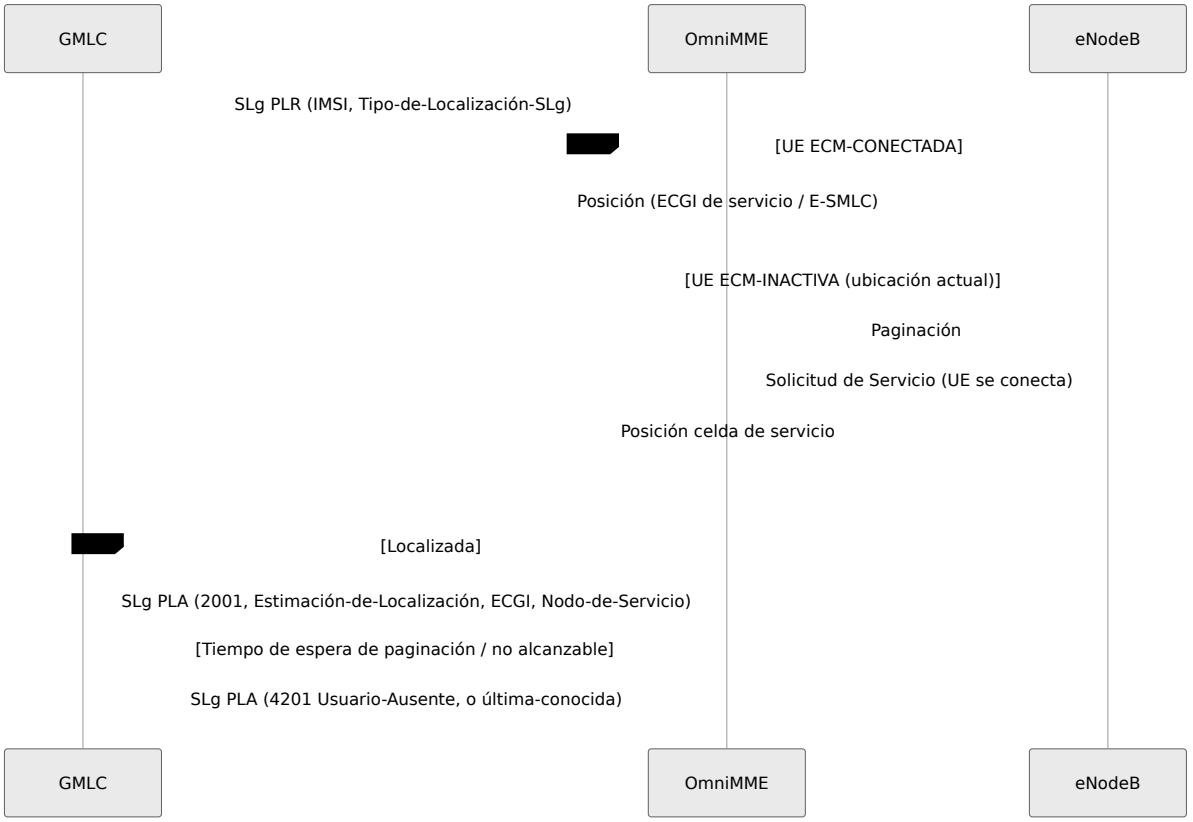
Una solicitud de **Localizar** sigue el flujo de LCS de plano de control: el MME impulsa el E-SMLC a través de SLs, que a su vez recopila mediciones del eNB (LPPa) y/o de la UE (LPP).



Solicitud de Localización SLg (desde un GMLC)

Cuando un GMLC envía una **Solicitud de Proveer Localización (PLR)** a través de SLg (TS 29.172), el MME resuelve la ubicación del suscriptor y

responde con una **Respuesta de Proveer Localización (PLA)**. Para una solicitud de *ubicación actual* de una UE inactiva, el MME primero envía una paginación a la UE (activada por la red), luego la posiciona:



- Los tipos de ubicación **Actual / Inicial / Verificación-de-notificación** envían una paginación a una UE inactiva (limitada por T3413), luego devuelven la celda de servicio. En caso de tiempo de espera de paginación, retroceden a la última conocida para *actual-o-última-conocida*, o `DIAMETER_ERROR_ABSENT_USER` (4201) para estrictamente actual.
- **Actual-o-última-conocida** devuelve el ECGI/TAI de servicio en caché sin paginar cuando no hay una fijación en vivo disponible.
- Códigos de resultado: `2001` éxito, `5001` usuario desconocido, `4201` ausente/no alcanzable, `4260` fallo-método-de-posicionamiento.

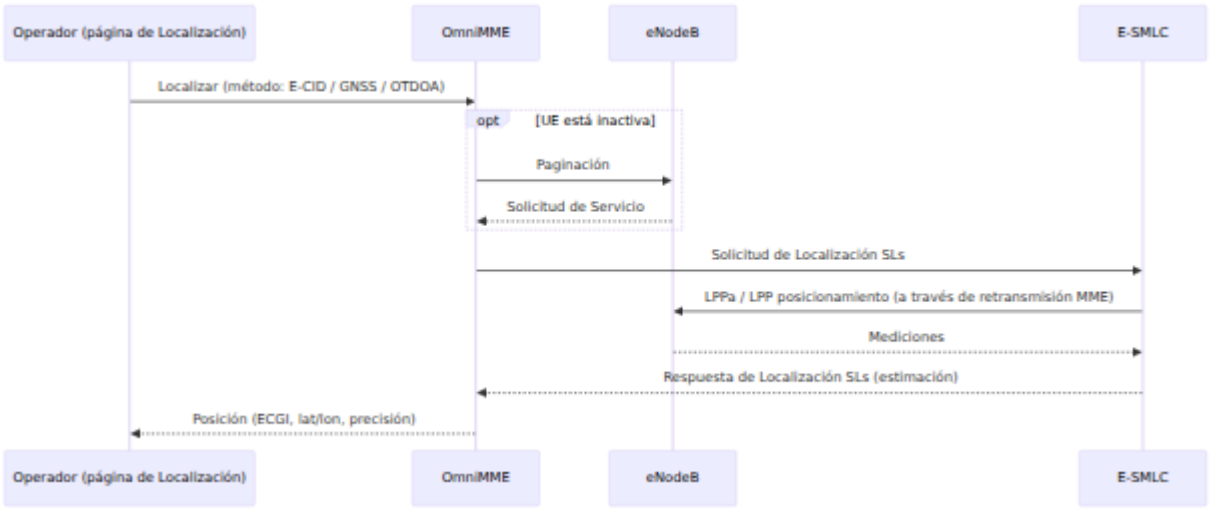
> Cuando `esmlc.enabled` está configurado, la PLR se satisface a través de la ruta de posicionamiento SLs/E-SMLC anterior; de lo contrario, el MME responde desde su propio estado de celda de servicio / última conocida.

Transferencia Inter-MME S10

La página de **S10** es un monitor de solo lectura para la movilidad inter-MME - transferencia de contexto en modo inactivo (TAU de GUTI extranjero) y Relocalización en modo conectado - a través de la interfaz GTP-C S10, además de la interoperabilidad N26 con 5GS. Consulta MME Vecino (S10) para la configuración.

Para la transferencia S1, un eNodeB objetivo es local solo mientras su asociación SCTP esté establecida. Si su asociación local anterior falló, el MME utiliza la selección de MME objetivo S10 porque otro MME puede ahora servir a ese eNodeB. Si el descubrimiento falla o el MME objetivo rechaza la relocalización, el eNodeB fuente recibe un Fallo de Preparación de Transferencia. Consulta TS 23.401 §5.5.1.2.2.

Cuando una UE llega a un TAU presentando un GUTI que pertenece a otro MME (un GUTI *extranjero*), OmniMME extrae el contexto de la UE del MME anterior a través de S10 en lugar de rechazarlo:



Descubrimiento de Vecinos

Muestra el `selection_method` configurado (basado en DNS S-NAPTR o pares estáticos) y, para la configuración estática, la lista de pares MME vecinos: **Host**, **IP** y **Puerto**.

Transferencias Activas

Lista las relocalizaciones S10/N26 en progreso con un conteo en vivo, cada fila mostrando:

Campo	Descripción
IMSI	Suscriptor que se está relocalizando.
ID S1AP de UE MME	Identificador S1AP local para el contexto de la UE.
Fase	Etapa de relocalización - por ejemplo, adquiriendo-contexto, preparando-relocalización, relocalización-completa.

No hay acciones de operador en esta página; la descarga forzada a un MME par se realiza a través de la API REST.

API REST

La API REST (`https://<mme-host>:8443`) proporciona acceso programático para la integración y automatización OSS/BSS. La documentación interactiva está disponible en `/api/swagger`.

Endpoints de UE

Listar UEs

```
GET /api/ues
```

Parámetros de consulta:

Parámetro	Tipo	Descripción
`search`	String	Filtrar por IMSI, MSISDN, IMEISV, ID S1AP de UE MME, ID S1AP de UE eNB o nombre de eNB
`status`	String	Filtrar por estado: `connected`, `idle` o `disconnected`
`page`	Integer	Número de página (predeterminado: 1)
`per_page`	Integer	Resultados por página (predeterminado: 50)

Respuesta:

```
{
  "data": [ ... ],
  "page": 1,
  "per_page": 50,
  "total": 142,
  "total_pages": 3
}
```

Cada objeto UE en `data` incluye: `context_id`, `imsi`, `imeisv`, `msisdn`, `mme_ue_s1ap_id`, `enb_ue_s1ap_id`, `global_enb_id`, `enb_name`, `emm_state`, `ecm_state`, `current_tai`, `current_ecgi`, `guti`, `s_tmsi`, `ue_ambr`, marcas de tiempo, `session_contexts`, `esm_procedures` y `apn_configuration_profile`.

