IMPLEMENTACIÓN DE IBM TIVOLI NETCOOL OMNIBUS PARA LA GESTIÓN DE FALLAS DE UNA RED LTE EN UNA SOLUCIÓN DE GESTIÓN UNIFICADA DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES.

LINA JEANNETTE CALDERÓN CASTAÑEDA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C
2016

IMPLEMENTACIÓN DE IBM TIVOLI NETCOOL OMNIBUS PARA LA GESTIÓN DE FALLAS DE UNA RED LTE EN UNA SOLUCIÓN DE GESTIÓN UNIFICADA DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES.

Presentado Por:

LINA JEANNETTE CALDERÓN CASTAÑEDA

Código: 2112399

Proyecto de Pasantía para optar el Título de Ingeniera de Telecomunicaciones

Dirigido por:

ING. GUSTAVO A. CHICA PEDRAZA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C
2016

Resumen

El presente trabajo de grado, tiene como propósito implementar la herramienta IBM Tivoli Netcool Omnibus en su versión 8.1 como parte de una solución de gestión, enfocado a la gestión de fallas de una red LTE, que permitirá la centralización en tiempo real de los eventos que hacen parte del monitoreo de red, realizados actualmente por diferentes gestores en un operador de telecomunicaciones. En el desarrollo del proyecto se describirá el producto IBM implementado, el estado actual de los procesos de gestión del operador, implementación de la herramienta, los procesos de instalación y configuración, al igual que los resultados en una etapa de estabilización, de modo que esta se acople y de solución a las necesidades actuales a nivel de gestión de fallas del operador en su red LTE.

Se describirá de forma general la arquitectura de la solución de gestión, funcionamiento e implementación de la herramienta Netcool/Omnibus, con la cual se pretende incrementar la eficiencia de los procesos de monitoreo, optimizando las tareas de resolución de fallas e incidentes de la red LTE del operador y se establezca una única solución de gestión de las operaciones de la red y cada uno de sus componentes.

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido 4

Glosario y Abreviaturas 10

Introducción al proyecto 11

1. INTRODUCCIÓN 12

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 13

1.2. JUSTIFICACIÓN 15

1.3. OBJETIVOS 16

1.3.1. General 16

1.3.2. Específicos 16

1.4. METODOLOGÍA 17

PARTE II 19

Marco Teórico 19

2.1. GESTIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES 20

2.1.1 UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (UIT) 20

2.1.2 RECOMENDACIÓN UIT-T M.3010: PRINCIPIOS PARA UNA RED DE GESTIÓN DE LAS TELECOMUNICACIONES 21

2.2. GESTIÓN DE FALLOS PARA REDES DE TELECOMUNICACIONES 22

2.2.1. MARCO REFERENCIAL ITIL 23

2.2.2. TM FORUM (TELEMANAGEMENT FORUM) 28

2.2.3. FRAMEWORX 28

2.3. RECOMENDACIÓN X.733. GESTIÓN DE SISTEMAS: FUNCIÓN SEÑALADORA DE ALARMAS 33

2.4. IBM SUITE TIVOLI 36

2.4.1. TIVOLI NETCOOL OMNIBUS V.8.1 36

2.4.2. JAZZ FOR SERVICE MANAGEMENT V.1.1 39

2.5. REDES 4G –LTE 40

2.5.1. ARQUITECTURA RED LTE 42
2.5.2. GESTIÓN REDES LTE 45
2.6. IMPLEMENTACIÓN TIVOLI NETCOOL OMNIBUS EN LA GESTIÓN DE FALLAS EN REDES 2G/3G 46
PARTE III 47
Desarrollo 47
3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 49
3.1.1. DESCRIPCIÓN EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES 49
3.1.2. CONTEXTO DE LA RED LTE 50
3.2. SOLUCIÓN DE GESTIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA TI A IMPLEMENTAR 53
3.2.1. DESCRIPCIÓN ARQUITECTURA DE LA SOLUCIÓN 54
3.2.2. SOLUCIÓN GESTIÓN DE FALLAS DE LA RED MÓVIL LTE –TIVOLI NETCOOL OMNIBUS 54
3.3. IMPLEMENTACIÓN DE TIVOLI NETCOOL OMNIBUS PARA LA GESTIÓN DE FALLAS DE LA RED LTE DEL OPERADOR 58
3.3.1. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN 58
3.3.1.1. DEFINICIÓN INTERFACES NBI 59
3.3.1.2. RELACIÓN MIB – GESTOR 60
3.3.1.3. INVENTARIO DE LOS ELEMENTOS DE LA RED LTE 61
3.3.1.4. DEFINICIÓN TIPOS DE ALARMAS 62
3.3.1.5. TABLEROS DE CONTROL RED LTE 63
3.3.2. INSTALACIÓN TIVOLI NETCOOL/OMNIBUS 64
3.3.2.1. VERIFICACIÓN PREREQUISITOS DE INSTALACIÓN 64
3.3.2.2. INSTALACIÓN TIVOLI NETCOOL/OMNIBUS 8.1 64
3.3.2.3. CONFIGURACIÓN INICIAL NETCOOL/OMNIBUS 8.1 66
3.3.2.4. INSTALACIÓN DE LA HERRAMIENTA JAZZ FOR SERVICE MANAGEMENT 68
3.3.2.5. INSTALACIÓN COMPONENETES DE JAZZ FOR SERVICE MANAGEMENT 68
3.3.2.6. INSTALACIÓN COMPONENETES DE NETCOOL/OMNIBUS 69

3.3.3. CONFIGURACIÓN TIVOLI NETCOOL/OMNIBUS 72
3.3.3.1. CONFIGURACIÓN CAPA DE AGREGACIÓN 73
3.3.3.2. CONFIGURACIÓN CAPA DE VISUALIZACIÓN..... 82
3.3.4. RESULTADOS GESTIÓN DE FALLAS RED LTE..... 85
3.3.4.1. TABLEROS LTE..... 85
CONCLUSIONES 90
Bibliografía ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla de Figuras

Figura 1. Gráfico metodología para el desarrollo del proyecto desglosado en procesos. (Elaboración propia) 18
Figura 2. Proceso de gestión de eventos (Fuente: Service Operation, OGC [3]**)** 27
Figura 3. Diagrama que describe los componentes del Frameworx. Tomado de [18]..... 29
Figura 4. Funcionalidades de las aplicaciones para la gestión de fallas definidas en el TAM. Tomado de [21]**.** 30
Figura 5. Arquitectura de los componentes de Netcool/Omnibus (Tomado de Manual de instalación Omnibus 8.1 [24]**)** 37
Figura 6. Evolución de la arquitectura de una red móvil (Tomado de [31] **)** 41
Figura 7. Arquitectura de una red móvil LTE. (Elaboración propia, basado en [32] **)** 42
Figura 8. Arquitectura red LTE del operador (Elaboración propia, basado en la arquitectura del operador) 50
Figura 9. Arquitectura multinivel Tivoli Netcool Omnibus a implementar. (Elaboración propia basada en la implementación de la herramienta) 57
Figura 10. Ubicación del script para la instalación de Netcool/Omnibus 8.1 (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL) 65
Figura 11. Segundo paso de instalación de Netcool/Omnibus desde el Asistente (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL) 65
Figura 12. Ventana final de la instalación de Netcool/Omnibus. (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL) 66
Figura 13. Primera ventana asistente de instalación Netcool/Omnibus (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL) 67
Figura 14. Ventana inicial del asistente de instalación de Jazz For Service Management (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL) 69
Figura 15. Mensaje de instalación completada del Gateway jdbc (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL) 71
Figura 16. Mensaje de instalación completada del probe SNMP. (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL) 71
Figura 17. Mensaje de instalación completada del componente Web GUI. (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL) 72
Figura 18. Definición conexión del Object Server de agregación en el archivo omni.dat (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL) 74
Figura 19. Componentes del Probe SNMP. (Elaboración propia) 75
Figura 20. Modificaciones del archivo de propiedades (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL) 76
Figura 21. Operación del Probe SNMP instalado. (Elaboración propia) 76
Figura 22. Asignación numérica de la severidad en el object server (Tomado de la documentación para la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL) 78
Figura 23. Switch implementado para la asignación del campo severidad (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL) 78
Figura 24. Switch implementado para la asignación del campo tipo (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL) 79
Figura 25. Estado de los procesos en servidor de agregación (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL) 81
Figura 26. Ejemplo creación de un filtro para el equipo MME de la topología LTE. (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL) 84
Figura 27. Asignación filtro para el equipo MME de la topología LTE (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL) 84

Figura 28. Acceso a la lista de eventos desde el portal Jazz (Capa de visualización) (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL) 84
Figura 29. Lista de eventos registrados desde la capa de visualización recibidos desde el object server AGG. (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)..... 85
Figura 30. Tablero TOPOLOGÍA DE VOZ – LTE (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL) 86
Figura 31.Tablero TOPOLOGÍA DE DATOS – LTE (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL) 87
Figura 32. Lista de eventos visualizada en el portal de gestión por un operador (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL) 87
Figura 33. Creación de filtros visualizada en el portal de gestión. (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL) 88
Figura 34. Acceso a las herramientas del Object Server. (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL) 89
Figura 35. Lista activa de eventos visualizada desde el agregador. (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL) 89

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación de eventos en la operación del servicio del marco referencial ITIL. 25
Tabla 2. Tipos de eventos definidos en la recomendación X.733 [23] 34
Tabla 3. Niveles de gravedad percibida de una alarma. Recomendación X.733 [23] 35
Tabla 4. Relación parámetros de una alarma y atributos a partir de la Recomendación X.733 (Tomado de [23] **)** 35
Tabla 5. Gestores Implementados en la gestión de la red LTE 51
Tabla 6. Gestores a integrar con la herramienta Netcool/Omnibus y sus interfaces NBI. 59
Tabla 7. Formato listo del inventario de los elementos de red a gestionar. 61
Tabla 8. Ejemplo alarmas definidas para el gestor M2000 62
Tabla 9. Ejemplo alarmas definidas para el gestor U2000 62
Tabla 10. Ejemplo alarmas definidas para el gestor I2000 63
Tabla 11. Arquitectura multinivel Omnibus configurada. 66
Tabla 12. Componentes a instalar en la arquitectura multinivel de Netcool/Omnibus 70
Tabla 13. Principales campos de la tabla alerts.status ubicada en el object server. 75
Tabla 14. Ejemplo del procesamiento de un evento por el probe SNMP instalado. 77
Tabla 15. Tabla que define el tipo de alarma recibido. 79
Tabla 16. Configuración Process Agent del Object Server 81
Tabla 17. Configuración Process Agent del probe SNMP. 81
Tabla 18. Configuración Process Agent del Object Server 81
Tabla 19. Forma que es presentada la información en la lista de eventos a partir de la figura 32. 88

Glosario y Abreviaturas

CPE : Customer Premises Equiment

RAN : Radio Access Network

EMS : Element Management System

Netcool/Omnibus: Tivoli Netcool Omnibus

TMN : Telecommunications Managed Network

TI : Information Technology (Tecnologías de la información)

UIT : Unión Internacional de Telecomuniaciones. Organismo de las Naciones Unidas para las tecnologías de la Información y la comunicación (TIC's)

UIT- T : Sector de la UIT para la regulación de las telecomunicaciones

OSI : Open Systems Interconnection.

FACPS : Fault, Accounting, Configuration, Performance and Security management

eTOM : Enhanced Telecom Operations Map. Marco referencial de procesos implementado para la industria de las telecomunicaciones.

SLA : Service Level Agreement (Acuerdo de nivel de servicio)

ITIL: Information Technology Infrastructure Library. Mejores prácticas para la gestión de servicios relacionados con las telecomunicaciones.

QoS: Quality of Service (Calidad de servicio).

OSS: Operations Support Systems. Sistemas empleados por empresas pertenecientes al sector de las telecomunicaciones

NOC: Network Operation Center. Punto donde se realiza el monitoreo del estado y funcionamiento de las redes de telecomunicaciones.

PARTE I
Introducción al proyecto

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, los sistemas y redes de telecomunicaciones han revolucionado diferentes áreas de la sociedad, brindando comodidades y un conjunto de servicios que día a día crece en número gracias a su desarrollo y el crecimiento constante del sector tecnológico. Los diferentes avances tecnológicos, han resultado principalmente en grandes incrementos en los anchos de banda en las redes, factor que ha sido ampliamente explotado por el área de las telecomunicaciones, para mejorar y actualizar de forma constante la forma de prestar y recibir servicios de datos, voz e Internet.

Esta evolución de las redes, cobra día a día cada vez más importancia en la forma como se ha marcado notoriamente el estilo de vida de los usuarios de los servicios que en éstas se prestan, en lo que se puede denominar una gran era para la tecnología y las telecomunicaciones. El avance y el perfeccionamiento en la prestación de servicios de telecomunicaciones, han involucrado de forma paralela a su crecimiento, el desarrollo e implementación de diferentes procesos y métodos de control en el funcionamiento de cada uno de los componentes involucrados en la prestación de servicios, estableciendo sistemas de gestión a nivel de fallas y desempeño que garantizan el funcionamiento, integridad y disponibilidad de las redes y sistemas, que se ve a su vez, reflejados en la calidad de los servicios prestados en la actualidad.

Hoy en día, existen grandes desarrollos e implementaciones para la creación de soluciones orientadas a las necesidades de pequeñas y grandes redes de telecomunicaciones. IBM ha desarrollado un conjunto de aplicaciones especializadas en cada una de las áreas de gestión, IBM Tivoli Netcool Omnibus, es una herramienta implementada para la gestión de fallas en la red.

En el desarrollo del presente trabajo de grado será implementada y personalizada la herramienta Netcool/Omnibus, en un operador de telecomunicaciones para realizar la gestión de la red LTE, centralizando en único punto, la recepción y la manipulación de las alarmas e incidentes de todos los eventos que son generados por los elementos de red y sus gestores en la arquitectura en general, de modo que puedan ser visualizados por los operadores en el NOC de la empresa operadora de servicios de telecomunicaciones.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En general, los proyectos que involucran el monitoreo y gestión de una infraestructura de telecomunicaciones implican procesos con un alto grado de eficiencia y optimización, enfocados en el tratamiento y resolución de las fallas que se presentan en su normal funcionamiento, y los cuales son soportados por soluciones desarrolladas para mantener los niveles de calidad en cada uno de los **servicios** que soporta dicha infraestructura. Actualmente, un operador de servicios de telecomunicaciones posee en funcionamiento un sistema de gestión de red descentralizado para la infraestructura de su red LTE y de los servicios de conectividad corporativa que ofrece a sus clientes, el cual se caracteriza por el uso e implementación de gestores de elementos de red propios de cada fabricante, excepto los elementos que brindan el acceso a los clientes conocidos como CPE (Customer Premises Equipment), los cuales se gestionan por medio de accesos remotos y herramientas específicas de desempeño. Debido a la necesidad de optimizar los procesos de gestión y minimizar el impacto en la prestación de los servicios de telecomunicaciones, el operador solicita una solución que se encuentre en la capacidad de proveer a los operadores de red, la información sobre el estado de los elementos de red y de los servicios soportados por éstos mismos, orientada al monitoreo de eventos, análisis de desempeño, disponibilidad, y niveles de servicio que son actualmente soportados por los equipos de la red LTE y servicios de los clientes corporativos.

La solución presentada y aceptada por el operador introduce un nuevo modelo de gestión el cual incluye la implementación y estabilización de un sistema de gestión de eventos para la red LTE, la cual se compone de cuatro puntos clave. El objetivo del presente trabajo de grado es presentar el desarrollo e implementación de uno de estos puntos a desarrollar dentro de la solución de gestión de servicios del operador de telecomunicaciones, la **gestión de fallas de la red LTE**, mediante la implementación de la herramienta IBM Tivoli Netcool Omnibus, la cual permitirá el monitoreo de la infraestructura de la red móvil del operador y la centralización de la gestión de fallas de esta red en un único punto, al igual que la red de clientes corporativos mediante la colección, normalización y presentación de los eventos provenientes de los equipos integrados a la solución de gestión.

Las funcionalidades de Netcool/OMNIbus se centran en incrementar la eficiencia y en optimizar los procesos de resolución de fallas e incidentes, consolidando solamente una solución de gestión de las operaciones de las redes TI, cumpliendo con los requerimientos a nivel de monitoreo y manejo de fallas en la infraestructura de red de los operadores [1]. Existen arquitecturas establecidas en la implementación de la herramienta, las cuales son ajustables al entorno de red y a las necesidades en su funcionamiento, para el caso del presente trabajo se implementará una arquitectura multinivel de la herramienta, que permitirá mantener un posible crecimiento de la infraestructura y garantiza el funcionamiento del sistema de gestión bajo nuevas condiciones, el cual se centrará en la configuración y prueba de la capa principal o de agregación que monitoreará la infraestructura de la red móvil del operador.

La implementación de Netcool/Omnibus, como punto central de monitoreo de fallas para una infraestructura de red de telecomunicaciones se ha realizado con éxito en operadores proveedores de servicios de telecomunicaciones en casos anteriores, lo que comprueba la funcionalidad y las ventajas de este tipo de modelo de gestión. La implementación de la herramienta, como un gestor de gestores para la red LTE, establece un sistema de gestión no segmentado que se basa en la eficiencia y calidad de los servicios que se encuentran soportados por las infraestructuras de telecomunicaciones, lo que hace posible su implementación para el monitoreo de eventos y fallas de una red móvil LTE. [2]

1.2. JUSTIFICACIÓN

Una gestión de red descentralizada, como la que posee actualmente un operador de telecomunicaciones, desde el punto de vista de calidad de los servicios y la facilidad de manejo de los eventos, ocasiona retrasos en la información que no permite conocer el estado real de la infraestructura y la cual es vital para la toma de decisiones relacionada al funcionamiento de la red y puede afectar negativamente la calidad de los servicios soportados por la infraestructura. A partir de esta necesidad, se hace necesario la implementación de un sistema que reconozca y brinde información relevante y en tiempo real del estado de la red LTE, incrementando la eficiencia de ésta y optimizando los procesos de resolución y respuesta a los fallos presentados en la normal operación de la red y que afectan directamente la calidad percibida por los usuarios de los servicios LTE del operador de telecomunicaciones [3]. Lo anterior permite identificar la importancia de mantener un control, monitoreo y gestión constante de los factores que pueden afectar la infraestructura TI, y, por consiguiente, los servicios de telecomunicaciones móviles que son prestados a los clientes y usuarios finales, que afectan directamente un negocio de una organización, en este caso, para un operador de servicios de telecomunicaciones.

Dada la importancia de la gestión de redes, anteriormente detallada, es importante el diseño e implementaciones de soluciones orientadas a la gestión de la infraestructura TI de un operador, que soporta los servicios de telecomunicaciones que éste presta. En el presente trabajo se pretende explicar el desarrollo e implementación de uno de los componentes claves en la gestión de servicios de telecomunicaciones, la gestión de fallos, para una red móvil LTE, y que hace parte a su vez, de una solución unificada de gestión.