Obtener UE por ID de Contexto

```
GET /api/ues/:context_id
```

Devuelve un solo objeto de contexto de UE. Devuelve `404` con `{"error": "not_found"}` si el ID de contexto no existe.

Acciones de UE

```
POST /api/ues/:ue_id/actions
```

Realiza una acción de operador en una UE - el equivalente de API del menú de acciones de la página de UEs.

Parámetros del cuerpo:

Parámetro	Tipo	Descripción
`action`	String	Uno de `page`, `send_to_idle`, `offload`, `delete`, `request_reattach`, `send_sms`.
`paging_type`	String	Para `page`: `s_tmsi` (predeterminado) o `imsi`.
`sender_msisdn`	String	Para `send_sms`: el número del remitente mostrado a la UE (solo dígitos).
`text`	String	Para `send_sms`: el cuerpo del mensaje.

Las UEs inactivas se envían primero a paginación donde la acción requiere una ruta NAS. Consulta Acciones de UE para el comportamiento de cada acción.

Endpoints de eNodeB

Listar eNodeBs

```
GET /api/enodebs
```

Parámetros de consulta: `status` - `connected` o `disconnected`.

Obtener eNodeB

```
GET /api/enodebs/:id
```

Devuelve un solo contexto de eNodeB por ID global de eNB.

Acciones de eNodeB

```
POST /api/enodebs/:enodeb_id/actions
```

Parámetros del cuerpo:

Parámetro	Tipo	Descripción
`action`	String	Actualmente `update_mme_capacity`.
`relative_mme_capacity`	Integer	Nueva capacidad relativa de MME (0–255). Envía una Actualización de Configuración de MME al eNB (consulta Actualizando la Capacidad de MME Anunciada).

Endpoints de Diámetro

```
GET /api/diameter
GET /api/diameter/:id
```

Lista pares de Diámetro (opcionalmente filtrados por `status`), o recupera uno por host. Refleja la página de Diámetro.

Endpoints de Par SGW

```
GET /api/sgw_peers
GET /api/sgw_peers/:id
```

Lista los pares S-GW que actualmente anclan sesiones S11, o recupera uno por IP. Útil para confirmar la distribución de sesiones y el estado de recuperación de pares.

S10 / Transferencia Inter-MME

```
GET  /api/s10
POST /api/s10/offload
```

`GET /api/s10` devuelve el estado de descubrimiento de vecinos S10/N26 y la lista de transferencias activas (refleja la página S10).

`POST /api/s10/offload` descarga forzosamente a un suscriptor a un MME par. Cuerpo: `imsi` (requerido). Para una UE conectada, esto realiza una relocalización en modo conectado y espera a que se complete; una UE inactiva se marca para que se libere con `load-balancing-TAU-required` en su próxima Solicitud de Servicio o TAU (no se le envía paginación para descargar, según TS 23.401 §4.3.7.3). La descarga de una UE con una portadora dedicada/GBR es rechazada (causaría la caída de la llamada) - usa en su lugar una transferencia S1 en modo conectado.

Reasignación de GUTI

```
POST /api/guti/reallocate
```

Activa el procedimiento de Reasignación de GUTI (TS 24.301) para una UE. Cuerpo: `imsi` (requerido). La UE debe estar **conectada** - no hay ruta NAS a una UE inactiva, por lo que se rechaza una solicitud para una UE inactiva/desconocida.

Pruebas de DNS / Ruta

```
POST /api/dns-test/pgw
POST /api/dns-test/sgw
POST /api/dns-test/mme
```

Ejecuta pruebas del pipeline de selección de P-GW / S-GW / MME objetivo para un suscriptor dado - construye el FQDN, lo resuelve a través de DNS (S-NAPTR, sobre TCP), y aplica el método de selección configurado - y devuelve **lo**

que se seleccionaría, sin adjuntar un suscriptor, enviar ningún GTP-C, o cambiar el estado. Úsalo para validar la configuración de DNS y enrutamiento (nuevas agrupaciones de puerta de enlace, reemplazo de APN-OI, hogar vs itinerante, rutas específicas de PLMN) como una verificación segura y repetible antes del cambio, en lugar de adjuntar una UE en vivo y leer la elección de los registros.

La prueba en seco utiliza el **mismo código de selección que la ruta de conexión en vivo**, por lo que su resultado coincide con lo que obtendría un suscriptor real.

Cuerpo de solicitud (JSON) - proporciona el PLMN ya sea explícitamente (`mcc`/`mnc`) o como un `imsi` para derivarlo:

Campo	PGW	SGW	MME	Descripción
`apn`	requerido	–	–	Identificador de Red APN (por ejemplo, `ims`) o un APN-FQDN completo
`tac`	–	requerido	requerido	Código de Área de Seguimiento del TAI objetivo
`imsi`	opcional	opcional	opcional	Deriva `mcc`/`mnc` y la clasificación de hogar/itinerante (como lo hace la conexión)
`mcc`, `mnc`	opcional	opcional	opcional	PLMN de servicio/objetivo cuando no se proporciona `imsi`
`subscriber_type`	opcional	opcional	–	`home` o `roaming` anula la clasificación derivada
`apn_oi_replacement`	opcional	–	–	Activa la ruta de Reemplazo APN-OI de la puerta de enlace de hogar

```
curl -sk -X POST https://<mme>:8443/api/dns-test/pgw \
  -H 'content-type: application/json' \
  -d '{"apn":"ims","imsi":"001010000004157"}'
```

La respuesta expone cada etapa para que sea diagnosticable, no solo la IP final:


```
{
  "node": "PGW",
  "subscriber_type": "home",
  "selection_method": "dns_lookup",
  "fqdn": "ims.apn.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  "attempts": [{"dns_server": "10.103.1.53", "fqdn": "...",
"candidate_count": 2}],
  "candidates": [{"host": "pgw01...", "ips": ["10.103.1.21"],
"port": 2123, "service": "x-3gpp-pgw:x-s5-gtp"}],
  "selected": {"host": "pgw01...", "ip": "10.103.1.21", "port":
2123},
  "notes": []
}
```


`candidates` es la lista resuelta en orden de selección; `selected` es el par que sería elegido (para grupos de peso/prioridad, esta es una selección ponderada - la lista completa de `candidates` es la vista determinista). `notes` señala retrocesos como la falta de candidatos resueltos. Para un grupo de `random_peer` (estático), `candidates` es el grupo configurado y `fqdn` es `null`.

Sistema

```
GET /api/status
```

Verificación de salud; devuelve `{"result": "ok"}` cuando la API está en servicio.

Referencia de Estados de UE

OmniMME rastrea dos máquinas de estado independientes por UE:



Estados EMM (Gestión de Movilidad EPS):

Estado	Significado
`emm_registered`	UE se ha adjuntado con éxito. Autenticación y recuperación de suscripción completadas.
`emm_deregistered`	UE se ha desconectado o ha sido desconectado implícitamente. El contexto aún puede ser retenido por un corto período.

Estados ECM (Gestión de Conexión EPS):

Estado	Significado
`ecm_connected`	Asociación S1AP activa entre MME y eNodeB para este UE. Plano de datos activo.
`ecm_idle`	Asociación S1AP liberada. Contexto de UE retenido en MME. UE alcanzable a través de paginación.

El estado ECM solo es significativo cuando `emm_state` es `emm_registered`. Un UE `emm_deregistered` no tiene un estado ECM significativo.

Solución de Problemas

UEs Incapaces de Adjuntarse

Síntomas: Nuevas solicitudes de adjunto fallan; los UEs muestran errores de autenticación o rechazo.

Causas posibles:

- Par Diameter S6a desconectado - HSS inalcanzable para autenticación
- PLMN de hogar mal configurado - El PLMN IMSI del UE no coincide con `home_plmn` en la configuración
- Verificación de equipo S13 bloqueada - dispositivo IMEISV clasificado como en la lista negra
- TAI servido no incluye el TAC del eNB - TAI del eNB no aceptado durante la Configuración S1

Resolución:

1. Verifique la página Diameter en el Panel de Control - todos los pares S6a deben mostrar Conectado.
2. Verifique que `home_plmn` coincida con el MCC/MNC codificado en las SIMs de los suscriptores.
3. Si `s13.enabled` es `true`, confirme que `allowed_equipment_status` incluya la clasificación esperada.
4. Verifique la vista de detalles del eNB → sección de Configuración TAI para confirmar que el TAC del UE que se está adjuntando aparece en la lista de TAI aceptados.

---

eNodeB Desconectándose Frecuentemente

Síntomas: El estado del eNB fluctúa entre Conectado y Desconectado; los UEs experimentan sesiones caídas.

Causas posibles:

- Inestabilidad en la ruta de red entre MME y eNB
- Desajuste de MTU que causa problemas de fragmentación SCTP
- MME sobrecargado - latencias en los latidos SCTP

Resolución:

1. Verifique la calidad de la ruta de red entre `s1ap.listen_ip` y la IP del eNB mostrada en los Detalles de Conexión.
2. Verifique que el tráfico SCTP (protocolo IP 132) no esté siendo bloqueado o NAT'd en la ruta.
3. Revise las métricas de BEAM (`beam_processes_count`, `beam_memory_total`) en busca de signos de agotamiento de recursos.

Fallo en la Entrega de SMS

Síntomas: La acción de SMS devuelve "UE pagado, pero sin respuesta."

Causas posibles:

- UE realmente inalcanzable (apagado, fuera de cobertura)
- UE no soporta SMS sobre NAS
- Área de paginación mal configurada - la lista de TAI no cubre el último TAI conocido del UE

Resolución:

1. Verifique el último TAI conocido del UE y confirme que el TAC esté en `served_tai`.
2. Verifique que el eNB que sirve ese TAC esté actualmente Conectado.
3. Confirme que la suscripción del UE soporte SMS sobre NAS.

Acumulación de Contextos de UE Obsoletos

Síntomas: `mme_ue_count` crece con el tiempo, pero los recuentos de conectados/inactivos permanecen estables; muchos contextos en estado

Desconectado.

Causas posibles:

- Los UEs inactivos no se están desconectando implícitamente - por ejemplo, los temporizadores de Alcance Móvil / Desconexión Implícita están configurados mucho más largos que el intervalo TAU periódico, o los UEs están saliendo de cobertura sin desconectarse.

Resolución:

1. El ciclo de vida del contexto de UE está gobernado por los temporizadores de Alcance Móvil y Desconexión Implícita (ver Referencia de Configuración). Un UE que se pierde su TAU periódico (`t3412`) se desconecta implícitamente y su contexto se elimina una vez que estos temporizadores expiran.
2. Para redes de alta rotación, revise `t3412` y el `mobile_reachable_timer` / `implicit_detach_timer` derivado para que los contextos obsoletos sean desalojados en una escala temporal que se ajuste a su base de suscriptores.
3. Los contextos obsoletos individuales pueden ser eliminados inmediatamente a través de la acción **Eliminar UE** en el Panel de Control, o `POST /api/ues/:ue_id/actions` con `action: "delete"`.

> La configuración heredada `persistent_emm_deregistered_cleanup_interval` / `persistent_ecm_idle_cleanup_interval` ya no tiene efecto - vea la nota bajo Parámetros Centrales de MME.

Roaming

Esta guía cubre cómo OmniMME maneja suscriptores de **roaming entrante** — UEs cuyo IMSI pertenece a otro PLMN — y cómo mantiene el tráfico de roaming en puertas de enlace dedicadas y orientadas a la frontera.

Para cada Attach y Actualización de Área de Seguimiento, el MME toma una decisión que impulsa todo lo demás en esta página: ¿es este suscriptor **local** o **roaming**? Esa clase luego selecciona qué Puerta de Enlace de Servicio (SGW) y Puerta de Enlace de Datos de Paquete (PGW) ancla la sesión, qué grupo de DNS se consulta y qué frontera interoperadora cruza el tráfico.

Tabla de Contenidos

- Clasificación de Local y Roaming
- Fallback Fuera de Red para PLMN Desconocido
- Selección de SGW y PGW
- Resolución DNS EPC
- SGWs de Roaming Dedicados
- Archivo de Sobrescritura de PLMN del Operador
- API de Búsqueda de Operador IMSI
- Solución de Problemas

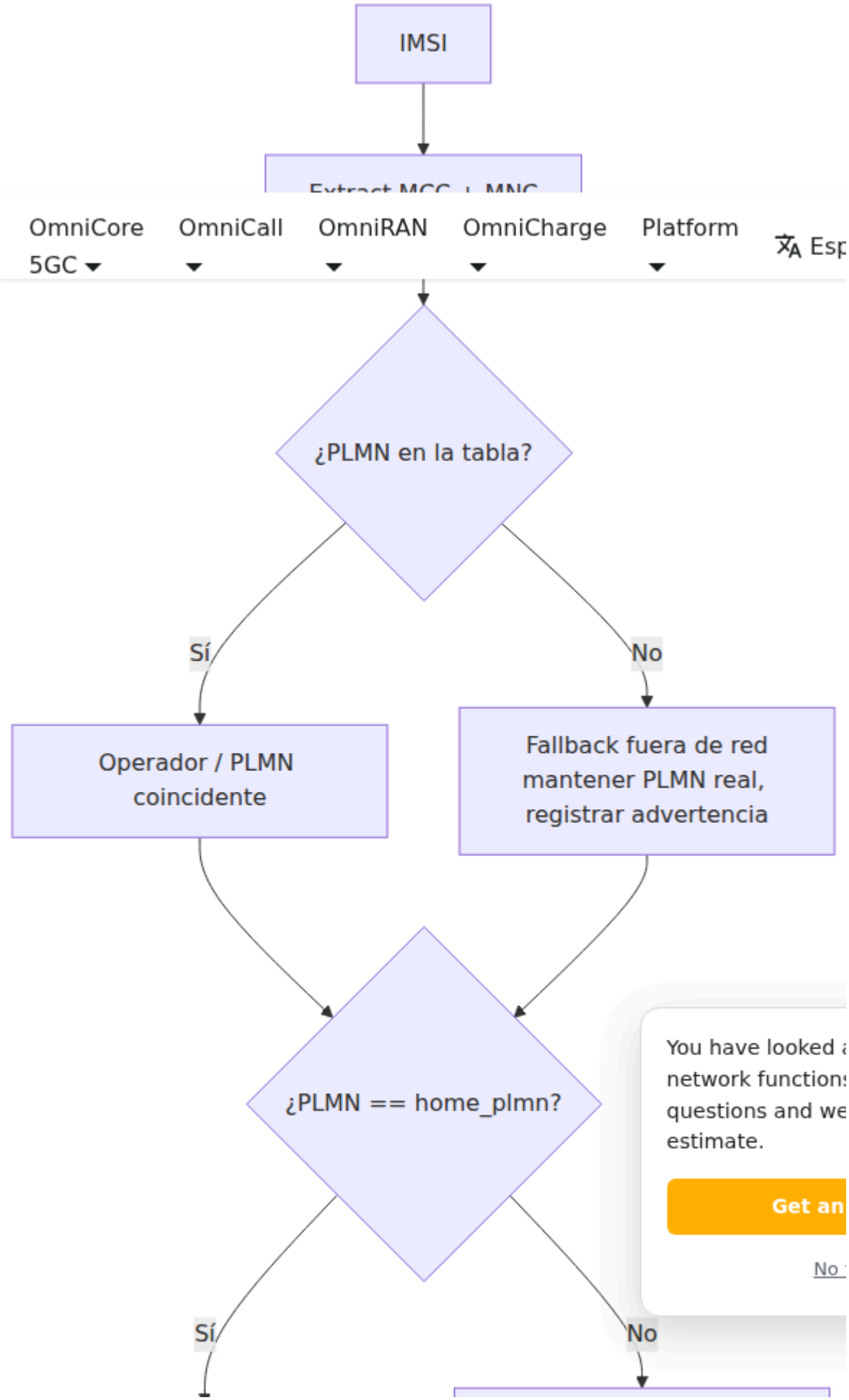
Clasificación de Local y Roaming

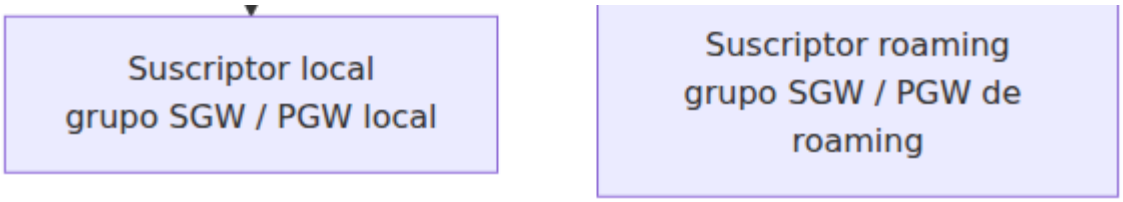
Los dígitos principales del IMSI son el PLMN del suscriptor: un código de país móvil (MCC) de tres dígitos seguido de un código de red móvil (MNC) de dos o tres dígitos, según TS 23.003 §2.2. OmniMME resuelve esto contra su tabla de referencia de PLMN — la base de datos global de operadores enviada más cualquier sobrescritura de operador — para recuperar el nombre del operador, el país y la longitud del MNC:

1. Los primeros **seis** dígitos se buscan como un PLMN de MNC de tres dígitos.

2. Si eso falla, los primeros **cinco** dígitos se buscan como un PLMN de MNC de dos dígitos.
3. Si ambos fallan, se aplica el fallback fuera de red.

El PLMN coincidente se compara con el `home_plmn` configurado. Si el MCC **y** el MNC coinciden, el suscriptor es **local**; de lo contrario, es **roaming**. Esta única clasificación alimenta la selección de SGW, la selección de PGW, el DNS / grupo de pares elegido por el `tipo` del suscriptor y el sufijo APN-OI.


IMSI
OmniCore 5GC
OmniCall
OmniRAN
OmniCharge
Platform
¿PLMN en la tabla?
Sí
No
Operador / PLMN coincidente
Fallback fuera de red mantener PLMN real, registrar advertencia
¿PLMN == home_plmn?
Sí
No



> Los ejemplos en esta página asumen que `home_plmn` está configurado en MCC `001` / MNC `01` (`Ejemplo de Red Local`), con `Ejemplo de Socio de Roaming` (MCC `999` / MNC `970`) como un roaming entrante.