El punto de gestión de fallas y desempeño de la red LTE que hace parte del modelo de gestión a implementar para el operador de telecomunicaciones, y el cual será cubierto con la puesta en funcionamiento de la herramienta Netcool/Omnibus, permitirá concentrar en un solo punto y gracias a la facilidades y flexibilidad que brinda la arquitectura multinivel de la misma, los eventos relacionados a la gestión de fallas de los elementos de red facilitando el manejo de los mismos por parte de los operadores y administradores de la plataforma, y presentando la información de eventos, fallas y desempeño en tiempo real de su estado y de los servicios de conectividad, de modo que establezca un sistema de gestión óptimo y cumpla la principal función de mantener un nivel de calidad de los servicios y brindar información verídica y en tiempo real a los operadores de red. [1]

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. General

Centralizar la gestión y monitoreo a nivel de fallas de la infraestructura de red LTE de un operador de telecomunicaciones, mediante la implementación y configuración de IBM Tivoli Netcool Omnibus.

1.3.2. Específicos

- Identificar la arquitectura de red de la solución y comprender la importancia de la implementación de una solución enfocada a la gestión de fallas en un operador de servicios de telecomunicaciones.

- Instalar y configurar una arquitectura multinivel de la herramienta Tivoli Netcool Omnibus que soporte el crecimiento de la infraestructura de red a monitorear, compuesta por una capa de agregación con un object server, y capas visualización y colección compuesta por dos object server, en el ambiente de producción de la solución.

- Realizar la apropiada instalación y configuración de los "Probes" SNMP, que permitirán la captura de la información de fallas de los elementos de red, normalizando la información obtenida y adecuándola a un formato de eventos legible para la herramienta Tivoli Netcool Omnibus.

- Configurar la integración con los gestores de la red LTE, Huawei M2000, I2000 y U2000, Packet Logic y Net central con la herramienta Tivoli Netcool Omnibus, por medio de la correcta configuración de los archivos de reglas de la herramienta y de la identificación de la estructura y funcionamiento de las mib's a gestionar y propias de cada uno de los gestores.

- Diseñar y configurar tableros de gestión de fallas de la red LTE, para que puedan ser visualizados y manipulados por los operadores de red del operador de servicios de telecomunicaciones.

1.4. METODOLOGÍA

El desarrollo del presente trabajo presenta los aspectos y cada una de las etapas del diseño y de la implementación de la herramienta Netcool/Omnibus, para la gestión a nivel de fallas de la red LTE de un operador de servicios de telecomunicaciones, como se observa en la Figura 1. El alcance de la solución a nivel de fallas a implementar para el operador, está compuesto por el diseño, implementación, estabilización y puesta en marcha del sistema de gestión de eventos para la red LTE por medio de la herramienta IBM que cumple con los requerimientos y necesidades del operador.

Omnibus cumplirá con varias funcionalidades en la solución, como la integración y normalización de los eventos provenientes de los diferentes gestores de la red LTE y permitirá la visualización de estos en un único punto, facilitando las tareas de gestión de los operadores de NOC del operador.

Dentro del modelo a implementar de Omnibus (Tivoli Netcool Omnibus), se configurará una arquitectura multinivel que permitirá soportar el crecimiento de la infraestructura a monitorear y garantiza el óptimo funcionamiento de ésta. En una arquitectura básica de la herramienta, el componente principal es el Object Server o base de datos en la cual se encuentra almacenada la información relacionada con los eventos activos a nivel de fallas de los elementos que hacen parte de la red a gestionar. El despliegue de la herramienta, en el caso del presente trabajo, se realizará bajo el esquema multinivel o multicapa que permite aumentar el rendimiento de la instalación y la capacidad de manejo de los eventos provenientes de la red LTE, por medio de tres capas: colección, agregación y visualización.

Adicionalmente, la instalación de la herramienta incluye la implementación de *gateways*, cuya función es permitir el intercambio de información de eventos entre los diferentes Object Server de la arquitectura, y la instalación de módulos de software configurados para recibir y tratar la información recibida de cada uno de los gestores propios de los fabricantes y que trabajan bajo diferentes protocolos de comunicación y gestión, denominados “probes”.

Para lograr la óptima implementación de la herramienta, esta se divide en las siguientes etapas:

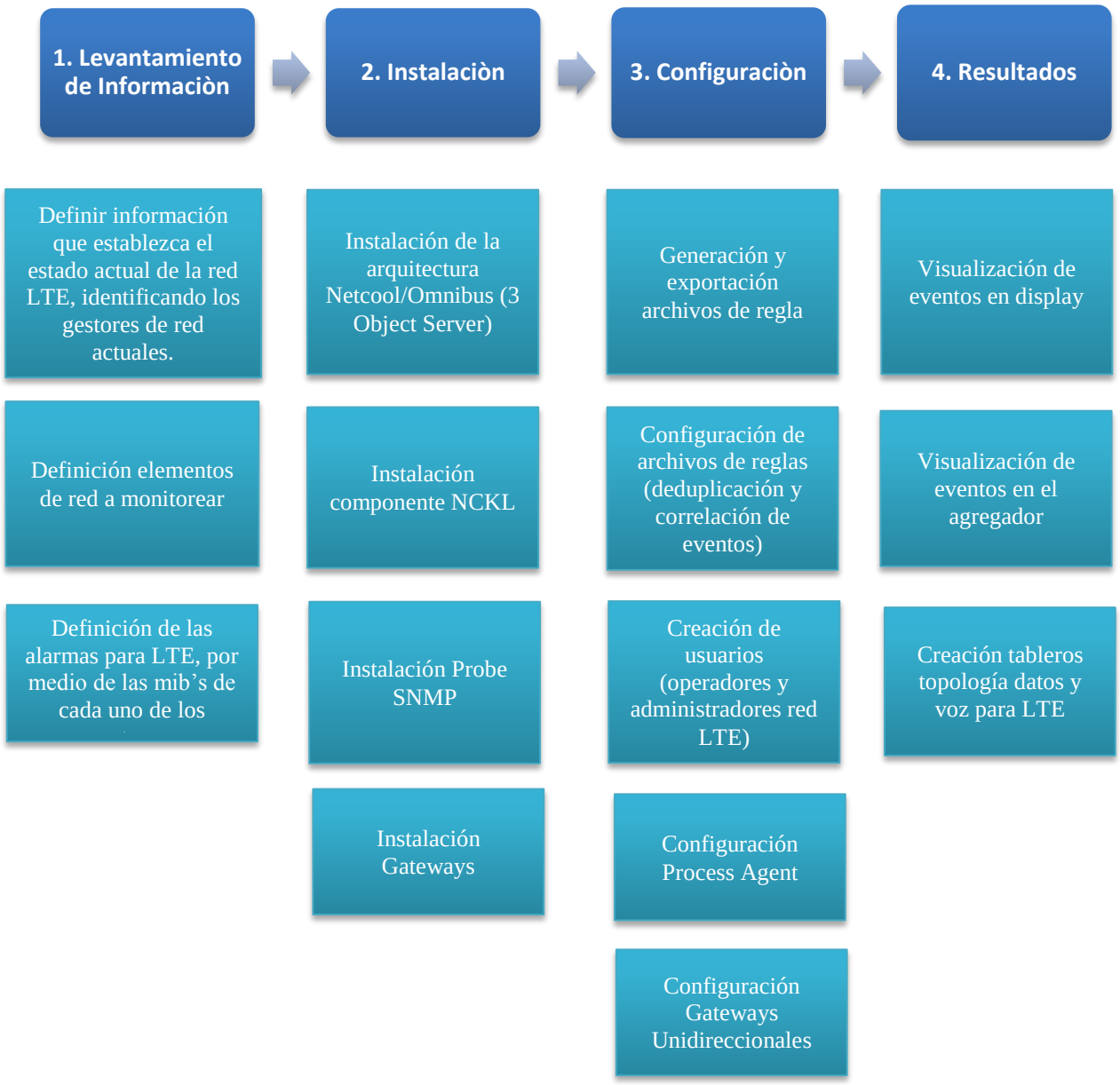

Figura 1. Gráfico metodología para el desarrollo del proyecto desglosado en procesos. (Elaboración propia)

.

PARTE II
Marco Teórico

2.1. GESTIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES

Los conceptos relacionados con la gestión de redes se enfocan en la definición de tareas que involucran procesos de control y gestión de los recursos de la red, que permiten el funcionamiento de ésta. El campo de las telecomunicaciones ha sido el más impactado por la aparición de nuevas tecnologías y la gran demanda que genera en la cotidianidad. Los grandes operadores y diferentes compañías instalan y amplían su infraestructura constantemente, y adicional a esto, unifican sistemas y redes de modo que sea posible la convergencia entre las tecnologías antiguas y las nuevas, toda la evolución de las redes de telecomunicaciones permiten que hoy en día sean soportados cada vez, más servicios y los cuales pueden llegar a involucrar equipos de diferentes y gran cantidad de fabricantes, tipos de configuración, subredes y diversos protocolos de comunicación.

El modelo de administración de redes de comunicaciones TMN (Telecommunications Managed Network) [4] de la UIT, es un marco de referencia para lograr la interconexión entre los diferentes sistemas que componen una red de telecomunicaciones, incluyendo los sistemas de gestión, estableciendo una infraestructura TI que soporte la administración y adicionalmente la prestación de los servicios de telecomunicaciones y que permita la oferta de servicios nuevos y de mejor calidad. [5]

Los recursos para las redes de telecomunicaciones se involucran en la arquitectura TMN, definida por la ITU-T y se encuentra basada en modelos anteriores, la cual se establece de gran utilidad para los operadores de redes de telecomunicaciones en la prestación de sus servicios.

2.1.1 UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (UIT)

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) [4] es una organización especializada en el campo de las telecomunicaciones que hace parte de las Naciones Unidas. El UIT-T [4] (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano que hace parte de la UIT, el cual estudia y emite estándares relacionados con los aspectos técnicos en el campo de las telecomunicaciones, entre otros aspectos, y publica las recomendaciones sobre éstos, con el fin de normalizar el sector de a nivel mundial.

De manera global, las funciones la UIT son la ejecución de los procesos de atribución del espectro radioeléctrico y las orbitas de satélite a escala mundial, elaboración de las diferentes normas técnicas que permiten la interconexión entre las redes y tecnologías, entre otros. [4].

2.1.2 RECOMENDACIÓN UIT-T M.3010: PRINCIPIOS PARA UNA RED DE GESTIÓN DE LAS TELECOMUNICACIONES

La UIT-T es el sector de normalización de las telecomunicaciones perteneciente a la UIT, la SERIE M hace parte del conjunto de recomendaciones del sector en el cual define la Red de Gestión de las Telecomunicaciones o TMN (Telecomunications Management Network). La recomendación *M.3010*, define los principios para una red de gestión de las telecomunicaciones, refiriéndose a las soluciones de gestión que cumplen con los marcos o estándares para el monitoreo de redes definidas por la UIT. [5]

La TMN establece una arquitectura jerárquica la cual se encuentra dividida en diferentes niveles definidos en la recomendación, y que permiten la administración y gestión de las redes de telecomunicaciones, e involucra los procesos de monitoreo y control de los recursos y de los servicios soportados por la red. Entre las principales funciones de la TMN, se definen la administración remota de los componentes pertenecientes a un sistema de comunicaciones y en la transmisión de información, establece una interfaz con los clientes de cada uno de los servicios que permiten la solicitud y modificación de éstos, provee altos niveles de automatización para soluciones e identificar los problemas que se pueden presentar con los recursos y los servicios, y permite la interoperabilidad entre los equipos fabricantes y los diferentes protocolos de tecnología. [5]

En el marco de la gestión de los recursos involucrados en las redes de telecomunicaciones, la recomendación define estándares para las tareas que involucran la administración y gestión de la red, y adicionalmente, permite las comunicaciones de los elementos de red (NE) y los diferentes sistemas implementados de gestión, compuesto por hardware y software. Dentro del modelo funcional de TMN, se establece uno de los principios básicos de la gestión de redes, los cuales son tomados del modelo OSI, y que definen los bloques funcionales del modelo en roles de administrador o agente. Lo anterior establece un proceso de monitoreo en el cual se envían y reciben notificaciones de un rol agente, el cual procesa y tiene la capacidad de emitir eventos y alarmas relacionados con el estado de red y enviados correctamente al único o varios procesos de administración. Este tipo de modelo de gestión, permite conocer y establecer la arquitectura y funcionamiento de una red de telecomunicaciones y de los servicios soportados, lo que para los diferentes operadores se puede traducir en las siguientes ventajas o beneficios [4]:

- **Minimizar los tiempos de reacción de gestión ante eventos de la red.**
- Minimizar el nivel de carga que puede ser ocasionado por el tráfico de gestión cuando se utiliza la misma de red de telecomunicaciones para realizarlo.
- Brindar mecanismos de aislamiento para minimizar posibles riesgos de seguridad.

- **Brindar mecanismos que permiten localizar, contener y manejar los fallos que se pueden presentar en la red.**
- Mejorar el control de los servicios soportados por la red, y la relación con los clientes.

En el desarrollo de la recomendación se define de forma detallada el modelo de red genérico de la red de gestión a través de la arquitectura funcional, la arquitectura a nivel de la información que se maneja en la comunicación de la red de telecomunicaciones y de gestión, la arquitectura física y lógica, y la normalización de la comunicación entre redes.

La recomendación M.3010 establece un panorama a nivel de gestión para redes de telecomunicaciones, la cual permite mantener un control de la operación de la red y de los servicios que ésta soporte, estableciendo objetivos claves en su implementación, entre esos la gestión de fallos.

2.2. GESTIÓN DE FALLOS PARA REDES DE TELECOMUNICACIONES

La gestión de fallos, es uno de los componentes o alcances de la gestión de infraestructura de telecomunicaciones que permite la detección, aislamiento y resolución de los eventos que se presentan en la normal operación de la red, permitiendo mantener un funcionamiento óptimo de la infraestructura TI y minimizar el nivel de disponibilidad de los servicios.

Para el sector de las telecomunicaciones se han desarrollado e implementado diferentes modelos de gestión en los cuales se encuentra dentro de su alcance la gestión de fallos, entre los cuales se encuentra [6]:

- El modelo funcional OSI, el cual introduce los niveles de gestión mediante la definición de las FACPS **(Fault, configuration, accounting, performance and security management)**
- La TNM de la UIT-T, el cual introduce el concepto de una arquitectura compuesta por capas lógicas **(gestión de elementos, gestión de red, gestión del servicio y gestión del negocio)**
- El foro de gestión de las telecomunicaciones, desarrolló el mapa de operaciones de telecomunicaciones mejorado **(eTOM)**, como un marco referencial que permite diferenciar y clasificar los procesos y actividades del negocio de un proveedor de servicios de telecomunicaciones.

Los diferentes modelos, estándares y recomendaciones que introducen, y definen la gestión de las redes de telecomunicaciones permiten identificar la importancia de la implementación de sistemas enfocados a la gestión de fallas como uno de los componentes fundamentales en las tareas y actividades orientadas a la gestión de los

servicios de telecomunicaciones por medio del establecimiento de SLA's[1], lo que establece la relación que existe entre la *gestión de fallas y la gestión de los servicios*, desde diferentes puntos y marco teóricos, que han permitido el desarrollo y mejora de los procesos dentro de las organizaciones y proveedores de servicios de telecomunicaciones enfocados a la gestión de servicios, a mantener y establecer de forma correcta los SLA's, y a definir mecanismos de monitoreo constante de las redes para que se puedan cumplir los acuerdos y asegurar la continuidad en los servicios soportados por las redes de telecomunicaciones de cara a los usuarios finales.

En la prestación de servicios de telecomunicaciones, la importancia de mantener e implementar sistemas para la gestión de fallos, se evidencia en los niveles, calidad y tiempos de continuidad de los servicios, y lo cual se traduce en grandes niveles de aceptación por parte del usuario final.

2.2.1. MARCO REFERENCIAL ITIL

ITIL[2] puede definirse como un marco referencial el cual establece un conjunto de mejores prácticas que involucran la gestión de servicios relacionados con las tecnologías TI. La gestión del servicio se orienta a la entrega a un cliente final, de un conjunto de servicios de TI de calidad, por medio del correcto diseño e implementación de los recursos tecnológicos, los cuales brindarán un valor agregado para una empresa u organización. Desde este punto de vista ITIL, se establece el *ciclo de vida de un servicio* por medio de 5 procesos [7]:

1. Estrategia del Servicio
2. Diseño del Servicio
3. Transición del servicio
4. Operación del servicio
5. Mejora continua del servicio

En la *estrategia del servicio,* se identifica cómo incluir las TI en la estrategia empresarial de una organización de modo que se adicione a los servicios que ésta ofrece un valor agregado y diferencial. El *diseño del servicio,* es el proceso en el cual se desarrolla una estrategia y el servicio como tal, encierra subprocesos tales como la gestión de niveles de servicio, disponibilidad, capacidad, entre otros. *Transición del servicio,* se relaciona con la puesta en marcha de los servicios en base a los diseños del proceso anterior e incluye todos los subprocesos que permiten el inicio o arranque del servicio, y la mejora continua se establece en un marco de 7 pasos que permite evaluar constantemente el estado del servicio. [3]

[1] Acuerdo escrito entre el proveedor de servicios de telecomunicaciones y sus clientes en el cual se encuentra estipulado las responsabilidades mutuas en la prestación de servicios. [3]
[2] Information Technology Infraestructure Library [3]

El proceso *Operación del Servicio,* involucra uno de los pilares o principales razones de como la gestión de fallas traducido en incidentes y eventos, permiten que los servicios se presten de una forma eficaz (cumpliendo a cabalidad con los SLA'S) y eficiente (mejor forma).

2.2.1.1. GESTIÓN DE INCIDENTES Y EVENTOS.

Uno de los objetivos principales dentro de la operación del servicio, es la implementación de tareas y de procesos que son necesarios para mantener, gestionar, y entregar los servicios a los usuarios finales, dentro del nivel esperado por éstos y acordado en la prestación de los servicios. Para lograr mantener un nivel de calidad, y la continuidad de los servicios, uno de los procesos de gestión que hacen parte de la operación del servicio se encuentra enfocado a la gestión y monitorización de la tecnología que brinda soporte a cada uno de los servicios que se encuentran activos. [3]

Para lograr mantener activa y monitoreada la actividad diaria de los servicios, la *operación del servicio* establece cuatro actividades y puntos clave: los servicios, sus procesos de gestión, la tecnología y las personas, a partir de los cuales se definen los subprocesos o etapas que componen la operación del servicio. Los procesos que se relacionan con el estado de los recursos tecnológicos y de los servicios son la gestión de incidentes y eventos, que establecen y detectan su estado actual, manteniendo un control y monitoreo sobre éstos.