Fallback Fuera de Red para PLMN Desconocido

Cuando el PLMN de un suscriptor **no** está presente en la tabla — un socio de roaming o red privada que no ha sido agregado — OmniMME **no** asume que el suscriptor es local. Mantiene el MCC/MNC real del suscriptor tomado directamente del IMSI, por lo que el suscriptor se clasifica correctamente como **roaming** y se enruta al grupo de puerta de enlace de roaming en lugar de a una puerta de enlace local.

Debido a que un IMSI por sí solo no indica si su MNC tiene dos o tres dígitos, la longitud del MNC se infiere de otras filas que comparten el mismo MCC (la longitud del MNC es consistente dentro de una región de MCC según TS 23.003), predeterminando a tres dígitos cuando el MCC es completamente desconocido.

Cada fallback fuera de red se registra como `advertencia` para que los operadores puedan ver exactamente qué PLMN falta y debe ser agregado al archivo de sobrescritura:

```
level=warning msg="IMSI PLMN not in PLMN table; classifying
subscriber as off-net (roaming)"
  protocol=s1ap imsi=999970000000001 mcc=999 mnc=970 mnc_length=3
inferred=true
```

Un operador de roaming que **sí** está en la tabla (coincidente, pero no el PLMN local) no produce esta advertencia — se espera que sea roaming. La

advertencia señala específicamente los PLMNs de los que el MME no tiene registro, que es la causa más común de que un roaming sea mal enroutado.

Selección de SGW y PGW

Una vez clasificada, la sesión se ancla en puertas de enlace elegidas para ese tipo de suscriptor:

Clase	Grupo SGW	Interfaz PGW	Servicio DNS PGW
Local	SGWs Locales	S5	`x-3gpp-pgw:x-s5-gtp`
Roaming	SGWs de Roaming	S8	`x-3gpp-pgw:x-s8-gtp`

La conectividad PDN de roaming es **enrutada a casa** (TS 23.401 §4.3): el SGW de la red visitada se conecta a través de **S8** al PGW **local** del roaming, por lo que el tráfico del roaming se descompone en su red local. Los suscriptores locales utilizan **S5** a un PGW local.

Cada puerta de enlace se selecciona por uno de dos métodos, configurables globalmente o **por tipo de suscriptor** (`%{home: ..., roaming: ...}`):

Método	Comportamiento
`:random_peer`	Elegir al azar entre los pares configurados estáticamente cuyo `tipo` coincide con la clase del suscriptor (`:home`, `:roaming`, o `:home_and_roaming`).
`:dns_lookup`	Resolver una consulta DNS de topología contra los servidores DNS cuyo `tipo` coincide con la clase del suscriptor. Ver Resolución DNS EPC.

Un despliegue común utiliza pares estáticos para suscriptores locales y DNS para roaming entrante, de modo que los socios de roaming puedan publicar su propia topología a través de DNS. Los parámetros `selection_method`, `peers` y

`dns` están documentados en las secciones de Puerta de Enlace de Servicio y PGW de la Referencia de Configuración.

Resolución DNS EPC

La selección basada en DNS sigue el procedimiento Straightforward-NAPTR (S-NAPTR) de TS 29.303, resolviendo un nombre de servicio a una dirección de nodo concreta a través de una cadena NAPTR → SRV → A/AAAA.

SGW (S11). El MME construye un **TAI-FQDN** a partir del área de seguimiento del UE y el PLMN:

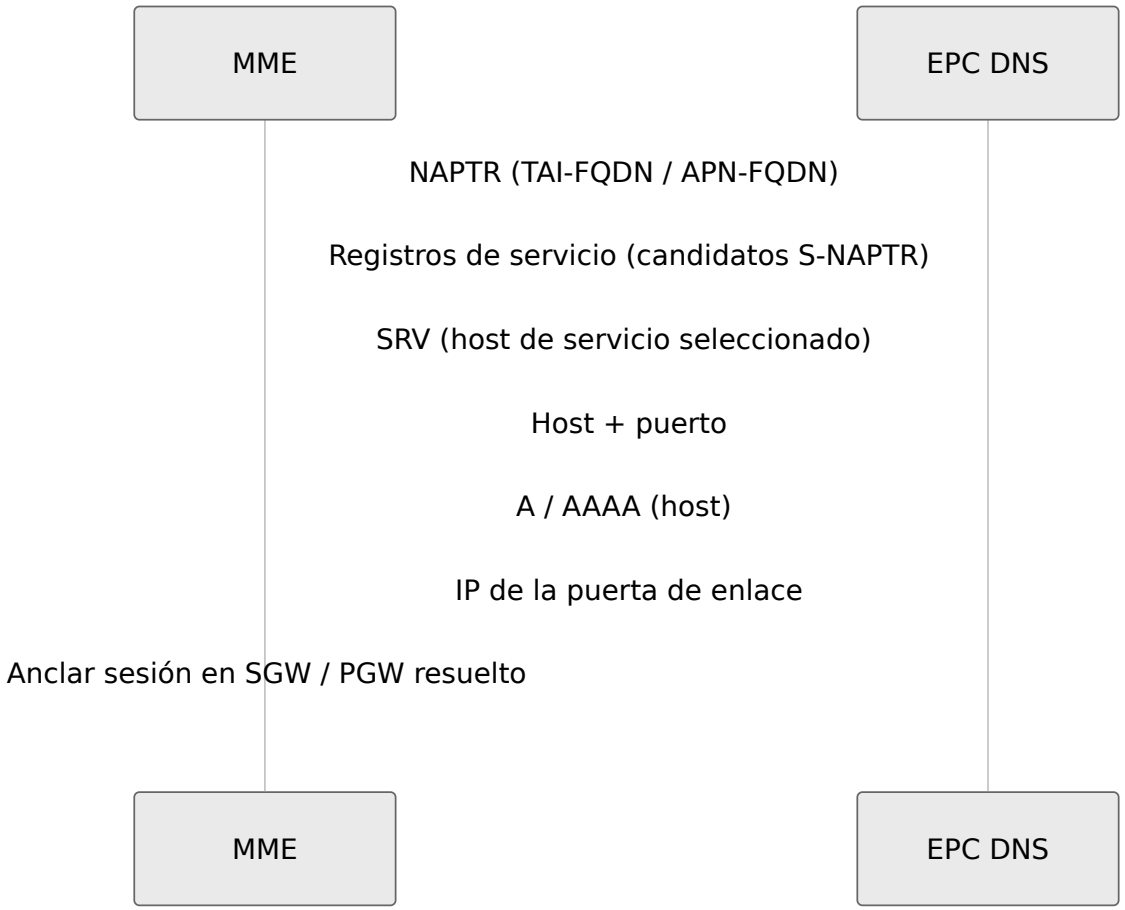
```
tac-lb<low-byte>.tac-hb<high-
byte>.tac.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.3gppnetwork.org
```

y ejecuta S-NAPTR para el servicio `x-3gpp-sgw:x-s11`. Si el SGW publica solo sus registros S5/S8 en ese nombre, el MME toma el nombre de nodo canónico del SGW (eliminando las etiquetas de topología `topon`/`topoff` según TS 29.303 §4.3.2) y ejecuta un segundo S-NAPTR para `x-s11` contra él.

PGW (S5/S8). El MME construye un **APN-FQDN** a partir del APN solicitado y el PLMN:

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

y ejecuta S-NAPTR para `x-3gpp-pgw:x-s5-gtp` (local) o `x-3gpp-pgw:x-s8-gtp` (roaming).



Las etiquetas de PLMN (`mnc<MNC>.mcc<MCC>`) siempre llevan el **real** PLMN del suscriptor, por lo que la consulta de un roaming se resuelve contra su topología local o de socio — nunca la de la red visitada. Cuando un nodo S-NAPTR devuelve tanto direcciones IPv4 como IPv6, la preferencia `dns_ip_version` decide qué familia se utiliza, manteniendo la otra como respaldo. Los grupos de servidores DNS están etiquetados `:home` / `:roaming` / `:home_and_roaming`, por lo que las búsquedas locales y de roaming pueden enviarse a resolutores completamente separados. Ver Parámetros DNS para la configuración.

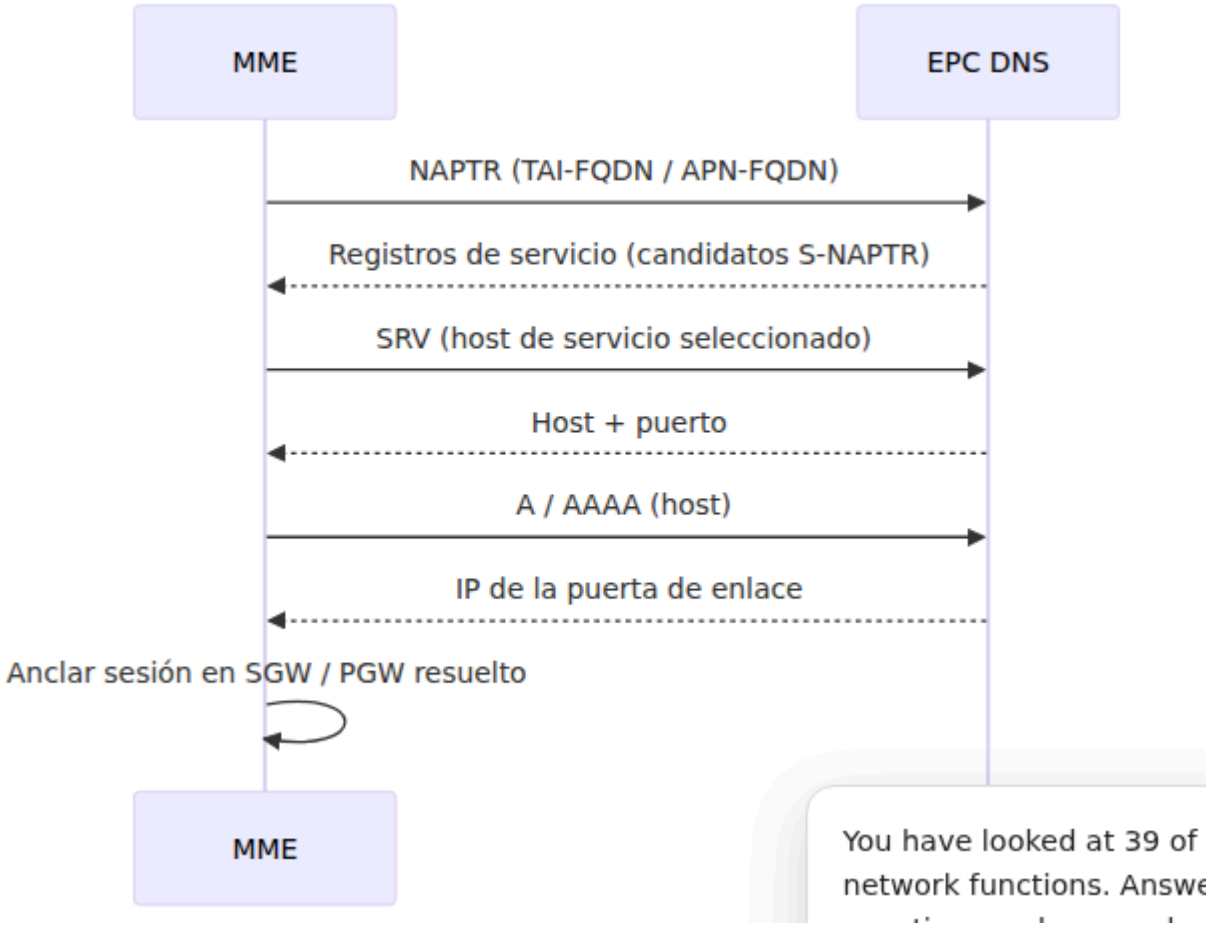
SGWs de Roaming Dedicados

Los SGWs de roaming se mantienen deliberadamente **separados** de los SGWs locales y son las únicas puertas de enlace expuestas en el borde de la red a los socios de roaming.

En el roaming enrutado a casa, el SGW visitado debe alcanzar el PGW **local** del roaming a través de la frontera interoperadora (la red IPX/GRX, según GSMA

IR.88). Esa es una conexión externa, orientada a socios. Al dedicar un grupo de SGWs al roaming y dirigir solo a los roaming hacia ellos, el operador:

- **Limita la exposición** — solo los SGWs de roaming son accesibles desde la frontera inter-PLMN; los SGWs locales (y el resto del núcleo) permanecen internos e inaccesibles desde las redes de socios.
- **Oculta la topología** — los socios y el IPX ven un pequeño conjunto fijo de nodos de borde, no la disposición interna de la puerta de enlace del operador.
- **Simplifica la frontera** — el cortafuegos inter-PLMN, IPsec y la limitación de tasas se aplican a un grupo de borde conocido y contenido en lugar de a toda la propiedad de SGW.
- **Contiene el radio de explosión** — una conexión de roaming comprometida o abusada se confina a los SGWs de borde.



La clasificación de local/roaming del MME es el punto de control que hace que esto funcione: es lo que dirige a un roaming entrante hacia el grupo de SGW de roaming expuesto en el borde y mantiene a los suscriptores locales en el grupo local interno. Un roaming mal clasificado (por ejemplo, uno confundido con un

suscriptor local porque su PLMN falta en la tabla) se anclaría en un SGW local interno — derrotando la separación — que es exactamente por qué el fallback fuera de red clasifica PLMNs desconocidos como roaming y advierte.

Archivo de Sobrescritura de PLMN del Operador

OmniMME envía una base de datos global de PLMN que cubre operadores conocidos. Los operadores agregan sus propias entradas — correcciones de PLMN local, socios de roaming, redes privadas — a través de un archivo de sobrescritura opcional, sin reconstruir o redeplegar la versión.

```
config :mme,
  plmn_override_path: "/etc/omnimme/plmn.exs"
```

Parámetro	Tipo	Requerido	Predeterminado	D
`plmn_override_path`	String	No	`/etc/omnimme/plmn.exs`	Rut de arc sob PLI por opc arc aus util val pre env car

El archivo de sobrescritura es un mapa indexado por la cadena PLMN `"<MCC><MNC>"`, en la misma forma que la tabla enviada:

```
%{
  # Agregar un socio de roaming que no está contenido en la base
de datos global
  "999970" => %{
    country: :example_country,
    operator: "Ejemplo de Socio de Roaming",
    mcc: "999",
    mnc: "970",
    mnc_length: 3
  },
  # Corregir una entrada existente reutilizando su clave PLMN
  "00101" => %{
    country: :example_country,
    operator: "Ejemplo de Red Local",
    mcc: "001",
    mnc: "01",
    mnc_length: 2
  }
}
```

Campo	Tipo	Descripción
`mcc`	String	Código de País Móvil — tres dígitos. Debe ser igual a los primeros tres dígitos de la clave PLMN.
`mnc`	String	Código de Red Móvil — dos o tres dígitos. Debe ser igual a los dígitos restantes de la clave PLMN.
`mnc_length`	Integer	Número de dígitos del MNC (2 o 3). Determina si el prefijo IMSI se coincide como cinco o seis dígitos.
`operator`	String	Nombre del operador, utilizado para visualización y en la API de búsqueda.
`country`	Atom | String	Etiqueta de país para el operador.

Semántica de sobrescritura:

- **Fusionar, no reemplazar.** La sobrescritura se fusiona *sobre* los valores predeterminados enviados. Una clave PLMN presente en la sobrescritura reemplaza esa única fila enviada; cada otra fila enviada se deja intacta. Los operadores solo mantienen sus propios deltas — no hay necesidad de copiar la base de datos global.
- **Validado.** Cada fila de sobrescritura se verifica al cargar: el MCC debe tener exactamente tres dígitos y el MNC dos o tres dígitos (TS 23.003 §2.x).
- **A prueba de fallos.** Si no se puede leer el archivo de sobrescritura, tiene un error de sintaxis o contiene una fila no válida, se ignora por completo y el MME continúa con los valores predeterminados enviados, registrando una `advertencia`. Una sobrescritura mal formada nunca puede derribar la resolución de PLMN o prevenir el arranque.

```
level=warning msg="invalid PLMN override file; using shipped
defaults only"
  path=/etc/omnimme/plmn.exs error=<reason>
```

La sobrescritura se lee al inicio y se vuelve a leer en la recarga de configuración, por lo que agregar un socio de roaming no requiere un reinicio del proceso.

API de Búsqueda de Operador IMSI

Un endpoint de solo lectura resuelve cualquier IMSI a su operador/PLMN y la clasificación de local vs. roaming que el MME aplicaría — útil para confirmar que una sobrescritura tuvo efecto o diagnosticar por qué un suscriptor se enruta a un grupo de puerta de enlace particular.

```
GET https://<mme-host>:8443/imsi/{imsi}
```

Campo	Tipo	Descripción
`imsi`	String	El IMSI que fue consultado.
`mcc`	String	Código de País Móvil coincidente (o derivado del IMSI).
`mnc`	String	Código de Red Móvil coincidente (o derivado del IMSI).
`operator`	String | null	Nombre del operador, o `null` cuando el PLMN no está en la tabla.
`country`	String | null	País del operador, o `null` cuando el PLMN no está en la tabla.
`mnc_length`	Integer	Número de dígitos del MNC (2 o 3).
`matched`	Boolean	`true` si el PLMN fue encontrado en la tabla; `false` si fue inferido del IMSI a través del fallback fuera de red.
`classification`	String	`local` o `roaming` — la clase de selección de puerta de enlace que el MME aplica a este suscriptor.

Ejemplo — un suscriptor local:

```
{
  "imsi": "001010000000001",
  "mcc": "001",
  "mnc": "01",
  "operator": "Ejemplo de Red Local",
  "country": "example_country",
  "mnc_length": 2,
  "matched": true,
  "classification": "home"
}
```


Ejemplo — un PLMN ausente de la tabla (fuera de red):


```
{
  "imsi": "999970000000001",
  "mcc": "999",
  "mnc": "970",
  "operator": null,
  "country": null,
  "mnc_length": 3,
  "matched": false,
  "classification": "roaming"
}
```


Un resultado `matched: false` clasificado como `roaming` confirma el fallback en acción: el suscriptor mantiene su PLMN real y se enruta como un roaming. Agregar ese PLMN al archivo de sobrescritura cambia `matched` a `true` y llena `operator`/`country`. Un IMSI que no tiene entre 5 y 15 dígitos devuelve `400 Bad Request`.

Solución de Problemas

Un roaming está anclado en un SGW local

Síntomas: La sesión de un suscriptor de roaming entrante se establece en un SGW o PGW local interno en lugar del grupo de roaming.

Causas posibles:

- El PLMN del roaming falta en la tabla de PLMN, por lo que se clasificó correctamente como fuera de red — pero no se configuraron pares de roaming/DNS de `tipo: :roaming`, por lo que la selección volvió a lo que existía.
- El PLMN del roaming se agregó erróneamente a la sobrescritura con el MCC/MNC **local**.