La principal función de la gestión de incidencias es resolver los incidentes, de modo que sea posible reestablecer los servicios en caso de algún fallo. A partir de esta función, se establece que debe ser posible identificar oportunamente alteraciones de los servicios TI, los cuales pueden suceder de diferentes fuentes [8]:

- **Errores de software o hardware**
- Errores en la operación del servicio
- Peticiones o solicitudes de servicio

La gestión de Incidencias, desde este punto de vista, permite mantener un control y monitoreo de los procesos involucrados con la infraestructura TI. Dentro de los objetivos de la gestión de incidencias se encuentran [3]:

- La detección de las alteraciones en los servicios TI
- Reestablecer los niveles de operación adecuados, en el mejor tiempo posible.
- Registrar y clasificar las alteraciones
- Asignar los recursos a partir de un SLA.

Todo lo anterior definiendo una incidencia como *"Cualquier evento que no forma parte de la operación estándar de un servicio y que causa, o puede causar, una interrupción o una reducción de calidad del mismo"* [7]

Las actividades involucradas en la gestión de los incidentes, permiten de manera general, mantener un control y monitoreo constante de los procesos del servicio y de los recursos de la infraestructura disponibles, para mantenerlo dentro de los niveles de servicio acordados en un SLA, mejorando la satisfacción de los clientes y usuarios. Relacionado a la gestión de incidentes, se encuentra la gestión de eventos. La gestión de eventos, permite identificar de forma oportuna, los sucesos involucrados en la actividad diaria de la prestación de servicios de telecomunicaciones, los cuales pueden catalogarse a partir de su impacto. En la Tabla 1 se puede identificar la clasificación de los eventos a partir del marco ITIL.

Clasificación de Eventos - Gestión de Eventos [7]

1. Eventos que indican que el servicio está operando con normalidad.	2. Eventos que indican una excepción.	3. Eventos que indican una operación inusual pero no excepcional, y que requieren una monitorización exhaustiva.

Tabla 1. Clasificación de eventos en la operación del servicio del marco referencial ITIL.

A partir de la identificación de los eventos, el proceso de gestión se encarga de realizar su clasificación y determinar el nivel de impacto que tienen en el servicio de telecomunicaciones como tal. Mediante una correcta implementación de una gestión de eventos a nivel del servicio, se puede lograr una monitorización de todos los sucesos, mediante la detección y escalamiento de las condiciones presentadas que afecta directamente la prestación de los servicios.

Este proceso en particular, se encuentra relacionado con otros procesos del marco ITIL, entre los cuales los de mayor importancia relacionada con la gestión de fallos son la gestión de la capacidad y la gestión de los niveles de servicio. La importancia de un buen manejo, control y gestión de los activos de TI dentro de una organización, y los cuales soportan el servicio final entregado al cliente, permite mantener la calidad de servicio dentro de los SLA's definidos conociendo su cumplimiento constantemente, el insumo que brinda la gestión de incidentes son la creación de los informes de seguimiento y estado de las incidencias.

Un evento desde la visión de ITIL, se puede definir como un suceso detectable [3] que tiene importancia dentro de la gestión de la infraestructura o servicios TI, del mismo modo para la valoración del impacto en el momento que el suceso pueda alterar algún servicio. Para lograr mantener la operación de un servicio, es importante conocer y tener una visión del estado de la infraestructura y tener la capacidad de detectar oportunamente las alteraciones en la operación normal, por lo que es necesario que las organizaciones implementen sistemas de gestión.

La definición de la gestión de eventos, define una de sus funcionalidades principales: la detección, análisis y la definición de la tarea respuesta a realizar, los cuales pueden ser aplicados a los aspectos de la gestión general de los servicios que deben ser monitorizados entre los cuales se encuentran los elementos de configuración.

Desde la gestión de eventos, una vez se encuentre el servicio operando, es posible implementar procesos de monitoreo a las alarmas que pueda producirse y las cuales afectan la estabilidad del servicio, los cuales reciben las notificaciones emitidas por servicios, elementos de configuración o de las herramientas ya implementadas en la monitorización y control de la una organización de TI. El valor que esto representa para una organización u operador de telecomunicaciones, se puede detectar desde dos puntos clave: proporciona elementos que permiten la detección oportuna y eficiente de las incidencias, y la monitorización de los procesos de gestión de una forma automatizada [3]. Es importante a través de la gestión de eventos, identificar efectivamente los eventos de importancia y los cuales requieren de la toma de decisiones, y está relacionado con los procesos dentro de la organización que requieren de control y una monitorización constante, se necesita de un buen diseño de gestión para exista un monitoreo constante del rendimiento y la disponibilidad de los servicios TI.

Proceso de la gestión de Eventos

La gestión de los eventos, inicia con la notificación de la presencia de un evento el cual es detectado y filtrado a partir de su importancia e impacto en la operación normal de un servicio, es decir, la clasificación del evento. Este puede ser de carácter informativo o de excepción en el momento en que se presente un comportamiento que altere el servicio o un dispositivo y se inicia un incumplimiento de los SLA (*Ejemplo: "Se ha caído un servidor", "Segmento de red no responde a consultas")*, una vez el evento sea clasificado correctamente se inicia su tratamiento. Algunos conceptos relacionados:

- ✓ Correlación: Define la importancia del evento, a partir del número de notificaciones relacionadas a este.
- ✓ Disparador: Mecanismo que permite la detección del evento.
- ✓ Revisión de acciones: Proceso que permite determinar si se ha tratado de forma correcta el evento o si es necesario realizar un nuevo análisis del evento. En la

Figura 2 se puede identificar el proceso de la gestión de eventos de forma completa:

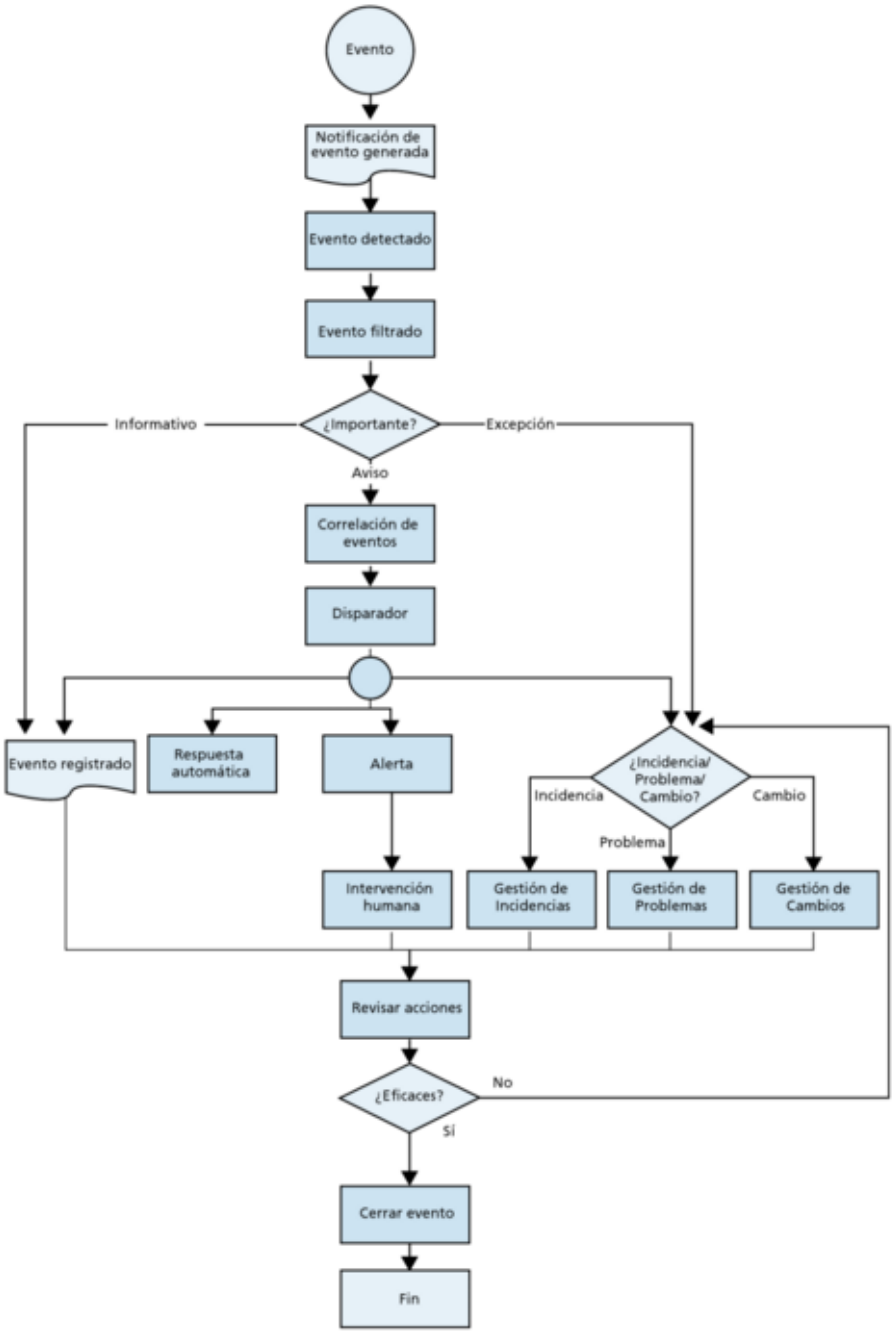

Figura 2. Proceso de gestión de eventos (Fuente: Service Operation, OGC *[3]*)

2.2.2. TM FORUM (TELEMANAGEMENT FORUM)

Es una asociación global de industrias y compañías líderes pertenecientes al sector de las telecomunicaciones que ofrece directrices y prácticas que permiten mejorar los procesos de gestión y funcionamiento de los servicios de telecomunicaciones. Entre los miembros del TM FORUM se encuentran, proveedores de servicios, proveedores de equipos y proveedores de soluciones de programas informáticos y de integración de sistemas [9].

Esta asociación fue fundada en el año 1988 por ocho empresas del sector:

- **Amdahl, Corp**: Empresa TIC especializada en PC IBM. [10]
- **AT & T:** Empresa norteamericana proveedora de servicios de telecomunicaciones.
- **British Telecom PLC:** Empresa líder proveedora de servicios de comunicaciones inglesa. [11]
- **Hewlett – Packard Co** [12]**.:** Fabricante de equipos y dispositivos tecnológicos.
- **Northern Telecom, Inc.:** Fabricante de hardware, software y servicios para el sector de las telecomunicaciones. [13]
- **Telecom Canadá:** Empresa proveedora de soluciones de telecomunicaciones. [14]
- **STC PLC:** Fabricante de dispositivos y equipos de telecomunicaciones (transmisión) [15]
- **Unisys Corp:** Empresa TIC, especializada en proveer soluciones integradas [16].

El principal objetivo del TM FORUM es ayudar a los miembros del foro a establecerse como empresas digitales altamente exitosas del sector, a través del desarrollo e implementación de un conjunto de prácticas que optimizan los procesos de gestión de sus negocios [17]. Para cumplir con su objetivo, el TM FORUM, ha desarrollado y publicado un conjunto de investigaciones, publicaciones, herramientas, mejores prácticas y estándares, todo lo anterior desde la idea de un trabajo grupal: "***By** our members, **for** our members"* [17]

2.2.3. FRAMEWORX

El Frameworx, es un conjunto de mejores prácticas y estándares orientados al servicio e implementado por los proveedores de servicios de telecomunicaciones, que ofrece una descripción de los procesos que son necesarios para lograr una correcta prestación de servicios. Es un modelo basado en procesos que definen la forma de manejar y controlar los métodos internos de la organización, optimizando la integración de las herramientas que hacen parte de la mejora en la gestión de extremo a extremo de los servicios de telecomunicaciones [18].

Los componentes del Frameworx, los cuales se pueden identificar en la Figura 3 son: *Business Process Framework (eTOM), Information Framework (SID), Application Framework (TAM)* e *Integration Framework.*

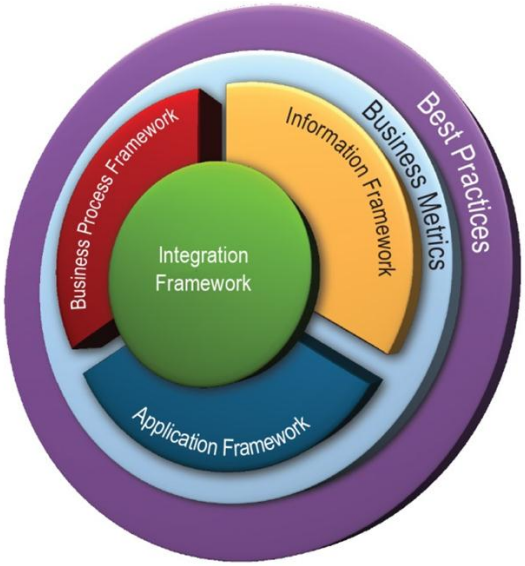

Figura 3. Diagrama que describe los componentes del Frameworx. Tomado de *[18]*

INFORMATION FRAMEWORK (SID): Componente del Frameworx, que establece un modelo de referencia y un estándar de un vocabulario en común que involucra la información a implementar o utilizada en los procesos que componen el *Business Process Framework*. De este modo es posible reducir la complejidad en los servicios como tal, y en los sistemas de integración, desarrollo y diseño de servicios implementados, con un modelo de información con gran capacidad de adaptabilidad. [19]

BUSINESS PROCESS FRAMEWORK (eTOM): Componente del Frameworx, el cual define un catálogo jerárquico de los procesos más importantes para un negocio de telecomunicaciones enfocado en tres áreas principales [20]:

- *Strategy, Infraestructure and Product*
- *Operations*
- *Enterprise Management*

2.2.3.1 APPLICATION FRAMEWORK (TAM)

El TM Forum Application Framework, es uno de los componentes que hacen parte de *Frameworx* [21], el cual suministra o define un marco de referencia y definición de las funcionalidades de las aplicaciones en el sector de las telecomunicaciones que soportan los procesos de un negocio. Adicionalmente, establece un vocabulario en común para las partes de una organización, que diseñan y distribuyen OSS (Operation Support System) y BSS (Business Support System), y brinda una agrupación lógica de las aplicaciones describiendo sus funcionalidades. [22]

TAM presenta un conjunto de aplicaciones reflejado en un mapa sistemático el cual soporta cada uno de los puntos particulares en los procesos de negocio y las tareas que involucran la gestión de un servicio e infraestructura TI, a partir de una necesidad específica de la organización. El componente describe las aplicaciones de cada uno de los dominios del mapa.

Las aplicaciones de gestión de fallas son incluidas en la sección *Fault Management* del TAM, en la cual se exponen las funcionalidades que debe poseer para garantizar el funcionamiento de los recursos de red que soportan los servicios de los operadores y proveedores para el sector de las telecomunicaciones.

2.2.3.2 FAULT MANAGEMENT APPLICATIONS

Parte del Application Framework, que define la agrupación de aplicaciones relacionadas con la Gestión de fallas y sus características necesarias para realizar una gestión sobre los fallos asociados a recursos específicos, entre las cuales se encuentran los procesos de detección, solución y visualización. En la Figura 4 se puede identificar la descripción de la gestión de fallas a partir del Frameworx.

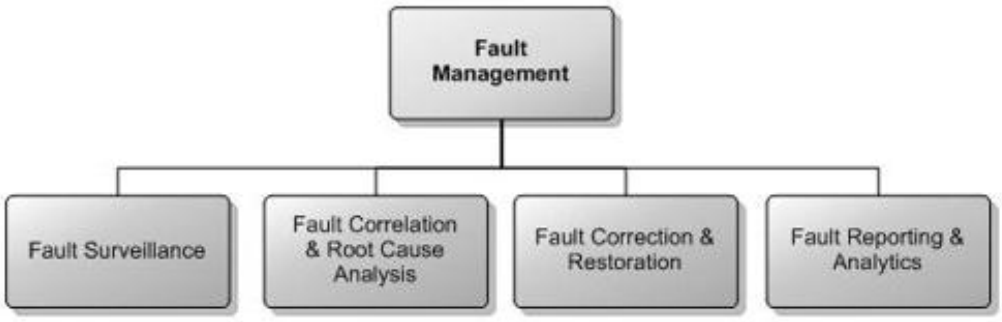

Figura 4. Funcionalidades de las aplicaciones para la gestión de fallas definidas en el TAM. Tomado de *[21]*.

Las aplicaciones que son diseñadas e implementadas para la gestión de fallas, desde la visión del TAM, son las encargadas de la gestión de los incidentes que son asociados con los recursos específicos de los proveedores de servicios en telecomunicaciones. Las funcionalidades definidas [21] para este grupo específico de aplicaciones y que definen el tipo de aplicación dentro de la gestión de fallas son:

1. *Fault Surveillance (Supervisión de fallos)*

   Esta funcionalidad se asocia directamente al monitoreo del estado en operación de los recursos que soportan los servicios de los proveedores del sector. Por medio de este tipo de aplicaciones debe ser posible visualizar el estado de los recursos a través de la implementación de algún tipo de representación gráfica o en forma de tabla, adicionalmente deben estar en la capacidad de realizar la colección de los mensajes de estado de cada uno de los recursos.

2. *Fault Correlation & Root Cause Analysis (Correlación de fallos y análisis de causa raíz)*

   La correlación de los fallos se asocia a la colección de la información de fallos, y adicionalmente de otro tipo de información relevante que permite la relación entre eventos relacionados a un mismo fallo reduciendo su número y optimizando los procesos de gestión de fallos. En esta misma funcionalidad, se encuentra los análisis de causa raíz, los cuales permiten a través de su implementación la detección de la causa origen de un problema, evento o incidente presente en la red.

   Uno de los términos que son implementados en este tipo de aplicaciones, es la *correlación de alarmas*, definida como la capacidad de colectar y relacionar los eventos hacia un mismo fallo a partir de información relevante y la cual reduce el número de fallos gestionados. Además de la correlación, este tipo de aplicaciones manejan otro tipo de términos en el tratamiento de eventos:

   - ✓ Deduplicación: Evita la duplicación de un mismo fallo o evento presentado en la aplicación de gestión, definiendo cierta información que permite la identificación de un fallo como único, por lo que las aplicaciones deben estar en la capacidad de brindar al usuario las herramientas para definir las reglas de deduplicación.
   - ✓ *Auto-clearing:* Se define como la capacidad de la aplicación para correlacionar eventos solución, con aquellos previamente recibidos como fallos de algún tipo de recurso ya sea un NE, NMS o un EMS. Además, la aplicación debe encontrarse en la capacidad de permitir que el usuario defina sus propias reglas de auto-clearing.
   - ✓ *Alarm Thresholding:* La habilidad que debe presentar la aplicación para gestionar una variedad de escenarios en los cuales es necesario la

definición e identificación de las alarmas relacionadas con el sobrepaso de umbrales, que pueden ser originadas por otros sistemas de gestión, como, por ejemplo, sistemas de gestión de desempeño. Las aplicaciones deben estar en la capacidad, por otra parte, de brindar la opción a los usuarios de personalizar los eventos relacionados con esta funcionalidad a través de reglas.

- ✓ Correlación de alarmas con información adicional (topología y configuración) entre los cuales se encuentran: almacenamiento de alarmas y causas raíz, envío de alarmas de otras aplicaciones, presentar la consola de alarmas, colectar alarmas discriminando elementos o tecnología, filtrar, sumarización y reducción del número de alarmas visualizadas, habilidad para asociar los servicios a recursos de una red, enriquecimiento de alarmas a través de bases de datos externas.

Los análisis de causa raíz, se presentan como la capacidad de identificar la causa raíz de un evento o problema y en algunas ocasiones permite la identificación de una causa probable de este. Esta funcionalidad, define que las aplicaciones deben tener adicionalmente la capacidad de:

- ✓ Identificación de la causa raíz a partir de un análisis basado en los procesos de correlaciones de las alarmas.
- ✓ Identificación de las fallas.
- ✓ Consolidación, sustitución de alarmas y eliminación de alarmas sin importancia.
- ✓ Cuando es identificada la causa raíz, la aplicación debe estar en la capacidad de integrarse con las herramientas de creación de tickets.
- ✓ Tener una visión de la topología de red.
- ✓ Brindar detalles de las causas raíz.

3. *Fault Correction & Restoration (Solución de fallos y su restauración)*

   Las aplicaciones con este tipo de funcionalidad se encargan de la reparación y la restauración de los recursos del servicio que presentan los fallos.

4. *Fault Reporting (Presentación de informes de los fallos)*

   Define las aplicaciones que brindan todo un grupo de funcionalidades que construyen y proveen los reportes acerca de las fallas presentes en la red de un proveedor de servicio de telecomunicaciones. Entre varias de sus características, este tipo de aplicaciones puede presentar los informes basados en métricas y pueden ser almacenados.

La gestión de fallas, incluye el tratamiento de los eventos recibidos o alarmas y los cuales representan alteraciones de los servicios soportados por una infraestructura TI y prestados por los operadores y proveedores del sector de las telecomunicaciones. La recomendación de la UIT-T X.733 presenta un marco para la definición y la personalización del tratamiento de las alarmas.

2.3. RECOMENDACIÓN X.733. GESTIÓN DE SISTEMAS: FUNCIÓN SEÑALADORA DE ALARMAS

Esta recomendación de la UIT-T establece una de las funciones principales en la gestión de redes, la definición de las alarmas que se interpretan como la información clave que los gestores de red proporcionan en un proceso de gestión y que es utilizada para definir el estado operativo y la calidad de un servicio de una infraestructura de red y que le permite alcanzar su objetivo dentro de la operación de los servicios. [23]

El conjunto de definiciones otorgada por la recomendación, para cumplir con su principal objetivo e importantes para el entendimiento del tratamiento de la alarma en el presente trabajo de grado son:

- ✓ Alarma, es una notificación de un evento específico y puede o no representar un error. [23]
- ✓ Error, la alteración de un sistema en relación a su funcionamiento normal.
- ✓ Informe de alarma, describe la información de las alarmas.

En una primera instancia, es importante identificar las ventajas de la identificación de las alarmas presentes en un sistema o red de comunicaciones ya que es a través de estos procesos de gestión que es posible mantener niveles de calidad de los servicios que detecta el usuario final. Relacionado con esta funcionalidad, la recomendación expone, la importancia de informar constantemente los fallos que presentan los recursos de la red y clasificarlos de acuerdo al nivel de impacto que estos pueden generar en la calidad de servicio acordada con los usuarios, esta gravedad es clasificada por el nivel de gravedad o severidad.

Además de la información acerca de la gravedad de la alarma, se definen tres parámetros a tener en cuenta en la gestión de fallos:

El tipo de evento, parámetro que clasifica la alarma dentro de cinco categorías básicas, definidas en la Tabla 2:

Tipo de Alarma	*Descripción*
Comunicaciones	Relacionado con los procesos necesarios en el envío de una información entre dos o más puntos.

Calidad de Servicio	Relacionado con la alteración de la calidad de servicio.
Error de procesamiento	Relacionado con los fallos a nivel de procesamiento o un soporte dentro de la red.
Equipo	Relacionado con el daño a un recurso, en este caso equipo.
Entorno	Relacionado con una condición relacionada con el espacio donde se encuentra el equipo.

Tabla 2. Tipos de eventos definidos en la recomendación X.733 *[23]*

Otro parámetro es la *información del evento*, y se relaciona con la información específica que entrega la notificación origen de los gestores de red, entre los cuales se encuentran:

1. La causa probable: Define una descripción específica de la causa probable de la alarma.
2. Problemas específicos: Suministra información adicional y detallada de la causa probable de la alarma.
3. Gravedad percibida: Permite establecer el nivel de capacidad en el que se encuentra un objeto afectado por el fallo y representan el nivel de afectación de los servicios. En la Tabla 3 se describe la clasificación y descripción de los tipos de gravedad percibida.

Gravedad percibida	Referencia de valor ASN.1	Descripción
Eliminada	Cleared	Indica la eliminación de una o más alarmas ya identificadas.
Indeterminada	Indeterminate	El nivel de la gravedad de la alarma no puede ser definida.
Crítica	Critical	Indica afectación del servicio y la necesidad de una acción correctiva **inmediata.**
Mayor	Major	Indica afectación del servicio y la necesidad de una acción correctiva **urgente.**
Menor	Minor	No existe una afectación del servicio, pero necesita una acción correctiva con razones de prevención de

		alteraciones más graves en el servicio.
Aviso	Warnig	Detección de una posible alteración que puede afectar el servicio. Se toman medidas de análisis y diagnóstico.

Tabla 3. Niveles de gravedad percibida de una alarma. Recomendación X.733 *[23]*

4. Situación de respaldo: Específica si el recurso (objeto) gestionado que ha generado la alarma tiene un respaldo y si existe una suspensión o interrupción de los servicios.
5. Información de umbral: Permite determinar su la alarma es generada debido a un sobrepaso de umbral de algún parámetro de desempeño.
6. Identificador de notificaciones: Es personalizable y representa la información clave de la notificación que definen una alarma como única. Es utilizado en procesos de correlación.
7. Definición de cambio de estado de alguno de los recursos.
8. Atributos gestionados: Define los atributos del recurso gestionado y especifica los valores en el momento en el cual se genera la alarma.
9. Texto adicional: Descripción de la alarma que permite la comprensión de la misma.

En la Tabla 4 se puede identificar la descripción de los parámetros que permiten el tratamiento de una alarma a partir de la recomendación x.733.

Parámetro	**Nombre de atributo**
Causa probable	probableCause
Problemas específicos	specificProblems
Gravedad percibida	perceivedSeverity
Situación de respaldo	backedUpStatus
Objeto de respaldo	backUpObject
Indicación de tendencia	trendIndication
Información de umbral	tresholdInfo
Identificador de notificación	notificationIdentifier
Notificaciones correlacionadas	correlatedNotifications
Definición de cambio de estado	stateChangeDefinition
Atributos supervisados	monitoredAttributes
Acciones de reparación propuestas	proposedRepairActions
Texto adicional	ddditionalText
Información adicional	aditionalInformation

Tabla 4. Relación parámetros de una alarma y atributos a partir de la Recomendación X.733 (Tomado de *[23]* **)**

2.4. IBM SUITE TIVOLI

El software de IBM Tivoli, define un conjunto de soluciones orientadas para apoyar y mejorar los procesos de gestión y administración de forma eficiente y efectiva, de la infraestructura y recursos TI dentro de una organización, y de sus procesos y tareas de negocio. Las herramientas que hacen parte de la suite entregan soluciones enfocadas a la gestión de servicios de TI.

El portafolio de la suite tivoli, incluye software para seguridad, almacenamiento, desempeño, fallas, configuración, operación y la gestión continua de la infraestructura TI. [2]

2.4.1. TIVOLI NETCOOL OMNIBUS V.8.1

Es una herramienta de la suite IBM Tivoli, la cual ofrece un sistema de gestión centralizado de niveles de servicio y en tiempo real de los procesos de monitoreo y control de redes, infraestructuras de red y dominios de TI, actuando como un centralizador de eventos por medio de la implementación de procesos de automatización que entregan continuamente la actividad y el estado de las aplicaciones, servicios y recursos que se encuentran dentro del entorno de red específica. Principalmente, Netcool/Omnibus ofrece un nivel de calidad de la infraestructura tecnológica del negocio, aplicaciones, servidores, dispositivos y protocolos de red, almacenamiento y en general de los dispositivos y recursos de red. [1]

La herramienta Netcool/Omnibus consolida en un punto la información de gestión, la cual puede recibir directamente o por medio de otras aplicaciones parte de la suite de IBM, la cual puede ser administrada y tratada de acuerdo a las necesidades de la organización donde es implementada la solución. De forma general, el almacenamiento de la información recolectada se hace en una base de datos en memoria (parte de Netcool/Omnibus), la cual también puede ser visualizada en una de las capas de la herramienta con la implementación de filtros y vistas configurados por los administradores y operadores de la aplicación.

2.4.1.1. COMPONENTES

Los componentes Netcool/Omnibus operan de una forma contigua para lograr *recolectar, gestionar y almacenar* los eventos y alarmas presentes en el entorno de red de la instalación.

Componentes Tivoli Netcool/Omnibus [24]

Los componentes de Netcool/Omnibus (Figura 5) son:

1. ObjectServers
2. Probes
3. Gateways
4. Desktop Tools
5. Administration Tools
6. Web GUI

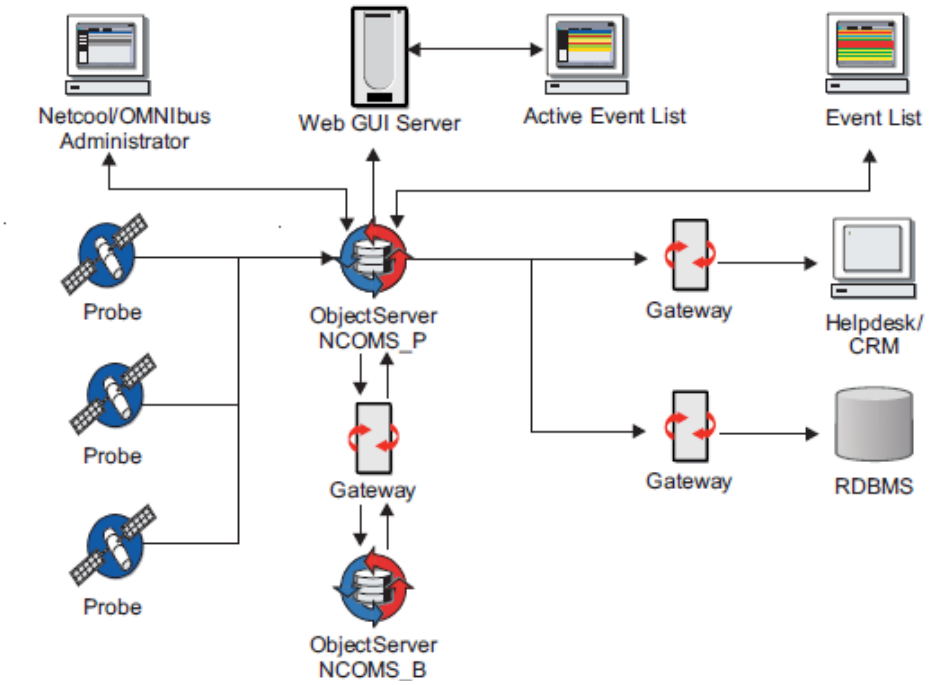

Figura 5. Arquitectura de los componentes de Netcool/Omnibus (Tomado de Manual de instalación Omnibus 8.1 *[24]***)**

1. La anterior figura, presenta la configuración básica de la herramienta Netcool/Omnibus en donde el principal componente es el **Object Server**, el cual es el servidor de base de datos (en memoria) que realiza el almacenamiento de los eventos recibidos de los probes, monitores, aplicaciones externas, etc, es el componente principal de la herramienta.

Existen tres (3) tipos de Object Server dependiendo de su funcionalidad [25]:

- *Agregación:* Es el Object Server principal en una instalación de Netcool/Omnibus. Su función principal es el procesamiento de los eventos, por

medio de automatizaciones, correlaciones, dedupliación, eliminación, entre otros.

- *Colección:* Soportan las conexiones con los probes para la recepción de eventos, y realizan el procesamiento inicial de los eventos.
- *Visualización o display:* Object server de presentación, soporta las consultas externas de usuarios y la visualización de las listas de eventos.

Dos conceptos básicos en la gestión de fallos, son aplicados por el Object Server: la deduplicación y la correlación. Un Object Server utiliza el concepto de dedupliación para identificar eventos únicos y garantizar que solamente se presenten una vez almacenados, y la correlación automatiza la administración de los eventos reconociendo los eventos problema y solución para su borrado en base de datos.

2. Los **probes**, son los componentes de la arquitectura que cumplen la función de detectar y colectar la información de los eventos, la normaliza y la reenvía a los Object Server asociados. El procesamiento de la información colectada, los probes utlizan una lógica definida en un archivo de reglas, mediante la cual se puede modificar y adicionar información relacionada a un evento. [25]

Existen dos tipos de probes [24], los cuales están diseñados para colectar información de los eventos desde una fuente específica:

- Genéricos: Conectividad para la colección de eventos a nivel de protocolo.
- Específicos por fabricante: Conectividad para la colección de eventos con otros gestores.

3. Los **gateways,** son el componente que permite la integración de un Object Server con sistemas y componentes externos [25], como pueden ser herramientas de help desk u otros Object Server. Su implementación permite que los eventos y la información de los eventos sean transferidos a sistemas externos.

   Los gateways por defecto de los Object Server pueden ser bidireccionales o unidireccionales, y están compuesto por componentes de lectura (envían la información de las alarmas a otro object server) y escritura (extraen información de las alarmas de un object server). [24]

4. Los **Desktop tools (herramientas de escritorio),** es un conjunto de herramientas gráficas que son utilizadas para visualizar, manipular y gestionar los eventos y para realizar la configuración de la vista de la lista de eventos y la cantidad de información detallada que se presenta.

5. Las **Administration tools (herramientas de administración),** incluye un conjunto de herramientas y aplicaciones utilizadas por los administradores de

Netcool/Omnibus que permiten efectuar las tareas de configuración y gestión del sistema.

Herramientas de Administración [24]

- Administrador de Netcool/Omnibus: Herramienta gráfica para la configuración, gestión y control de los Object Servers.
- Interfaz SQL: Interfaz que permite conectarse a un Object Server y gestionarlo por medio de comandos SQL además de definir y manejar objetos de la base de datos (datos, tablas y vistas).
- Programa de importación y exportación: Utilizado para la exportación e importación de la configuración de un Object Server.
- Process Control (control de procesos): Herramienta que cumple con dos funciones principales: ejecutar procedimientos externos que son especificados en las automatizaciones, y gestionan procesos locales y remotos relacionados con un Object Server.

6. La Web GUI, es la aplicación web que permite la visualización de lista de eventos de forma gráfica en dispositivos móviles y navegadores web, e incluyen la mayor parte de las características y componentes de las herramientas de escritorio de Netcool/Omnibus. Este componente funciona en modo cliente-servidor y se encuentra en Dashboard Application Services Hub, aplicación que hace parte de la herramienta Jazz for Services Management, a la cual es necesario conectarse para acceder a la Web GUI. [24]

La información relacionada con los eventos, se pueden visualizar y analizar por medio de los widgets que hacen parte del portal, pueden ser tablas, diagramas, etc. Otras aplicaciones para realizar tareas de gestión de los eventos desde el portal Jazz son: el visor de eventos, la lista activa de eventos, elementos de representación gráfica, mapas, entre otros.

2.4.2. JAZZ FOR SERVICE MANAGEMENT V.1.1

Jazz For Service Management es una herramienta que ofrece servicios de integración enfocados en la administración de red, panel de control, creación de informes y seguridad, que definen un modelo o arquitectura de gestión que ofrece un continuo monitoreo y control de la red.

La implementación de *Jazz for Service Management* en soluciones de gestión de red, se encuentra orientada a la optimización los procesos de despliegue, integración y automatización del trabajo de productos IBM, socios y herramientas de terceros.

2.5. REDES 4G –LTE

4G es la cuarta generación de tecnologías de telefonía móvil, que definen una red con gran capacidad y con velocidades hasta 10 veces mayores que las manejadas en las redes de tercera generación [26], basada totalmente en el protocolo IP lo que disminuye los retardos que se puedan presentar, y las cuales mantienen un alto nivel de calidad de servicio y permiten ofrecer una mayor gama de servicios a un mínimo coste.

Entre las características técnicas de las redes 4G se encuentran definidas por métodos para la mejora del rendimiento de la capa de acceso (radio) como MIMO, arreglos de antenas que garantizan mayor cobertura y velocidad, y multiplexación OFDM [27] como tecnología de acceso basada en división de frecuencia. LTE (Long Term Evolution) es la tecnología de acceso por radio 4G definida por el 3GPP en el Release 8 [28], la cual se caracteriza por la implementación de canales o portadoras con anchos de banda de entre 1,4MHz y 20 MHz, que establecen velocidades de downlink de hasta 150Mbps y de uplink de hasta 50Mbps, su implementación y la de sus funciones permite el aumento de la capacidad y de las tasas de transmisión de las redes móviles.

Las arquitecturas funcionales de cada una de las tecnologías de telefonía móvil, están compuestas de forma general por dos capas principales: Acceso y Core.

- ✓ Capa o red de Acceso: Parte de la red móvil que permite la conexión de los terminales de los usuarios finales con el CORE de la red de un operador o proveedor del servicio móvil [29]. Realiza las conexiones en un plano usuario.
- ✓ Capa de Core: Parte de la red móvil que proporciona la conectividad entre los elementos de red que permiten prestar los servicios a los usuarios finales, lo cuales pueden ser: voz, datos o conectividad con otras redes externas. Realiza las conexiones en un plano de control.

La estandarización de la arquitectura y características de las redes móviles, es definida por el 3GGP (3rd Generation Partnership Project) a través de Releases. El 3GPP es una asociación entre organizaciones del sector de las telecomunicaciones que provee a sus miembros estándares que definen las tecnologías de telefonía móvil modernas. Los documentos y estándares emitidos abarcan tecnologías de redes de telecomunicaciones móviles, los cuales incluyen las redes de acceso, core y transporte, además de los tipos de servicios que pueden ser soportados [30].

En la Figura 6 se puede detallar la evolución y los elementos que componen las arquitecturas de las redes móviles estandarizada por el 3GPP a través de los diferentes Release y que actualmente establecen la arquitectura para una red LTE de cuarta generación.