Resolución:

1. Busque en los registros `IMSI PLMN not in PLMN table` para confirmar el PLMN y que se clasificó como fuera de red.
2. Consulte `GET /imsi/{imsi}` y confirme que `classification` es `roaming`.
3. Asegúrese de que los pares SGW/PGW de roaming (o servidores DNS) con `tipo: :roaming` estén configurados. Ver Parámetros de Pares SGW/PGW.

La API de búsqueda muestra `operator: null` / `matched: false`

Síntomas: Un socio de roaming conocido se resuelve con un operador nulo y `matched: false`.

Resolución: El PLMN del socio no está en la tabla. Agrégalo al archivo de sobrescritura y recargue. Re-consulte la API para confirmar que `matched` ahora es `true`.

La selección DNS no devuelve ninguna puerta de enlace

Síntomas: La configuración de la sesión falla sin que se resuelva SGW/PGW cuando `selection_method` es `:dns_lookup`.

Causas posibles:

- No hay servidor DNS del `tipo` coincidente (`:home` / `:roaming`) configurado para esa clase de suscriptor.

- El socio no ha publicado los registros S-NAPTR `x-s11` / `x-s8-gtp` esperados.

Resolución:

1. Confirme que un servidor DNS con el `tipo` correcto esté configurado (ver Parámetros DNS).
2. Verifique que el socio publique los registros de servicio esperados para el TAI-FQDN / APN-FQDN.

Interfaz SGs — Reversión a CS y SMS sobre SGs

La **interfaz SGs** conecta el MME a un **Centro de Conmutación Móvil / Registro de Ubicación de Visitantes (MSC/VLR)** 2G/3G para que los suscriptores LTE puedan utilizar servicios de conmutación de circuitos (CS) que el núcleo de paquetes EPS no proporciona de forma nativa:

- **Voz de Reversión a CS (CSFB)** — cuando un suscriptor LTE realiza o recibe una llamada de voz, el MME redirige el UE a 2G/3G para la llamada.
- **SMS sobre SGs** — los mensajes cortos se retransmiten entre el UE y el MSC a través de la interfaz SGs, sin necesidad de una ruta de SMS conmutada por paquetes.

La interfaz está definida en 3GPP TS 29.118 (protocolo SGsAP) y los procedimientos en 3GPP TS 23.272 (Reversión a CS).

> **Opcional y deshabilitado por defecto.** La interfaz SGs es inerte a menos que se configure explícitamente. Sin configuración `:sgs`, el MME nunca se conecta a un MSC, nunca publicita la disponibilidad de CS a los UEs y se comporta exactamente como un MME solo de paquetes. La voz de Reversión a CS *tiene* su propio interruptor separado (`csfb_enabled`) que también está apagado por defecto, por lo que SMS sobre SGs se puede ejecutar sin habilitar la reversión de voz.

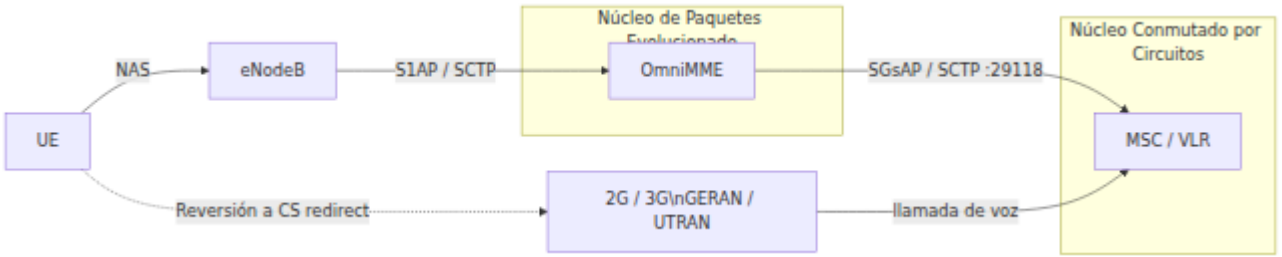
Tabla de Contenidos

- Arquitectura
- Gestión de Asociación
- Adjunto y TAU Combinados
- SMS sobre SGs
- Llamada CS Terminada en Móvil (Paginación)

- Redirección de Voz de Reversión a CS
- Configuración
- Métricas
- Solución de Problemas

Arquitectura

El MME es el **cliente SCTP** en la interfaz SGs: se conecta *hacia afuera* al MSC/VLR (puerto por defecto **29118**) y mantiene una única asociación SCTP, reconectándose automáticamente si la asociación se cae.

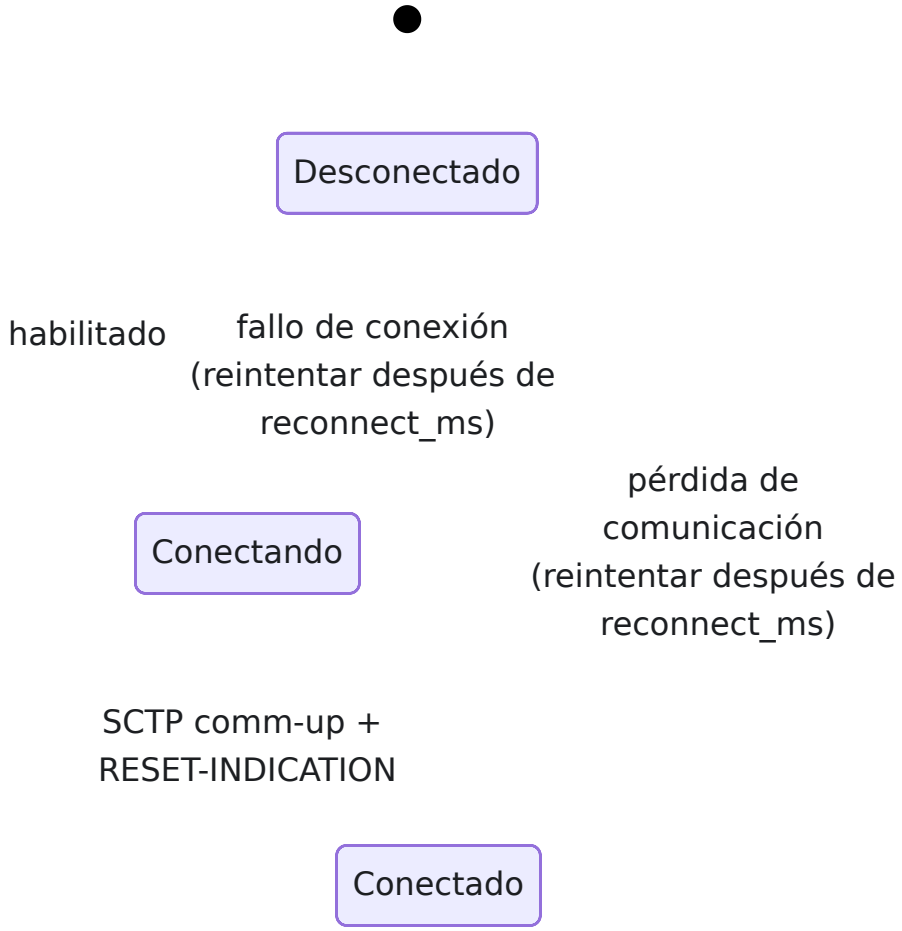


Elemento	Rol
MME	Cliente SCTP; envía actualizaciones de ubicación, respuestas a paginaciones, SMS e indicaciones de CSFB al MSC; retransmite SMS al UE
MSC / VLR	Servidor SCTP; mantiene el registro CS del UE; pagina para llamadas MT; envía SMS MT
eNodeB	Transporta NAS entre UE y MME; realiza la redirección de radio a 2G/3G en una solicitud de Reversión a CS

Gestión de Asociación

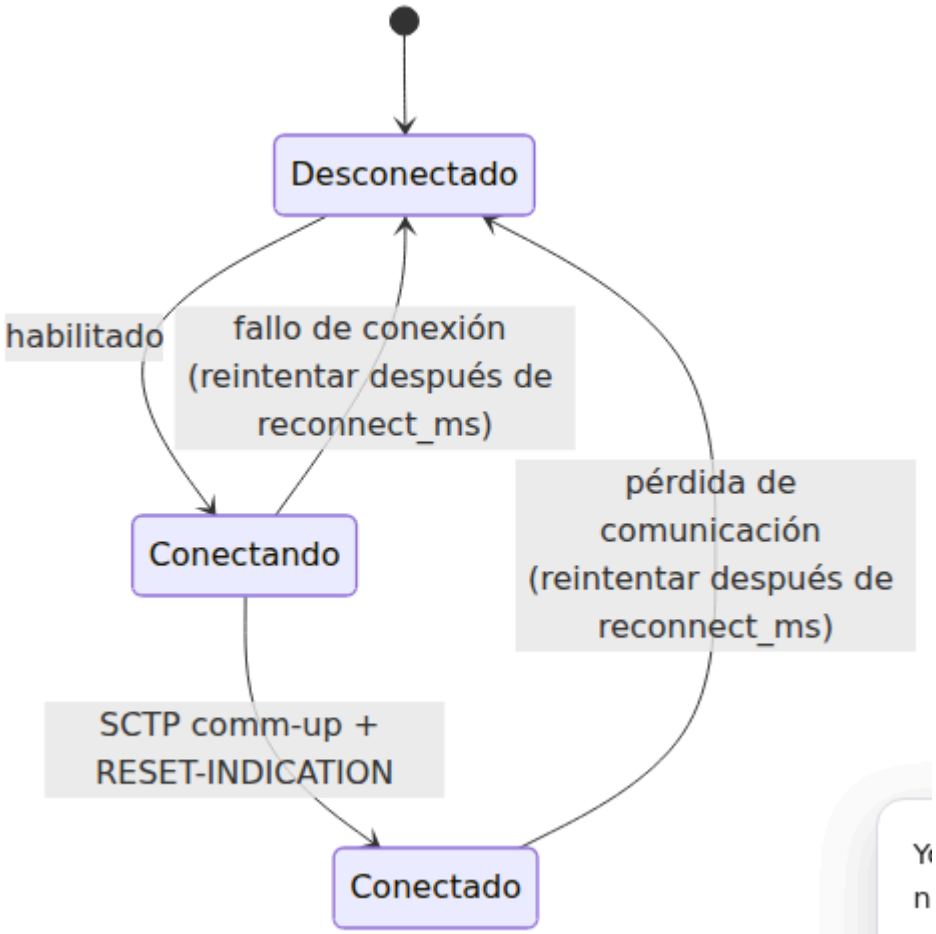
Al iniciar (cuando está habilitado), el MME se conecta al MSC configurado y, una vez que la asociación SCTP se establece, envía un **RESET-INDICATION** SGsAP para que el MSC limpie cualquier estado obsoleto de una encarnación