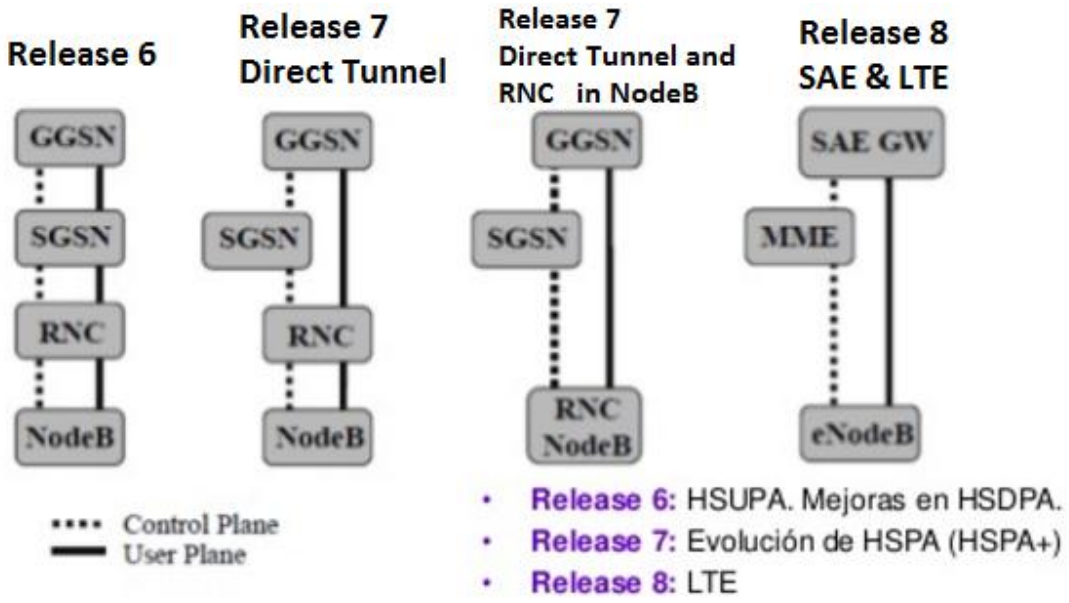

Figura 6. Evolución de la arquitectura de una red móvil (Tomado de *[31]*)

La arquitectura de una red LTE definida igualmente en el Release 8 del 3GPP [28], y es la base en el diseño de las soluciones para redes móviles LTE la cual se está definida por la arquitectura LTE/SAE del 3GPP y la cual se encuentra compuesta por dos capas:

- E-UTRAN (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Nerwork) para el acceso radio.
- EPC (Evolved Packet System) para el core de la red.

Donde cada una de las anteriores partes se encuentra compuesta por diferentes elementos de red.

2.5.1. ARQUITECTURA RED LTE

Los componentes de la arquitectura de una red LTE son la red de acceso por radio E-UTRAN, un dominio de paquetes EPC como capa CORE y un sistema IMS. En la figura 7 se describe una arquitectura LTE típica.

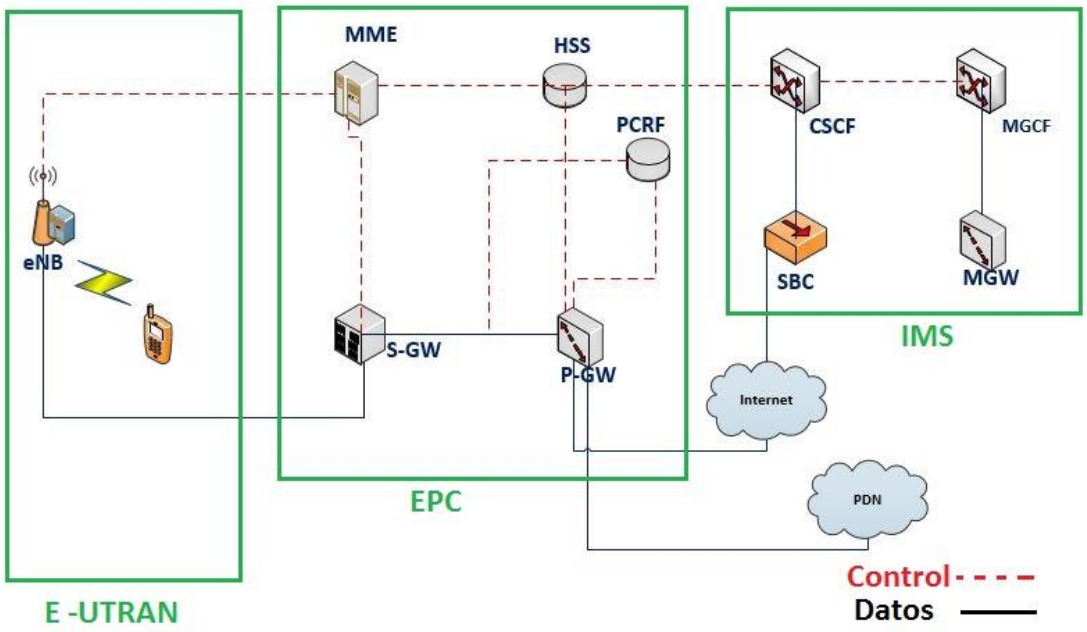

Figura 7. Arquitectura de una red móvil LTE. (Elaboración propia, basado en *[32]* **)**

Las redes móviles LTE se caracterizan por estar basadas en el protocolo IP, por lo que es necesaria la implementación de métodos y técnicas basadas en la conmutación de paquetes. La arquitectura de red LTE, proporciona una solución que permite la transferencia de los paquetes IP entre los terminales de usuario y las redes de paquetes externos de telecomunicaciones, como, por ejemplo, el Internet. [33]

- **Envolved UTRAN o Red de acceso evolucionada (E-UTRAN)** [34]

Red de acceso LTE, la cual se encuentra compuesta por las estaciones bases evolved Node B (eNB), componente que integra las funciones de una red de acceso en un único punto. Estos elementos permiten la conexión entre los terminales de usuario y la red principal o CORE, EPC.

Funciones eNB [35]

- Realiza transmisión de información de los paquetes IP desde y hacia los terminales de usuario, junto con los mensajes de señalización que controlan la operación de la red.
- Gestión de los recursos de la capa de acceso: Asignación de los canales de comunicación, establecimiento del *hand over* (control de la movilidad del terminal).
- Selección del elemento MME, de la capa EPC, para realizar el enrutamiento de los datos de control.
- Realiza el enrutamiento los datos de usuario hacia el S-GW.
- Realiza el control de potencia de los terminales.

- **Evolved Packet Core (EPC)**

Es la capa CORE de la red LTE la cual cumple las funciones de transporte, entre las cuales se encuentran la transmisión de la información relacionada con el tráfico y la señalización, y funciones de control, como el enrutamiento y el monitoreo de los servicios de los servicios soportados por la red, así como la calidad de los mismos.

Funciones HSS (Home Subscriber Server) [35]

- Base de datos central que almacena la información relacionada con la suscripción de los usuarios de un operador específico, y cada uno de sus servicios asociados. Esta base de datos actúa como un servidor AAA (Authentication, Authorization and Accounting), ya que gestiona la autenticación y la autorización de los usuarios, almacenando la información de la localización del usuario y su conexión IP.
- Centraliza las funciones del HLR (Home Location Register) y el AuC (Centro de autenticación o Authentication Centre), entre las cuales se encuentra el almacenamiento de la información relacionada con cada uno de los clientes mediante la aplicación de identificadores (IMSI, ISDN), la información de los servicios contratados por el cliente con sus restricciones de acceso y los datos que permiten la autenticación y cifrado de los identificadores e información relevante.
- Almacena la información sobre el MME con el cual se comunica y enruta o dirige la información un terminal de usuario.

Funciones MME (Mobility Management Element) [36]

- Es el elemento encargado de las funciones y el plano de control del CORE de la red LTE.

- Maneja y gestiona la señalización entre el CORE de la red y el terminal de usuario que permiten el establecimiento de la conexión en la prestación de los servicios.
- Gestiona la movilidad entre redes LTE y otras redes móviles, de modo que sea posible transferir el estado de la conexión del usuario cuando este se encuentre en estado activo, pero a si mismo cumple con la misma función al estar en estado inactivo.
- Genera identificadores (IMSI, ISDN) temporales.
- Selecciona el PGW y SGW para prestar los servicios al usuario final.
- Realiza las taras de autenticación y autorización que permiten el establecimiento de la conexión entre la red E-UTRAN con redes externas.

Funciones SGW (Serving Gateway) [36]

- Control y manejo del Hand Over entre eNB.
- Enruta y reenvía los paquetes IP de los usuarios.
- Maneja y gestiona los datos de usuario.
- Es el punto de la red LTE en donde se monitorean las políticas y métodos de conexión y servicio que se establecen en el PCRF que permiten la administración de la calidad de servicio.
- Se definen las tareas de enrutamiento de los paquetes IP.

Funciones PGW (Packet Data Network Gateway)

- Es la puerta de enlace hacia otras redes.
- Gestiona y asigna las direcciones IP a los terminales de los usuarios.
- Indica el servidor DNS a utilizar para realizar la conexión con redes externas.

Funciones PCRF (Policy Charging and Rule Function)

- Se encarga de la función de tarificación de los servicios de los usuarios.
- Controla el uso y la asignación de los recursos a partir del nivel de calidad de servicio que exige la aplicación.
- Realiza el control y monitorización de los servicios soportados por la red móvil, y se define como el punto central para en el manejo de los recursos y el flujo en la transmisión de la información sobre una red LTE.

La implementación de un sistema IMS permite ofrecer servicios en la arquitectura LTE que requieren de ser controlados por un tipo de "operadora" para el caso de los servicios de voz por IP o VoLTE (voz sobre LTE), permite tener conexión con redes externas y de comunicación con otros terminales IMS, es decir es una plataforma que le da inteligencia a la red. [35]

Este sistema está conformado por elementos basados en protocolo SIP [35]:

- Proxy Call Session Control Function (P-CSCF): Realiza las conexiones con las redes externas, sube los servicios SIP y cumple funciones de registro.
- Interrogating Call Session Control Function (I-CSCF): Determina la necesidad o el servicio al cual desea acceder el usuario.
- Serving Call Session Control Function (S-CDCF): Una vez identificado el servicio a ofrecer, por medio de este elemento se establece el servicio, se realiza un control y registro de la sesión establecida.

El elemento SBC (Session border controller), es un dispositivo implementado en la arquitectura IMS, para realizar control sobre la señalización cuando se establece comunicación o conexión con redes externas, con el objetivo de mantener o realizar llamadas de voz sobre el protocolo IP.

2.5.2. GESTIÓN REDES LTE

Las redes móviles de tercera generación generan a través de sus elementos altos niveles de tráfico de eventos que deben ser capturados, almacenados y analizados para poder mantener un control sobre el funcionamiento de la red y de los servicios soportados por su infraestructura, por lo que la cantidad de eventos generados por las redes LTE es aún mayor. [2]

Algunos de los principales retos operacionales a nivel gestión a los que se enfrentan los operadores de servicios de telecomunicaciones móviles con las tecnologías 4G son [2]:

- Evitar problemas de conectividad en la red LTE que se puedan presentar entre sus elementos, y los cuales afectan la calidad de servicio que distinguen los usuarios finales, por lo que es necesario implementar soluciones de gestión que se encuentre en capacidad de realizar análisis causa-raíz, entre otros.
- Dado que la mayoría de los servicios presentes en las redes LTE, se prestan sobre la tecnología IP, existen gran variedad de puntos en la red en donde se pueden presentar fallas y congestión en la transmisión de datos. Los operadores deben estar en la capacidad de mantener un control sobre el desempeño de la red sobre cada uno de los elementos de forma constante, por lo que es importante implementar soluciones que presenten el estado de la red en tiempo real para mantener la capacidad, velocidad y calidad de esta. A nivel de servicio mantener un control sobre el desempeño y las fallas de la red permite mantener y cumplir los SLA’s con los usuarios finales.
- Mantener una gestión del desempeño de cada uno de los nodos que componen la red LTE, a través de métricas definidas las cuales permitan identificar de forma óptima los principales problemas en la red, sus causas y posibles soluciones.

2.6. IMPLEMENTACIÓN TIVOLI NETCOOL OMNIBUS EN LA GESTIÓN DE FALLAS EN REDES 2G/3G

Tivoli Netcool Omnibus como una solución enfocada a la gestión de fallas, permite identificar y manejar los eventos relacionados y emitidos por los elementos que ponen una arquitectura de red móvil, y de telecomunicaciones en general. Existen varios casos de implementación de esta herramienta para le gestión de fallas de redes 2G/3G con óptimos resultados. [2]

Casos de éxito

***NOTA:** Debido a acuerdos de confidencialidad que se firma con la empresa prestadora de Servicios de Telecomunicaciones, toda la información que haga mención, idea o información sobre la identidad de ella misma, así como de proyectos e implementaciones anteriores no se podrán mencionar.

1- En un operador de telecomunicaciones se implementa una solución de gestión de fallas para el monitoreo de la red móvil 2G y 3G, que incluye herramientas de Netcool/Tivoli entre las cuales se encuentra Netcool/OMNibus. El resultado fue la implementación de la solución en el 95% de la red global del operador que incluyen redes de transporte, fijas entre otros, con una reducción de costos de operación del cas 40% y de los tiempos en la resolución de fallos. La información recibida por la solución es presentada y visualizada en el NOC del operador con mapas GIS y consola de alarmas.

2- En un operador de telecomunicaciones se implementa una solución de gestión de fallas para el monitoreo de las redes 2G/3G y de transporte, que incluye herramientas de Netcool/Tivoli entre las cuales se encuentra Netcool/OMNibus. El resultado incluye la consolidación de la información de alarmas en una base de datos centralizada.

3- En un operador de telecomunicaciones se implementa una solución de integración de fallas y actualización de la red fija, que incluye herramientas de Netcool/Tivoli entre las cuales se encuentra Netcool/OMNibus. El resultado fue la consolidación de las alarmas, que se encuentra en funcionamiento desde hace tres años.

PARTE III
Desarrollo

NOTA: Debido al acuerdo de confidencialidad que se firma con las empresas prestadoras de servicios de telecomunicaciones involucradas en el proyecto, los datos a los que se haga mención y la información sobre la identidad de estas, así mismo como las características de sus redes de telecomunicaciones no se podrán mencionar.

Por tal razón al mencionar el operador en el cual se realizó la implementación se hará mención al nombre de empresa operadora **"Empresa para Telecomunicaciones BOGOMÓVIL"** cuya información se dará a conocer en el desarrollo del presente documento y la cual no corresponde con la verdadera arquitectura y redes de la empresa de telecomunicaciones con que se firmó el contrato y acuerdo de confidencialidad.

La descripción del desarrollo y presentación del presente proyecto, que incluye la arquitectura de la solución, redes de telecomunicaciones, eventos y fallas que se presentan, así como la información de los gestores a integrar en BOGOMÓMIL, se describen en el trabajo realizado y cumple con el objetivo de presentar la forma e implementación de un proyecto, solución para la gestión de fallas en un operador de telecomunicaciones con la instalación y configuración de la herramienta Tivoli Netcool Omnibus para le gestión a nivel de fallas de la red LTE.

3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

3.1.1. DESCRIPCIÓN EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES

BOGOMÓVIL[3] es una empresa operadora de servicios de comunicaciones con presencia a nivel nacional, la cual provee de servicios y soluciones fijas y móviles a sus usuarios, adicionalmente presta servicios de conectividad, comunicación integrada de datos, voz y video entre diferentes puntos o nodos de red con anchos de banda definidos y necesarios para soportar los anteriores servicios, telefonía IP, bases de datos, CRM, ERP, internet, entre otros, para los clientes corporativos.

Para mantener el control y monitoreo de la infraestructura de red de la empresa, BOGOMÓVIL cuenta con plan de gestión de fallas y eventos de los elementos de red que incluye la implementación de diferentes sistemas de gestión por cada fabricante y sectorizado por dominios y subredes que componen la infraestructura, lo que significa un problema para los operadores ubicados en el NOC (Network Operation Center), ya que es necesario estar cambiando de un sistema o de un gestor a otro, lo que no optimiza los tiempos de identificación y resolución de problemas y fallas que se presentan, y adicionalmente al trabajar con diferentes gestores, los niveles de severidad y procesamiento de las alarmas no se encontraban unificados, ya que cada gestor maneja una severidad y criticidad de forma distinta y no es posible determinar el verdadero impacto de la falla en la red y su afectación en la prestación de los servicios.

BOGOMÓVIL plantea la necesidad de implementar y actualizar la solución y red de gestión para su infraestructura TI, por medio del desarrollo de un proyecto que plantea una solución de gestión de los recursos de la red LTE, de los elementos de conectividad de los canales de la empresa y de los servicios de conectividad corporativa que se ofrecen a los diferentes clientes. El objetivo de la solución a implementar es la entrega y presentación de la información de los elementos de red, los eventos, fallas y desempeño de los componentes que soportan los servicios ofrecidos por BOGOMÓVIL.

En el presente documento se presentará la implementación de la solución relacionada con la gestión de los elementos que componen la red móvil LTE del operador.

[3] Nombre implementado en la descripción del proyecto por motivos de confidencialidad.

3.1.2. CONTEXTO DE LA RED LTE

La implementación de la herramienta Netcool/Omnibus se realiza con el objetivo de centralizar la gestión y monitoreo a nivel de fallas de la infraestructura de red LTE del operador de telecomunicaciones BOGOMÓVIL, mediante la implementación y configuración de IBM Tivoli Netcool Omnibus. La infraestructura de la red móvil de BOGOMÓVIL, se encuentra compuesta por dos capas o niveles:

- Capa RAN (Radio Access Network): Establece la conexión por medio de un canal de radio, entre el terminal del usuario y el CORE de la red móvil. La gestión de esta capa se realiza por medio de la implementación de un EMS administrado por un tercero, que entrega la información relacionada con el desempeño y las alarmas presentadas.

- CORE: En esta capa se encuentran los elementos que brindan la conectividad IP entre las terminales de los usuarios (conectados a la red RAN) y las redes externas a las que se encuentran conectada esta capa con el objetivo de prestar los diferentes servicios. La gestión de esta capa se encuentra dividida en dos partes, dada la arquitectura implementada en el operador: La gestión del CORE compartido, la cual realiza por medio de un EMS administrado por un tercero y que entrega la información relacionada con el desempeño y las alarmas presentadas, y la gestión del CORE propio, la cual se realiza por medio de la implementación de un conjunto de gestores propios de cada fabricante. Existen elemento que no se encuentran asociados a un elemento de gestión dentro de la infraestructura, por lo que es necesario llegar por medio de una conexión directa.