anterior del MME (TS 29.118 §8.20). Si la asociación se cae, el MME vuelve a intentar en el intervalo `reconnect_ms`.



Adjunto y TAU Combinados

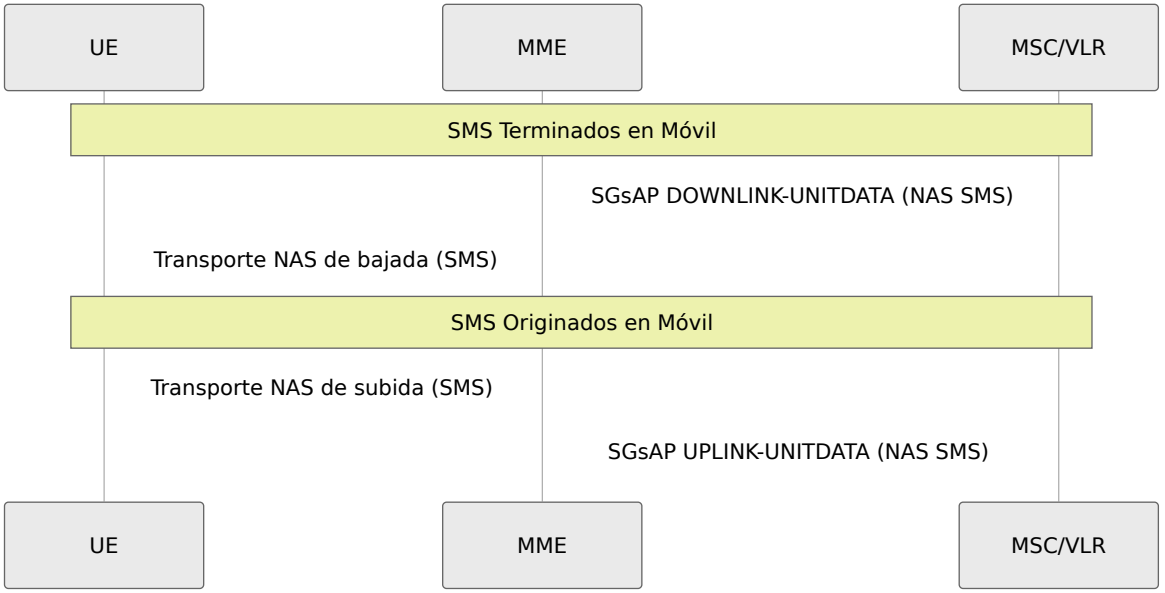
Cuando un UE realiza un **adjunto combinado EPS/IMSI** (o TAU combinado), está solicitando tanto el registro de paquetes (EPS) como el registro conmutado por circuitos. Con SGs habilitado, el MME registra al suscriptor con el MSC a través de una **LOCATION-UPDATE-REQUEST** y solo concede el resultado combinado una vez que el MSC acepta:



Si el MSC **rechaza** la actualización de ubicación, o no responde dentro de `lu_timeout_ms`, el MME vuelve a un **Adjunto solo EPS** — el adjunto de paquetes nunca se retrasa o se bloquea por un MSC lento o no disponible. El resultado combinado es honesto: se le dice al UE que CS está disponible solo cuando realmente lo está.

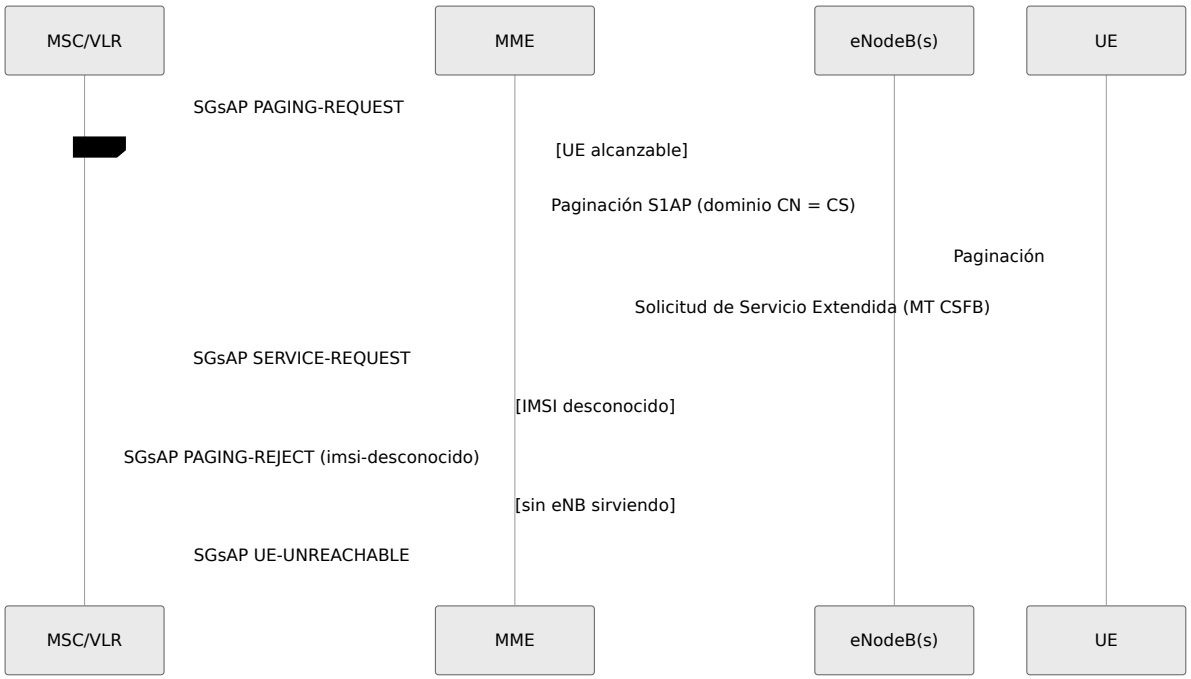
SMS sobre SGs

Los mensajes cortos se transportan de manera transparente entre el UE y el MSC dentro de los mensajes unitdata SGsAP; el MME retransmite la carga útil NAS en cada dirección.



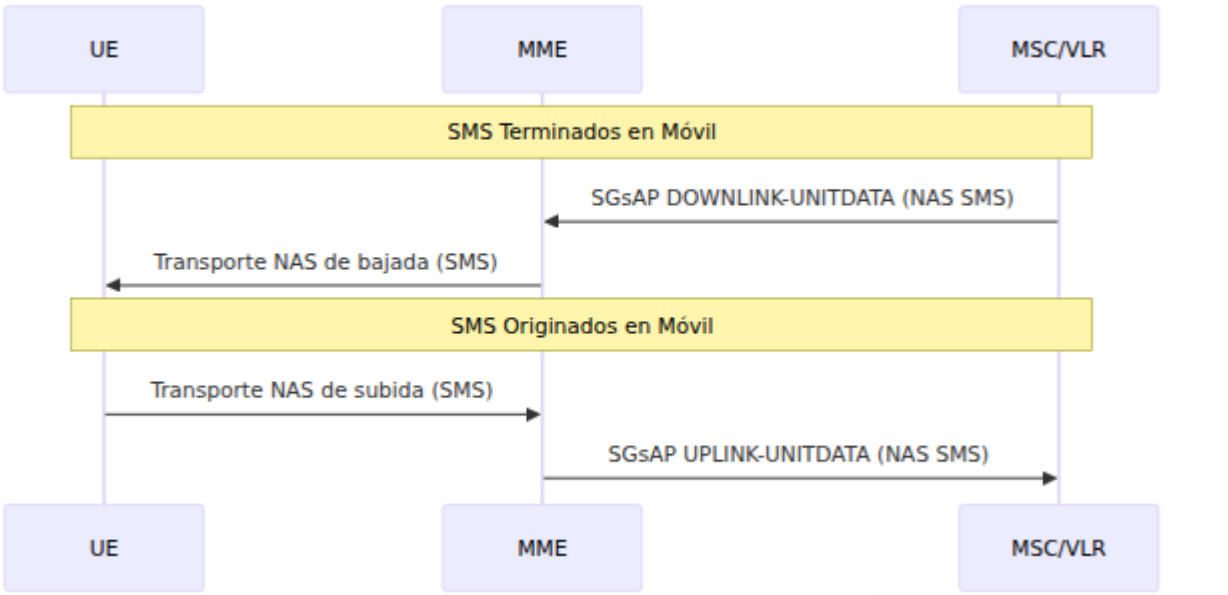
Llamada CS Terminada en Móvil (Paginación)

Cuando el MSC necesita entregar una llamada CS (o SMS) a un UE inactivo, pagina a través de SGs. El MME pagina al UE para el **dominio CS** a través de los eNodeBs que sirven la lista de Áreas de Seguimiento registradas del UE. Si el UE no puede ser alcanzado, el MME informa al MSC.



Redirección de Voz de Reversión a CS

La voz de Reversión a CS está controlada por el interruptor **separado** `csfb_enabled` (apagado por defecto). Cuando está habilitado, una **Solicitud de Servicio Extendida** de un UE registrado hace que el MME notifique al MSC a través de SGs e instruya al eNodeB — a través de una **Modificación de Contexto UE** S1AP que lleva el **Indicador de Reversión a CS** — para redirigir al UE a 2G/3G para la llamada.



Cuando `csfb_enabled` está apagado, o el UE no está asociado a SGs, el MME responde a la Solicitud de Servicio Extendida con un **Rechazo de Servicio** — el mismo comportamiento que un MME solo de paquetes.

Configuración

La interfaz SGs se configura bajo la clave `:sgs` en `runtime.exs`. Todo el bloque es opcional; omítalo para deshabilitar la interfaz.

```
config :mme, :sgs,
  # Interruptor maestro para la interfaz SGs
  enabled: true,

  # Voz de Reversión a CS — interruptor separado, apagado por
defecto
  csfb_enabled: false,

  # Conexión MSC / VLR (el MME se conecta a esto)
  vlr_ip: "10.0.0.10",
  vlr_port: 29118,

  # Identidad del MME publicitada al MSC
  mme_name: "mmec01.mmegi8001.mme.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",

  # Temporizadores
  reconnect_ms: 5_000,
  lu_timeout_ms: 4_000
```

Parámetros

Parámetro	Tipo	Requerido	Por defecto	Descripción
`enabled`	Booleano	No	`false`	Interruptor maestro para la interfaz SGs. Cuando es `false` (o el bloque `:sgs` está ausente), el MME nunca se conecta a un MSC y se comporta como un MME solo de paquetes.
`csfb_enabled`	Booleano	No	`false`	Habilita la redirección de voz de Reversión a CS en una Solicitud de Servicio Extendida. Independiente de SMS sobre SGs: deje `false` para ejecutar SMS sobre SGs sin reversión de voz CS. No tiene efecto a menos que `enabled` sea `true`.
`vlr_ip`	Cadena	Sí (cuando está habilitado)	-	Dirección IPv4 del MSC/VLR al que el MME se conecta.

Parámetro	Tipo	Requerido	Por defecto	Descripción
`vlr_port`	Entero	No	`29118`	Puerto SCTP del MSC/VLR. El puerto estándar SGsAP es 29118 según TS 29.118 §5.2.
`mme_name`	Cadena	No	derivado del FQDN del nodo	El FQDN del nodo MME publicitado en el IE **MME Name** SGsAP (TS 29.118 §9.4.13). Debe ser ≤ 55 octetos. Cuando se omite, se deriva del nombre MME configurado / GUMMEI.
`local_ip`	Cadena	No	la IP de escucha S1AP	Dirección IPv4 local a la que el MME se vincula para la asociación SGs saliente. Por defecto, es la IP de escucha S1AP.
`reconnect_ms`	Entero	No	`5000`	Intervalo, en milisegundos, entre intentos de reconexión SCTP después de una asociación fallida o caída.

Parámetro	Tipo	Requerido	Por defecto	Descripción
`lu_timeout_ms`	Entero	No	`4000`	Tiempo máximo, en milisegundos, que un adjunto combinado espera por el LOCATION-UPDATE-ACCEPT del MSC antes de volver a un Aceptar Adjunto solo EPS. Previene que un MSC lento o ausente detenga el adjunto EPS.

Ejemplos

Ejemplo 1: Solo SMS sobre SGs (sin voz CS)

```
config :mme, :sgs,
  enabled: true,
  csfb_enabled: false,
  vlr_ip: "10.0.0.10",
  mme_name: "mmec01.mmegi8001.mme.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org"
```

Cómo funciona: El MME registra UEs de adjunto combinado con el MSC y retransmite SMS en ambas direcciones, pero responde cualquier solicitud de voz de Reversión a CS con un Rechazo de Servicio.

Caso de uso: Redes que desean SMS para suscriptores LTE a través de un MSC legado pero proporcionan voz a través de VoLTE (o no en absoluto).

Ejemplo 2: Reversión a CS completa (voz + SMS)

```
config :mme, :sgs,
  enabled: true,
  csfb_enabled: true,
  vlr_ip: "10.0.0.10",
  vlr_port: 29118,
  mme_name: "mmec01.mmegi8001.mme.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  reconnect_ms: 5_000,
  lu_timeout_ms: 4_000
```

Cómo funciona: Además de SMS, una Solicitud de Servicio Extendida activa una redirección del UE a 2G/3G para la llamada conmutada por circuitos, notificando al MSC a través de SGs.

Caso de uso: Redes LTE sin VoLTE que dependen de 2G/3G para voz.

Métricas

Todas las métricas SGs se exportan en el punto de final de raspado estándar de Prometheus.

Métrica: `mme_sgs_message_count`
Tipo: Contador
Descripción: Mensajes SGsAP intercambiados con el MSC/VLR.
Etiquetas:

- `direction` — `inbound` (desde MSC) o `outbound` (hacia MSC)
- `message_type` — el mensaje SGsAP, p. ej. `location_update_accept`, `paging_request`, `downlink_unitdata`

Métrica: `mme_sgs_procedure_count`
Tipo: Contador
Descripción: Resultados de los procedimientos SGs del lado del MME.
Etiquetas:

- `procedure` — p. ej. `location_update_accept`, `paging_request`, `downlink_unitdata`, `reset_indication`

- `result` — p. ej. `associated`, `rejected`, `paged`, `ue_unreachable`, `relayed`, `acked`

Métrica: `mme_sgs_association_event_count`
Tipo: Contador
Descripción: Eventos del ciclo de vida de la asociación SCTP SGs.
Etiquetas:

- `event` — `connect_attempt`, `comm_up`, `comm_lost`, `connect_failed`

Métrica: `mme_sgs_association_up`
Tipo: Gauge
Descripción: Si la asociación SGs al MSC/VLR está actualmente activa (`1`) o inactiva (`0`).

Consultas de ejemplo

```
# ¿Está activa la asociación SGs?
mme_sgs_association_up

# Tasa de mensajes SGsAP entrantes vs salientes por tipo
sum by (direction, message_type) (rate(mme_sgs_message_count[5m]))

# Tasa de éxito vs rechazo de registro de adjunto combinado
sum by (result)
(rate(mme_sgs_procedure_count{procedure="location_update_accept"}
[5m]))

# Páginas CS que no encontraron UE alcanzable
rate(mme_sgs_procedure_count{result="ue_unreachable"}[15m])

# Fluctuaciones de asociación en la última hora
increase(mme_sgs_association_event_count{event="comm_lost"}[1h])
```

Solución de Problemas

La asociación SGs nunca se establece

Síntomas: `mme_sgs_association_up` permanece en `0`; eventos repetidos de `connect_failed`.

Causas posibles:

- `vlr_ip` / `vlr_port` incorrectos o el MSC no está escuchando en el puerto SGsAP
- Un firewall está bloqueando SCTP entre el MME y el MSC
- La dirección de enlace local no es accesible desde el MSC

Resolución:

1. Confirme que el MSC está escuchando para SGsAP (puerto por defecto 29118) y es accesible desde el MME.
2. Verifique que las reglas del firewall permitan SCTP entre el MME y el MSC.
3. Verifique `vlr_ip`, `vlr_port` y la dirección de enlace local.

El adjunto combinado se concede como solo EPS

Síntomas: Los UEs que solicitan adjunto combinado son aceptados pero se les dice que CS no está disponible.

Causas posibles:

- La asociación SGs está caída, por lo que el MME no puede registrar al UE con el MSC
- El MSC está rechazando la LOCATION-UPDATE-REQUEST (p. ej. suscriptor no provisionado en el VLR)
- El MSC responde más lento que `lu_timeout_ms`

Resolución:

1. Confirme que `mme_sgs_association_up` es `1`.
2. Inspeccione `mme_sgs_procedure_count{procedure="location_update_accept"}` para resultados `rejected` y verifique el aprovisionamiento CS del suscriptor en el MSC.
3. Si el MSC está sano pero lento, aumente `lu_timeout_ms`.

Las llamadas de voz son rechazadas con "Servicio CS temporalmente no disponible"

Síntomas: Solicitudes de Servicio Extendidas para voz son respondidas con un Rechazo de Servicio.

Causas posibles:

- `csfb_enabled` es `false` (el valor por defecto)
- El UE no está asociado a SGs (su adjunto combinado fue concedido solo EPS)

Resolución:

1. Establezca `csfb_enabled: true` para habilitar la voz de Reversión a CS.
2. Confirme que el UE completó un adjunto combinado (vea la sección anterior).