ARQUITECTURA DE RED LTE

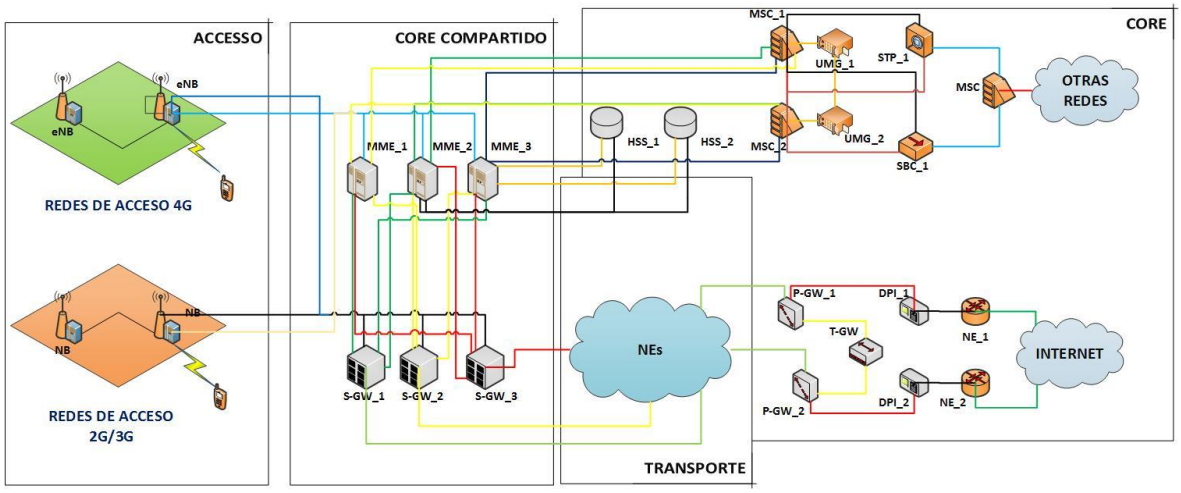

Figura 8. Arquitectura red LTE del operador (Elaboración propia, basado en la arquitectura del operador)

En la Figura 8 se puede detallar como se encuentra compuesta la red LTE del operador BOGOMÓVIL:

- Una capa de acceso RAN compuesta por radio acceso 2G/3G y 4G.
- Una capa de transporte compuesta por diferentes elementos de red (NE) que permiten la conectividad entre la capa RAN y el CORE.
- El CORE de la red LTE, compuesta por: MME, STP[4], UMG[5],MSC,SMSC[6],SBC,P-GW[7],T-GW[8],OCS,HSS/HLR

La gestión de las fallas de la red LTE del operador, incluye la implementación de gestores propios de cada fabricante que se encuentran distribuidos en una capa de gestión conectada a cada una de las partes de la red móvil. En la Tabla 5 se especifican los elementos y gestores de red ubicados en la capa de gestión del operador BOGOMÓVIL para la capa RAN y CORE de la red LTE, relacionado los elementos y equipos de la infraestructura gestionados por cada uno, adicionalmente se presenta la interface Northbund que permite el envío de la información específica con elementos de niveles superiores, que para este caso será la interfaz que permite la comunicación y conectividad con la solución de gestión a implementar e integrar.

GESTOR	ELEMENTOS GESTIONADOS	FABRICANTE	NORTHBOUND INTERFACE (NBI)[9]
M2000	Elementos de la capa RAN y CORE: MME, S-GW	Huawei	SNMP, Corba
M2000	Equipos del CORE: STP, MSC, T-GW, P-GW, UMG, HSS/HLR	Huawei	SNMP, Corba
U2000	Elementos de transporte y conexión entre capas RAN y CORE: NE-40	Huawei	SNMP, Corba
I2000	SMSC	Huawei	SNMP, Corba
DPI	Elementos del CORE	Procera	SNMP
Net Central	SBC	Acme Packet	SNMP

Tabla 5. Gestores Implementados en la gestión de la red LTE

[4] STP: Signal Transfer point. Elemento de red que cumple la función de mantener control y enrutar información de señalización.
[5] UMG: Elemento IP, que cumple la función de conmutador dentro de una red que presta servicios de Voz sobre IP.
[6] SMSC (Shor Message Service Center): Elemento de red que permite el envío y recepción de mensajes de texto en una red móvil
[7] PGW (Packet Data Network Gateway): Elemento del plano de control, el cual maneja y controla los paquetes de información hacia redes externas.
[8] TGW: Elemento enrutador que hace parte del plano de control.
[9] NBI (Interface Northbound): Interfaz que permite el envío y recepción de información que no se considera como tráfico de la red, a niveles superiores en la red.

GESTORES

- ✓ M2000: Sistema de administración Huawei diseñado para las redes LTE que incluye la gestión de un grupo definido de elementos, entre los cuales se encuentra los eNB, y parte de los equipos correspondientes al CORE. [37]. En el caso del operador BOGOMÓVIL, existe un clúster de este tipo de servidores que mantienen la alta disponibilidad de este servicio de gestión.
- ✓ U2000: Sistema de gestión Huawei diseñado para gestionar las redes de transporte, acceso y equipos IP, ofreciendo altos niveles de operación que permiten a los operadores identificar puntos de mantenimiento. [38]
- ✓ I2000: Elemento de gestión Huawei que provee de soluciones en esta área para elementos que prestan los servicios de voz, datos, y servicios 3G e IMS. [39]
- ✓ Net- Central: Elemento de gestión diseñado por Acme Packet e implementado para gestionar el equipo SBC de redes de operadores de servicios de comunicaciones y empresas. [40]
- ✓ DPI: Elemento de gestión diseñado por Packet Logic como una solución de gestión de tráfico e implementado para gestionar los elementos de red PCRF y OCS. [41]

En cuanto a la operación de la gestión de la red LTE se tienen los siguientes perfiles:

Operadores: Cumplen la función de asegurar los servicios y cada uno de los equipos de la red al ser notificados de los eventos que impactan los servicios y su desempeño. En esta función se encuentran los operadores ubicados en el NOC, los de segundo y tercer nivel.

Para optimizar la tarea de los operadores, es necesario que la solución a implementar presente las notificaciones de los eventos presentes en la red móvil por una única herramienta de gestión la cual se encuentre integrada a los gestores ya implementados en la red y anteriormente mencionados.

Administradores: Cumplen la función de mantener la operación de los elementos y software de gestión, lo cual incluye mantener activas las integraciones, funciones y un control sobre cada uno de los componentes que hacen parte de esta.

Para conservar el nivel de calidad en la gestión de la red LTE, la cual permita mantener los servicios prestados activos y sin interrupción y a nivel de servicio permita el cumplimiento de los SLA’s, la nueva solución de gestión a implementar debe estar en la capacidad de gestionar los equipos de las capas CORE, RAN y TRANSPORTE de la red LTE, permitir la recepción, tratamiento y almacenamiento de las alarmas generadas en tiempo real, y que adicionalmente se consideren daños eventuales de la red. La información relacionada con las fallas se presenta por medio de tableros que serán ubicados en el NOC y utilizados y manejados por los operadores.

Otros de los puntos a tener en cuenta son:

- El borrado de datos históricos almacenados sin que este procedimiento afecte la normal operación de la solución.
- Se presente la información relacionada con el monitoreo de los canales de comunicación de la solución con cada uno de los sistemas y elementos de gestión, y al encontrar una falla de conexión emitir la correspondiente alarma.
- Realizar la correlación de las alarmas recibidas, que permitan determinar la causa raíz y la identificación de las fallas consecuentes.
- Visualización en tiempo real de los eventos generados por los elementos de la red LTE.
- La presentación de la información relacionada y que permita la identificación de los fallos y eventos tales como: hora y fecha, tipo de alarma, descripción de la alarma, prioridad o severidad y las causas.

3.2. SOLUCIÓN DE GESTIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA TI A IMPLEMENTAR

La solución y proyecto a implementar en BOGOMÓVIL para la gestión de los recursos de la red LTE, de los elementos de conectividad de los canales de la empresa y de los servicios de conectividad corporativa que se ofrecen a los diferentes clientes, se define por medio de un conjunto de módulos que permitirán el monitoreo de la infraestructura de telecomunicaciones de BOGOMÓVIL.

MÓDULOS

a) **Gestión de fallas y desempeño de los clientes corporativos:** Módulo con la función de monitorear y gestionar a nivel de fallas y desempeño los equipos de acceso de los clientes (CPE) y a través de los cuales se prestan los diferentes servicios.
b) **Aprovisionamiento de gestión de los clientes corporativos:** Módulo que permitirá a los usuarios administradores ingresar a la solución los equipos de los clientes corporativos.
c) **GESTIÓN DE FALLAS Y DESEMPEÑO DE LA RED LTE:** Para la gestión de fallas y desempeño de la red LTE, la solución monitoreará la infraestructura de la red móvil LTE de BOGOMÓVIL, compuesta por las capas RAN y CORE.

La descripción y desarrollo del presente documento se centrará, en la implementación de la herramienta encargada de la gestión de fallas de la red LTE que hace parte del módulo de Gestión de Fallas de la red LTE.

3.2.1. DESCRIPCIÓN ARQUITECTURA DE LA SOLUCIÓN

En la solución de gestión de la infraestructura TI de BOGOMÓVIL, el fabricante principal de los productos y herramientas a implementar es IBM junto con herramientas de terceros para tareas y funciones de gestión específicas. La arquitectura está compuesta entre otras por las siguientes herramientas:

- **IBM Tivoli Netcool/OMNIbus:** Es el componente de la solución que integrará y ejecutará las funciones de gestión a nivel de fallas de los elementos de red que hacen parte de los servicios corporativos, de los gestores implementados en la red LTE y los presentará en una consola por medio de tableros de gestión a los operadores del NOC. Adicionalmente esta herramienta permite realizar la correlación y deduplicación de los eventos y alarmas.
- **IBM Tivoli Netcool/Impact:** Herramienta que permite y desarrolla tareas de automatización a la solución por medio de la creación de políticas.
- **IBM Tivoli Network Manager:** Herramienta que cumple la función de descubrimiento de la red de forma automática y permite la gestión de esta basada en su topología, además de su visualización.
- **IBM Tivoli Common Reporting:** Herramienta que permite la creación de reportes con la información manejada por las herramientas de la Suite Tivoli.
- **IBM Tivoli Integrated Portal:** Es el portal web que integra todas las consolas de las diferentes herramientas de la suite Tivoli.
- **IBM Tivoli Netcool Performance Manager:** Componente encargado de gestionar el rendimiento y desempeño de la red LTE, detecta problemas en este y los envía en forma de alarmas hacia Netcool/Omnibus.
- **IBM Dashboard Application Services Hub:** Herramienta que integra las vistas del resto de las herramientas de modo que se entregue a los clientes corporativos una plataforma con la información y reportes de la gestión.

La arquitectura de la solución permite a los clientes externos, y los operadores de la empresa acceder a un portal en donde se encontrará la información de fallas y desempeño presentada en forma de tableros, reportes y listas de eventos, el cual centralizará la información que es recolectada y procesada por cada uno de los módulos y herramientas que componen la solución de gestión para la infraestructura TI de BOGOMÓVIL.

3.2.2. SOLUCIÓN GESTIÓN DE FALLAS DE LA RED MÓVIL LTE –TIVOLI NETCOOL OMNIBUS

La gestión a nivel de fallas de la red móvil, se encuentra soportada por la herramienta **Tivoli Netcool Omnibus** la cual centralizará la gestión de los elementos y equipos que componen la red LTE.

Las funcionalidades de Netcool/Omnibus se centran en incrementar la eficiencia y en optimizar los procesos de resolución de fallas e incidentes en el operador desde el NOC, estableciéndose como una solución de gestión a nivel de fallas de las operaciones de red, de modo que la herramienta permitirá centralizar la gestión de la infraestructura de red móvil de BOGOMÓVIL, mediante la colección, normalización y presentación de eventos provenientes de los gestores integrados a la solución.

La implementación de la herramienta en la empresa BOGOMÓVIL incluye la instalación y configuración de una arquitectura multicapa que permite mantener el crecimiento de la infraestructura a monitorear y garantiza la operación optima de la gestión. El principal componente de la herramienta y de cada capa de la arquitectura es el Object Server, base de datos en la cual se almacenará la información de los eventos y alarmas que son colectadas y procesadas, la arquitectura multicapa de la aplicación a implementar está compuesta por [24]:

- ✓ **Capa de colección:** Compuesta por dos Object Server, en servidores diferentes. La funcionalidad de esta capa se orienta a la colección de los eventos provenientes de los elementos de la red de los clientes operativos por medio de la implementación de un **Probe SNMP** en cada uno de los servidores los cuales colectan la información desde los CPE de los clientes.

- ✓ **Capa Agregación:** Compuesta por el Object Server de agregación o principal. La funcionalidad de la capa está orientada a la gestión de fallas de la red LTE de BOGOMÓVIL.

  El object server de agregación está conectado al **probe SNMP**, el cual recolecta y procesa la información de los eventos provenientes de los siguientes gestores a través de las interfaces NBI:

  - Huawei U2000 (U2000 Carrier).
  - Huawei M2000 (U2000 Core LTE)
  - Huawei I2000
  - Net Central
  - Packet Logic

  De igual forma el object server se encuentra conectado a una base de datos DB2 de la solución por medio de un gateway jdbc. En esta capa se implementará adicionalmente un Object Server de respaldo para mantener una alta disponibilidad en el servicio de gestión.

- ✓ **Capa de visualización:** Compuesta por dos Object Server, en servidores diferentes configurados en alta disponibilidad. La funcionalidad de esta capa se orienta a la visualización de los eventos y estado en tiempo de la red LTE y clientes corporativos a través de los diferentes tableros y reportes. En estos servidores, adicionalmente, se encuentra instalado el componente Web GUI de Omnibus para permitir la visualización de los eventos almacenados en la capa de agregación por medio de las Listas Activas de Eventos.

La implementación de Netcool/Omnibus en la capa de agregación a instalar en el operador BOGOMÓVIL incluye un gateway JDBC que realizará el envío de eventos a la base de datos de históricos DB2 donde se almacenarán los datos de los eventos y será consultada para realizar los reportes finales de fallas de la infraestructura de red. [42] Del mismo modo se incluye la configuración de los gateways unidireccionales en las capas de visualización y colección que permiten replicar la información de eventos hacia la capa de agregación, punto central de la arquitectura Omnibus.

A través de los módulos de software PROBES, se capturará en la capa de agregación, la información de fallas de los elementos y gestores de red, se definirá el modo del procesamiento de los datos de eventos para poder ser visualizados por la herramienta [25]. El probe a instalar y a configurar es el probe SNMP, el cual realizará la colección a nivel de fallas de los gestores ya mencionados en la red LTE.

En la siguiente figura se describe la arquitectura anteriormente explicada a implementar de la herramienta Netcool/Omnibus en el operador BOGOMÓVIL.

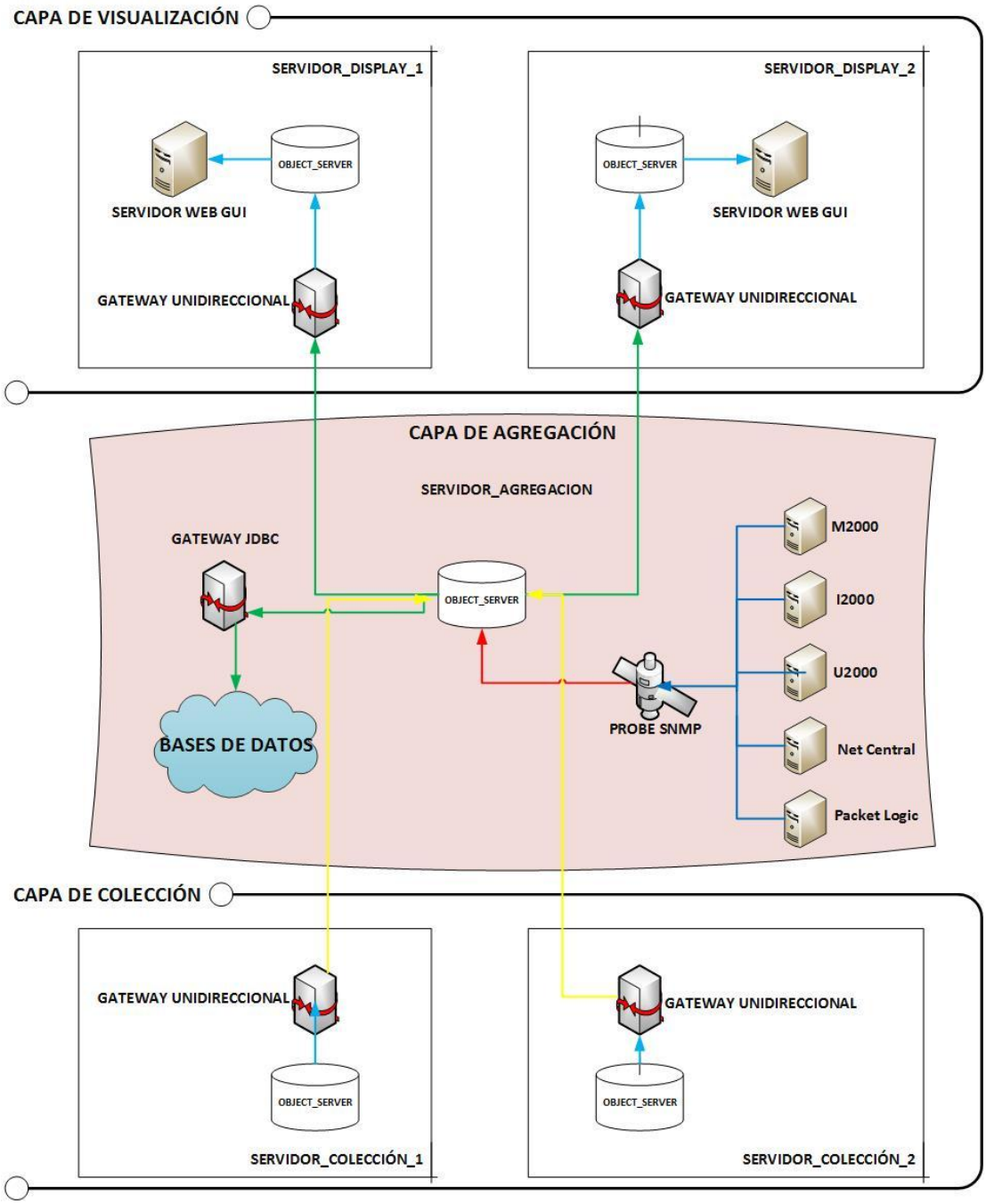

Figura 9. Arquitectura multinivel Tivoli Netcool Omnibus a implementar. (Elaboración propia basada en la implementación de la herramienta)

El presente trabajo describe los procesos de instalación y configuración de las capas de agregación y de visualización de la herramienta Netcool/Omnibus para la empresa BOGOMÓVIL. En la capa de agregación se centraliza la colección y procesamiento de alarmas provenientes de los gestores de la red LTE, y en la capa de visualización se

diseñarán y presentará la información a nivel de la gestión de fallas por medio de dos tableros de topología LTE.

El desarrollo para la implementación de Tivoli Netcool Omnibus como una solución de gestión de la red LTE está compuesto por las siguientes etapas:

1. Levantamiento de Información
2. Instalación
3. Configuración
4. Resultados

3.3. IMPLEMENTACIÓN DE TIVOLI NETCOOL OMNIBUS PARA LA GESTIÓN DE FALLAS DE LA RED LTE DEL OPERADOR

3.3.1. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

Es la primera etapa necesaria para la implementación de Tivoli Netcool Omnibus, la cual tiene como objetivo conocer e identificar los gestores que manejan la gestión de fallas en la red LTE de la empresa BOGOMÓVIL, y el método, conexiones y procedimientos necesarios para integrar la solución de forma óptima y efectiva.

Para el caso de la empresa BOGOMÓVIL el levantamiento de información está compuesto por los siguientes pasos:

- Una reunión con los encargados de la red LTE de la empresa, la cual incluye definición y presentación del sistema de gestión y las interfaces NBI a ser utilizadas para la integración de los gestores de la red LTE con la solución Netcool/Omnibus.
- Entrega de las MIBs de cada uno de los gestores que permiten configurar la integración con la solución.
- Entrega del inventario de los equipos y elementos de la red LTE, la cual incluye nombres, direcciones IP, entre otros.
- Definición de los tipos de alarmas para LTE con sus eventos de clareado para los gestores.
- Definición de los tableros de topología LTE con la presentación de los eventos y alarmas de la red.

En una primera reunión con los encargados del área de la red LTE de la empresa BOGOMÓVIL, se recibe la información sobre la gestión y solución actualmente implementada con los gestores M2000, U2000, I2000, Net Central y Packet Logic y se presenta la solución y arquitectura multicapa de la herramienta Netcool/Omnibus la cual pretende centralizar la recepción de los eventos y alarmas de la red en un único

punto y presentarlos por medio de la implementación de dos tableros de gestión el NOC donde se encontrarán ubicados los operadores encargados de identificar y atender los fallos y problemas con la red que puedan afectar el óptimo y normal funcionamiento y prestación de los servicios de voz y datos a los usuarios finales.

3.3.1.1. DEFINICIÓN INTERFACES NBI

Las interfaces NBI de los gestores implementados en la red LTE, permite la integración con la solución Netcool/Omnibus a través de su conexión y envío de traps al probe SNMP, el cual procesará y reenviará las alarmas al object server para poder ser visualizadas en la lista activa de eventos desde el agregador y cualquiera de los object server en la capa de visualización.

Los componentes NBI son interfaces diseñadas para que aplicaciones externas pueden conectarse con cualquiera de los gestores [43], y es el método de implementación necesario para su interconexión con la herramienta Netcool/Omnibus para su correcta operación. Para el caso de los gestores que operan en el monitoreo de la red LTE de la empresa BOGOMÓVIL, se especifican las siguientes interfaces NBI.

Después de una reunión con los responsables de la gestión de la red LTE se determina el alcance de la solución para la gestión de fallas, en la cual se definen los gestores a integrar con la herramienta, los equipos gestionados y las interfaces NBI a utilizar para la integración, información que se puede detallar en la Tabla 6.

Gestor Actual	Equipos Gestionados	Marca	INTERFAZ NBI
U2000	Equipos de la RAN y CORE compartido: MMEs y S-GW	Huawei	SNMP[10]
M2000	Equipos del CORE: STPs, MSC, T-GW, P-GW, UMG, HSS-HLR	Huawei	SNMP
U2000	NE-40	Huawei	SNMP
I2000	SMSC, VoiceMail	Huawei	SNMP
Packet Logic	Gestores Procera[11] de referencia: PLM 1425, PL8960 – DC	Procera	SNMP
Net Central	SBC	Oracle	SNMP

Tabla 6. Gestores a integrar con la herramienta Netcool/Omnibus y sus interfaces NBI.

[10] SNMP: Simple Network Management Protocol

[11] Plataformas 8000 de gestión marca procera, implementados en las redes de proveedores de servicios para gestionar el rendimiento y capacidad información sobre abonados, los servicios y aplicación de políticas relacionados, que provee análisis y gestión de la congestión que se pueda presentar en la red y que limiten o afecten la prestación de servicios. [46]

3.3.1.2. RELACIÓN MIB – GESTOR

Otro punto importante para realizar la integración con la solución Netcool/Omnibus es la información de las MIB (Management Information Base) de cada uno de los gestores y la cual se utilizarán como insumo para configurar las reglas y el método con el cual serán procesados los eventos y alarmas en la herramienta.

La gestión de la red LTE de BOGOMÓVIL, se realizará desde un punto central de la red a través de dos consolas desde las cuales se puede monitorizar toda la red LTE, las fallas, eventos y alarmas que se puedan presentar y afectar los servicios ofrecidos a los clientes finales, de modo que se optimicen los procesos de identificación y tratamiento de los fallos por parte de los operadores de red, que en lugar de manejar múltiples plataformas de gestión por fabricante, se maneje una única plataforma que centralice los eventos de cada uno de los gestores y elementos de red.

Para poder cumplir con dicho objetivo, cada uno de los gestores de la red LTE colecta la información sobre el estado de los elementos y genera las distintas alarmas y eventos que permiten identificar el estado de la red, y la identificación de eventos críticos para los operadores y que afectan los servicios soportados por la infraestructura.

Cada uno de los elementos que son gestionados poseen un agente el cual emite alarmas si se detectan fallos en la operación de la red, adicional a esto los gestores emiten mensajes constantemente preguntando por el estado de los dispositivos, ese sistema se realiza por medio del protocolo SNMP. La información recolectada por cada uno de los gestores se almacena en las bases de datos MIB, la cual permite obtener la información necesaria para elaborar los archivos de reglas del probe SNMP de Netcool/Omnibus, el cual procesa las alarmas y las reenvía al Object Server, por lo que la empresa BOGOMÓVIL entrega las MIBs de cada uno de los gestores y a partir de los cuales se realizará la configuración de la herramienta.

La definición de las MIB se basa en una estructura jerárquica, en el cual cada objeto dentro de esta se describe a partir de unos estándares determinados y definen su ubicación en la base de datos a través de un OID.

BOGOMÓVIL hace entrega de las MIBs de los gestores:

- Huawei U2000
- Huawei M2000
- Huawei I2000
- Packet Logic
- Net Central

Información a partir de la cual se hará el procesamiento de los eventos y alarmas reenviados al servidor ubicado en la capa de agregación de la solución.

3.3.1.3. INVENTARIO DE LOS ELEMENTOS DE LA RED LTE

Con los objetivos de dimensionar el estado y tamaño de la red LTE y la relación entre los gestores y los elementos gestionados, los cuales permitirán construir los filtros de los tableros de las topologías LTE, como parte del levantamiento de información, la empresa BOGOMÓVIL hace entrega del inventario de los equipos que hacen parte de la infraestructura de red.

El inventario incluye la información relacionada con el gestor que lo monitorea, la versión, el nombre del elemento, tipo, referencia o capa de la red LTE a la que pertenece (RAN – CORE) y el fabricante del gestor, como se puede observar en la Tabla 7.

INVENTARIO ELEMENTOS DE RED A GESTIONAR						
ID	**GESTOR**	**VERSIÓN**	**EQUIPO**	**TIPO DE EQUIPO**	**REFERENCIA**	**FABRICANTE**
1	iManager U2000	Vxxxxxx21	UGWXXX	S-GW	Core Compartido	Huawei
2	iManager U2000	V200xxxx210	UGWXXX	S-GW	Core Compartido	Huawei
3	iManager U2000	Vxxxxx2	UGWXX	S-GW	Core Compartido	Huawei
4	iManager U2000	Vxxxxxx21	USNXXX	MME	Core Compartido	Huawei
5	iManager U2000	V2xxxx210	UXXN	MME	Core Compartido	Huawei
6	iManager U2000	Vxxxxxx21	USNXXX	MME	Core Compartido	Huawei
7	iManager U2000	Vxxxxx2	ML	eNB	RAN	Huawei
8	iManager U2000	V200xxxx210	ML	eNB	RAN	Huawei

Tabla 7. Formato listo del inventario de los elementos de red a gestionar.[12]

A partir del campo Equipo del inventario, se construirán los filtros por cada elemento para ubicarlos y relacionarlos en los tableros de las topologías LTE y de esta forma optimizar los tiempos de búsqueda de los eventos y alarmas de cada uno de estos.

[12] Por motivos de confidencialidad no es posible presentar la lista de inventario completa.

3.3.1.4. DEFINICIÓN TIPOS DE ALARMAS

En una solución de gestión a nivel de fallas es necesaria la elección de los tipos de eventos que serán visualizados por el operador, es decir, se debe definir los eventos que son de utilidad para la resolución de los problemas que se están presentado.

La empresa BOGOMÓVIL determina e informa los eventos de mayor severidad e importancia que serán visualizados por los operadores del NOC, y los cuales provienen de los cada uno de los gestores. Mantener un control sobre las alarmas permite filtrar y mantener activa la información relevante para el operador y que permiten la resolución de los problemas de forma óptima y efectiva.

Algunas de las alarmas definidas en cada gestor se pueden visualizar en las Tablas 8,9 y 10.

GESTOR M2000

Alarm	ID	Severity	Tipo NE	Descripción
Physical entity is removed	0500	Critical	P-GW	This alar mis generated when a board or a suboard on the SPU is removed or in poor contact with the subrack.
Physical entity is reset	0502	Critical	P-GW	This alarm is generated when a board is restardes or the memory mode is configured in error. This alarm is generated when the CPU on the SPU is restarted.

Tabla 8. Ejemplo alarmas definidas para el gestor M2000

GESTOR U2000

ID	Alarm	ID Alarma	Severity	Tipo NE	Descripción
1	hwIfMonitorInputRateRising		Major	NE-40	Interface input flow bandwidth usage exceeded the trap threshold. (EntityPhysicalIndex=[EntityPhysicalIndex], hwIfMonitorInputRatePercentage=[hwIfMonitorInputRatePercentage], hwIfMonitorInputRateThreshold=[hwIfMonitorInputRateThreshold]) The trap was generated when the percentage of the rate of received traffic to the total bandwidth on an interface was greater than the threshold.

Tabla 9. Ejemplo alarmas definidas para el gestor U2000

2	hwIfMonitorInputRateResume	Major	NE-40	Interface input flow bandwidth usage resumed below the trap threshold. (EntityPhysicalIndex=[EntityPhysicalIndex], hwIfMonitorInputRatePercentage=[hwIfMonitorInputRatePercentage], hwIfMonitorInputRateThreshold=[hwIfMonitorInputRateThreshold]) The trap was generated when the percentage of the rate of received traffic to the total bandwidth on an interface became lower than the threshold.

GESTOR I2000

Consecutivo	Alarm	ID Alarma	Severity	Tipo NE	Descripcion
1	Data Stacking	304080101	Minor	SMSC-Voicemail	The VMS Server periodically checks the SM, MM, and email queues and generates this alarm when the number of times that the VMS Server detects a full queue reaches the maximum. The period is specified by the Detection Interval parameter, and the maximum number of times is specified by the Detection Times parameter in VMS management system configuration. For details about the parameters, see Related Information.
2	Invalid Database Object	304080102	Major	SMSC-Voicemail	The Admin Server periodically checks the database object validity and generates this alarm if there is no valid database object. The check period is specified by the Detection Interval in VMS management system configuration.

Tabla 10. Ejemplo alarmas definidas para el gestor I2000

3.3.1.5. TABLEROS DE CONTROL RED LTE

El método para presentar la información relacionada con los eventos y alarmas de la gestión de fallas de la red móvil LTE de la empresa BOGOMÓVIL, son el diseño de dos tableros de control que se ubicarán en el NOC como interfaz gráfica de los operadores y permitirán la identificación y manejo de los problemas presentados en la red.

Los tableros definidos a diseñar e implementar son:

- *Tablero Topología Voz:* El cual incluirá un esquema de red de la infraestructura de red LTE que soporta el servicio de voz, en la cual se identificará de forma clara el estado de cada uno de los elementos y sus eventos o alarmas asociados.

- *Tablero Topología Datos:* El cual incluirá un esquema de red de la infraestructura de red LTE que soporta los servicios de datos, en la cual se identificará de forma clara el estado de cada uno de los elementos y sus eventos o alarmas asociados.

3.3.2. INSTALACIÓN TIVOLI NETCOOL/OMNIBUS

La siguiente etapa de la implementación incluye la instalación de cada uno de los componentes de las capas de agregación y visualización de la herramienta Netcool/Omnbus.

3.3.2.1. VERIFICACIÓN PREREQUISITOS DE INSTALACIÓN

El primer paso a seguir para el inicio de la instalación de Omnibus 8.1 es la verificación de los prerrequisitos de instalación dados por el fabricante y que garantizan el óptimo proceso de instalación y funcionamiento de la herramienta en el ambiente de producción. Se identifica el nombre y dirección IP del servidor en el cual se realizará el proceso de instalación y contendrá el core de Omnibus (object server de agregación)-

La etapa de verificación de los prerrequisitos consta de tres partes, las cuales cubren las condiciones básicas para la instalación de la herramienta Netcool/Omnibus 8.1. La primera etapa se relaciona con la instalación y verificación de versiones de las librerías necesarias, la segunda, la creación del grupo y usuario administrativo de la herramienta en el sistema operativo, información con la cual se cumplirá el proceso de instalación. En la última etapa de verificación se procede a crear las particiones del disco y directorio determinado para la instalación de la herramienta.

3.3.2.2. INSTALACIÓN TIVOLI NETCOOL/OMNIBUS 8.1

El siguiente procedimiento detalla el proceso de instalación de la herramienta Netcool/Omnibus en la capa principal o de agregación y el cual es necesario repetir en los dos servidores que hacen parte de la capa de visualización.

Una vez verificada la creación del usuario administrador de la herramienta, la lista de librerías y cada uno de los prerrequisitos, se inicia el proceso de instalación. El primer paso es la obtención de los medios de instalación de la aplicación, los cuales se obtienen de la página oficial de IBM.

Para realizar la tarea de instalación de la aplicación se ubica el script ./install_gui.sh dentro del repositorio, el cual ejecutará e instalará el asistente Installation **Manager,** como se muestra en la Figura 10.

Figura 10. Ubicación del script para la instalación de Netcool/Omnibus 8.1 (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

Al ejecutar el script, este inicializará el asistente el cual procederá con la instalación de la versión 1.7.2 de Installation Manager, en adición a la instalación de Tivoli Netcool/Omnibus 8.1 Core.

PASOS IMPLEMENTADOS DESDE EL ASISTENTE DE INSTALACIÓN

a) En la primera ventana se definen los directorios en los cuales se guardarán los recursos de la herramienta Installation Manager y así mismo del conjunto de recursos compartidos por los paquetes de instalación de diferentes herramientas IBM. No se realizan modificaciones a los directorios y se da click en **Next,** en la siguiente ventana se acepta el acuerdo de licencia y se da nuevamente click en **Next.**

b) Como se ve en la Figura 11, el siguiente paso es la creación del directorio de instalación para Omnibus 8.1. Se selecciona *Create a new package group,* se especifica el directorio de instalación y se da click en **Next.**

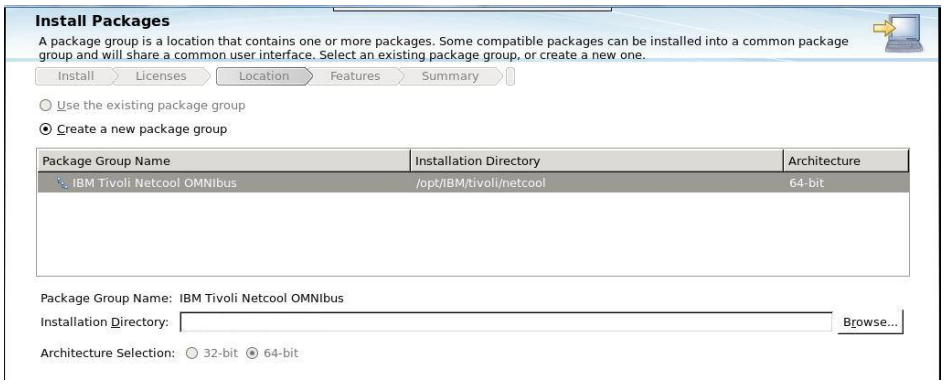

Figura 11. Segundo paso de instalación de Netcool/Omnibus desde el Asistente (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

c) En la ventana consecutiva se pueden visualizar las características o paquetes a instalar para el Installation Manager y Omnibus. Para el caso de Omnibus se procede a instalar todas las características propias del Core, es decir, los componentes de operador, de servidor (object server, gateways, proxy y bridges), procesos de control (process agent), y los componentes para los probes

y gateways que permiten que a herramienta se comunique con los demás elementos de la solución. Se seleccionan los paquetes a instalar y se da click en **Next.**

d) Por último, se visualiza el resumen de todo el conjunto de elementos a instalar propios de Installation Manager y de Omnibus seleccionados durante el proceso de instalación. Luego de revisar los paquetes a instalar se da click en **Install.**

Al finalizar el proceso de instalación se visualizará la siguiente ventana (Figura 12), se da click en **Finish** e iniciará el asistente de configuración de la aplicación.

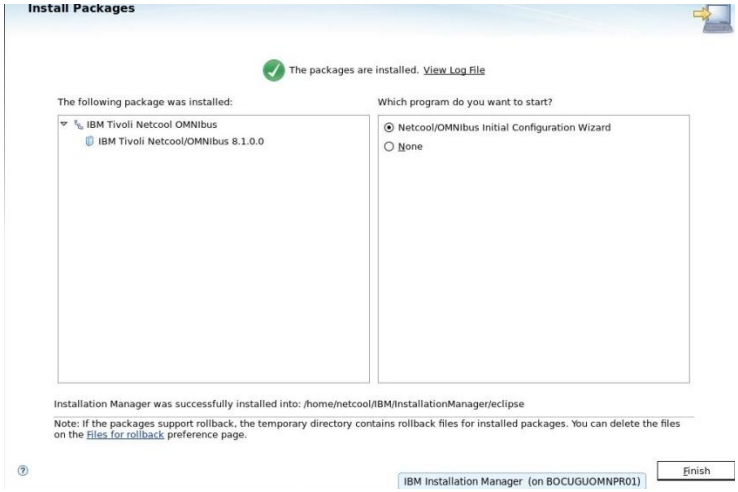

Figura 12. Ventana final de la instalación de Netcool/Omnibus. (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

3.3.2.3. CONFIGURACIÓN INICIAL NETCOOL/OMNIBUS 8.1

La configuración de la herramienta se realizará en una arquitectura multicapa, por lo que es necesario tener en cuenta los requisitos de configuración y ubicación de cada uno de los object server. La Tabla 11 especifica la configuración multinivel para este caso en específico.

Servidor	Capa en arquitectura multinivel	Object Server[13]
Agregador	Agregación	AGG
Visualización_1	Visualización	DIS_1
B Visualización_2	Visualización	DIS_2
Colección_1	Colección	COL_1
Colección_2	Colección	COL_2

Tabla 11. Arquitectura multinivel Omnibus configurada.

[13] Los nombres con los cuales se identifican los Object Server no corresponden a los utilizados en el desarrollo del proyecto.

La primera parte de la configuración se enfoca en la selección de la cantidad de los diferentes tipos de object servers: colección, agregación y de visualización a configurar. Como se evidencia en la tabla anterior, en el ambiente en el cual se desarrollará la herramienta Omnibus, se tendrán dos object server de visualización ubicados de forma separada en servidores Jazz for Service Management y dos object server de colección ubicados de igual forma separada en servidores Tivoli Network Manager, en adición la creación del object server de agregación de realizara en el servidor de la capa de agregación.

En la primera ventana del asistente (Figura 13) se especifican la cantidad de object server y se da click en **Next.**

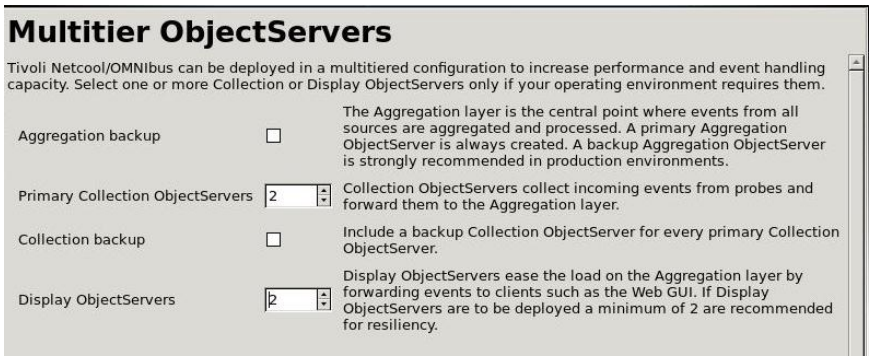

Figura 13. Primera ventana asistente de instalación Netcool/Omnibus (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

En la ventana emergente, se configura la asociación de cada uno de los Object Server a su correspondiente HOST y directorio de inicio de Netcool en el cual se realizará la creación del respectivo object server. Se da click en **Next.**

El paso consecutivo es la definición del *process agent* ubicado en cada uno de los servidores y el cual realizará el control sobre cada uno de los procesos instalados. Al finalizar se da click en **Next.** En la ventana emergente se realiza la configuración de la capa de agregación en la que se define el host y el puerto que por defecto es el 4100. El anterior proceso se repite en cada uno de los servidores donde se instalarán los object server de visualización y colección.

Una vez finalizado el paso anterior, el asistente presenta un resumen de las configuraciones a aplicar, de la click en **Next.** Posteriormente, y por defecto, el asistente presenta los directorios donde se almacena la configuración. Se da click en **Exit.**

Esta configuración define en el archivo de conexiones de Omnibus los servidores a los que se van a conectar, y donde se instalan los otros 2 Object server, mediante el nombre de host, adicionalmente crea el Object Server principal o de agregación.

3.3.2.4. INSTALACIÓN DE LA HERRAMIENTA JAZZ FOR SERVICE MANAGEMENT

El siguiente procedimiento detalla el proceso de instalación de la herramienta Jazz for Service Manager en la capa de visualización, en la cual se crearán los tableros de topología LTE que se serán mostrados en el NOC a los operadores de red.

La aplicación se instaló con un usuario administrador, el cual se crea junto con el grupo administrador. Posteriormente, en el servidor de base de datos de la solución es necesario crear la instancia para Jazz for Service Management, usuario dueño y administrador de la información de la herramienta que se almacenará en esta base de datos. Para poder establecer la comunicación TCP con la instancia de base de datos, en el archivo /etc/services de la base de datos se agrega la línea que detalla los datos de conexión:

Instancia puerto/tcp

Una vez configurado este archivo, se establece la comunicación tcp con la instancia.

Para instalar Jazz for Service Management en cada uno de los servidores de la capa de visualización, dado que la base de datos se encuentra remota, primero, en el servidor de base de datos, es necesario configurar la instancia para el componente Registry Services de la herramienta.

3.3.2.5. INSTALACIÓN COMPONENETES DE JAZZ FOR SERVICE MANAGEMENT

El siguiente paso consiste en la instalación de la herramienta mediante Installation Manager, para esto, en la ruta dónde se descomprimió el instalador de Jazz for Service Management, que incluye también a WebSphere Application Server 8.5 y sus suplementos, como usuario root, se inicia el asistente de instalación como se visualiza en la Figura 14.

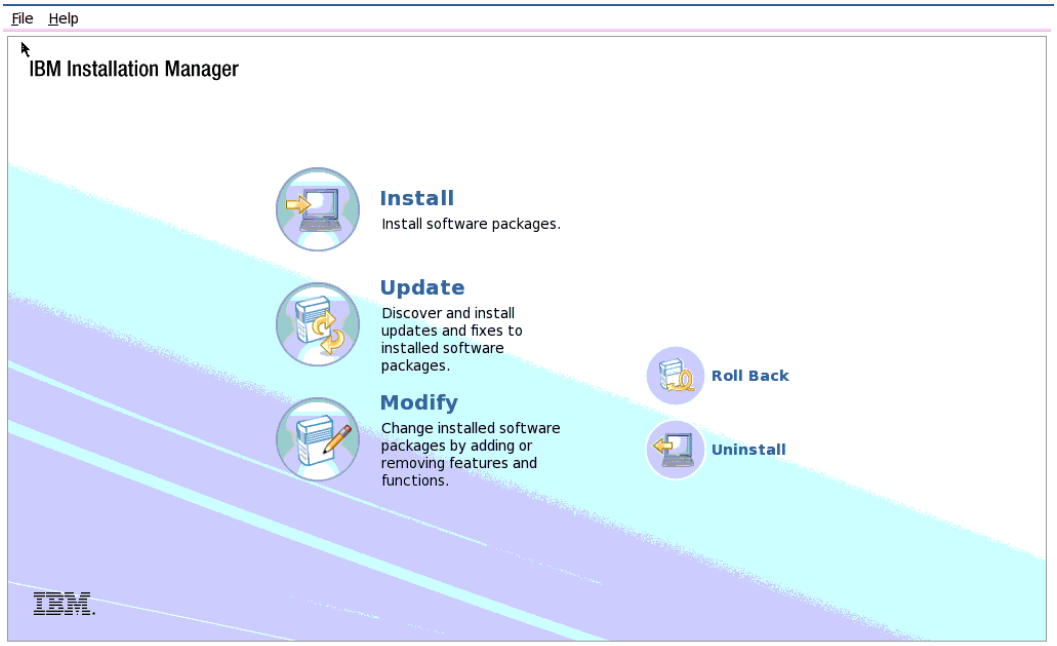

Figura 14. Ventana inicial del asistente de instalación de Jazz For Service Management (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

a) Se accede a la ruta **File, Preference** y se abre la siguiente ventana en la cual se agregan los repositorios que contienen los instaladores de la herramienta. En este caso se encuentran agregados los repositorios de Jazz for SM, de WebSphere Application Server v8.5 y de sus suplementos. Una vez se tienen los repositorios se da clic en **OK**. Se retorna a la ventana anterior y esta vez se da clic en el botón **Install**.
b) El siguiente paso es la instalación de WebSphere Application Server, el servidor de aplicaciones de software de IBM y sobre el cual se instalará y configurará la herramienta Jazz for service Management. Para realizar este paso se sigue el procedimiento paso a paso del asistente Installation Manager.
c) Una vez instalado el servidor de aplicaciones, se realiza la instalación de cada uno de los componentes de la herramienta Jazz for service management, la cual incluye la configuración y conexión con la base de datos de la aplicación creada inicialmente, la definición de los puertos y URL de conexión con Dashboard Application Server, entre otros componentes de la aplicación y las cuales determinan su normal funcionamiento.

3.3.2.6. INSTALACIÓN COMPONENETES DE NETCOOL/OMNIBUS

Luego de la instalación y configuración de los dos Object server de la capa de visualización y el Object Server de agregación, junto con la herramienta Jazz for service management, se realiza la instalación de todos los componentes sobre la arquitectura multicapa de Omnibus descritos en la Tabla 12.

SERVIDOR	ELEMENTOS INSTALADOS
AGREGACIÓN	Probe snmp: Módulo que realizará la captura y procesamiento de la información de los eventos y fallas provenientes de los gestores de la red LTE. Gateway jdbc: Gateway que permite la conexión con la base de datos en el cual se almacenará el histórico de los datos de los eventos y alarmas. Componente NCKL: Elemento de la herramienta que instala los archivos de reglas por defecto de los principales fabricantes.
RESPALDO DE AGREGACIÓN	En este servidor se tendrá instalado un Object Server de agregación, Gateway bidireccional conectado el object server de agregación principal.
VISUALIZACIÓN 1	Componente Web GUI, el cual permite visualizar la información de las alarmas almacenadas en el agregador. Gateway Unidireccional: Gateway que permite la conexión con el Object Server principal, y permitirá recibir la información de eventos y alarmas.
VISUALIZACIÓN 2	Componente Web GUI, el cual permite visualizar la información de las alarmas almacenadas en el agregador. Gateway Unidireccional: Gateway que permite la conexión con el Object Server principal, y permitirá recibir la información de eventos y alarmas.

Tabla 12. Componentes a instalar en la arquitectura multinivel de Netcool/Omnibus

El proceso de instalación de cada uno de los componentes se realiza por medio del asistente Installation Manager (al igual que la instalación del core de Omnibus), como el usuario administrador creado para la instalación Netcool/Omnibus el cual permite realizar cada uno de los pasos de instalación y configuración inicial de los componentes. La ruta de instalación de los componentes es */opt/IBM*. En las Figuras 15,16 y 17 se puede ver la configuración anteriormente descrita.

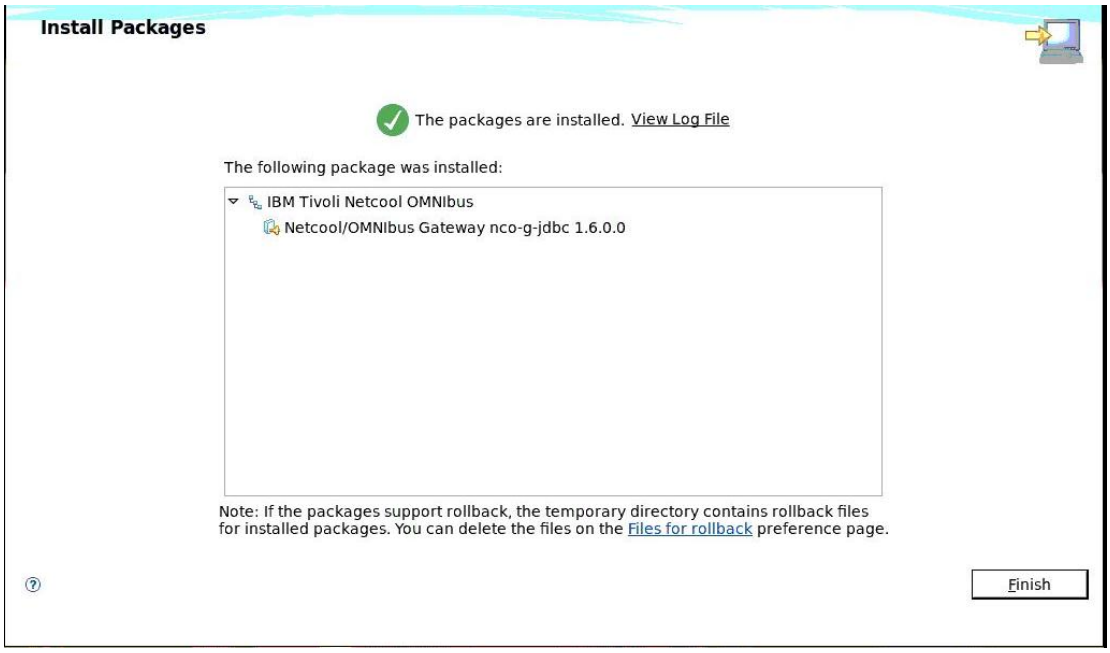

Figura 15. Mensaje de instalación completada del Gateway jdbc (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

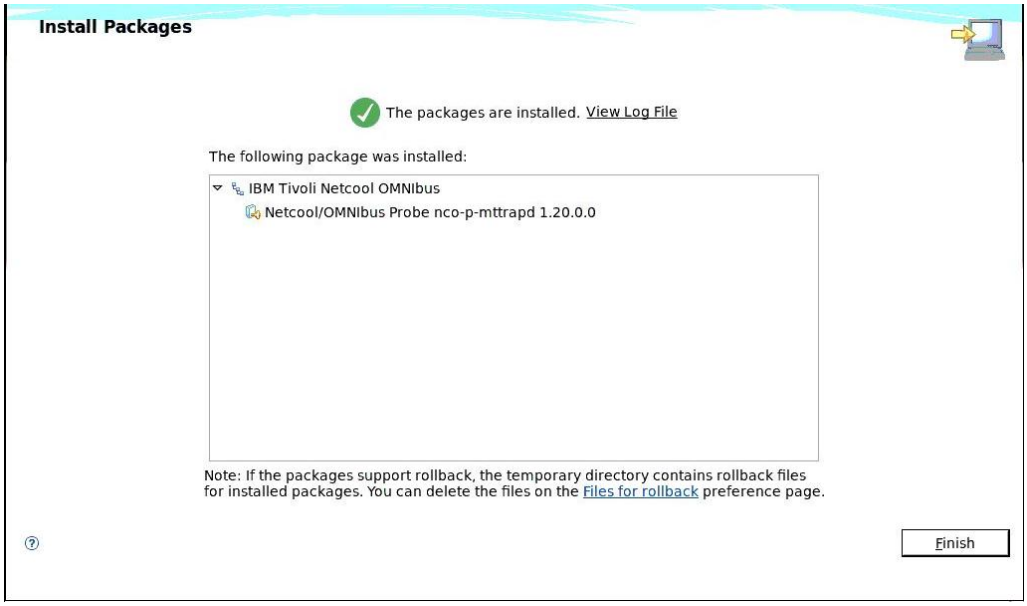

Figura 16. Mensaje de instalación completada del probe SNMP. (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

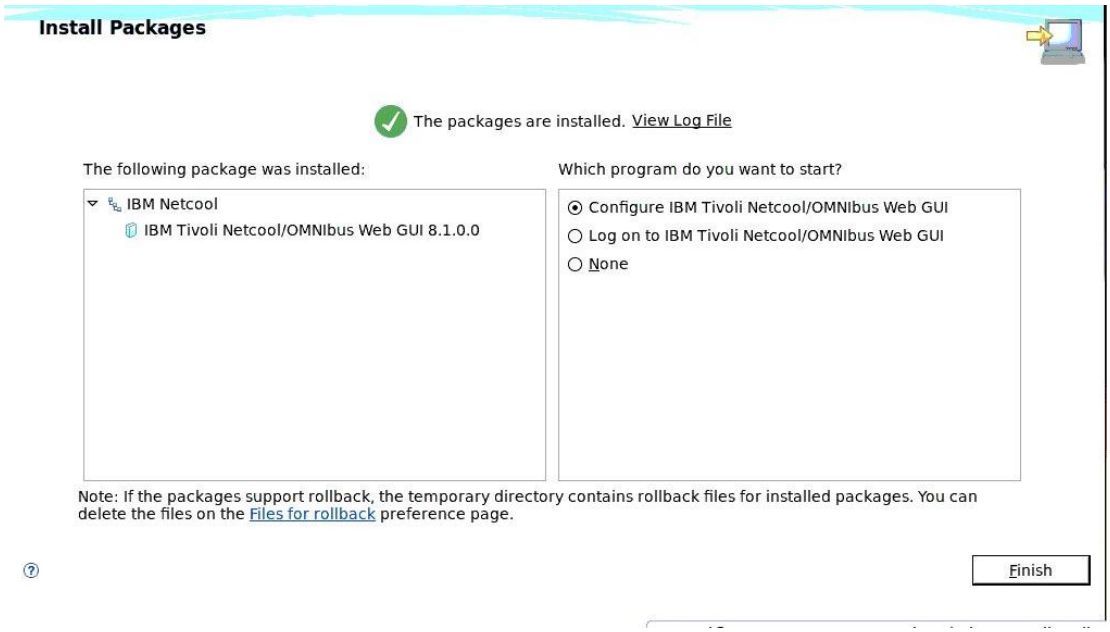

Figura 17. Mensaje de instalación completada del componente Web GUI. (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

Al finalizar la instalación del componente WEB GUI en los servidores de la capa de visualización, se inicia el asistente de configuración inicial de modo que se configure la creación de los Object Server tipo de visualización de la capa.

Los Gateway unidireccionales son instalados con la instalación de la herramienta Netcool/Omnibus por defecto junto con sus archivos de configuración.

3.3.3. CONFIGURACIÓN TIVOLI NETCOOL/OMNIBUS

Una vez instalado y configurado las herramientas a implementar para la gestión de fallas de la red móvil en la empresa BOGOMÓVIL, se inicia con el proceso de configuración de las mismas. La etapa de configuración de la solución se dividirá en dos:

- Configuración de la capa de Agregación.
- Configuración de la capa de Visualización.

3.3.3.1. CONFIGURACIÓN CAPA DE AGREGACIÓN

En la capa de agregación se tiene instalado el core de la herramienta Tivoli Netcool Omnibus, el probe SNMP y el Gateway JDBC.

La primera parte del procedimiento es la creación y configuración del Object Server principal o de agregación en el cual se almacenará la información de eventos y alarmas provenientes de los gestores de la red LTE de BOGOMÓVIL.

3.3.3.1.1. Creación Object Server de Agregación

Al momento de instalar correctamente la herramienta Netcool/Omnibus hay dos directorios y rutas claves donde se ubican los archivos de configuración de cada una de las partes que componen la aplicación, las cuales son: /*opt/IBM/tivoli/netcool/ (cuya variable de entorno es $NCHOME)* y */opt/IBM/tivoli/netcool/ómnibus (cuya variable de entorno es $OMNIHOME).*

El comando que permite la creación de un Object Server se encuentra dentro de los archivos ejecutables de Omnibus en el directorio bin el cual es *nco_dbinit*, este comando ejecuta un programa de inicialización de base de datos y genera los archivos de configuración correspondientes.

Para crear el object server de agregación se ejecuta el siguiente comando:

$OMNIHOME/bin/nco_dbinit -server AGG[14]

En donde la opción *–server* determina el nombre con el que se crea el object server. El resultado de esta operación es la creación del archivo de propiedades *AGG.props* en el directorio etc/ de la herramienta, adicionalmente se crean las tablas de la base de datos de las alarmas, los usuarios, grupos y roles por defecto para la administración de la misma.

Una vez creado el object server es necesario definir los detalles para la comunicación y conexión de este con el servidor en donde se encuentra instalada la herramienta, información que también será utilizada por el resto de los componentes para establecer de igual forma comunicación con el object server.

El procedimiento anteriormente descrito se completa al agregar el object server al archivo de interfaces *omni.dat* y ejecutando el comando que permite la actualización de las conexiones definidas en dicho archivo, como se observa en la Figura 18.

[14] Nombre de Object Server de agregación inventado debido al acuerdo de confidencialidad.

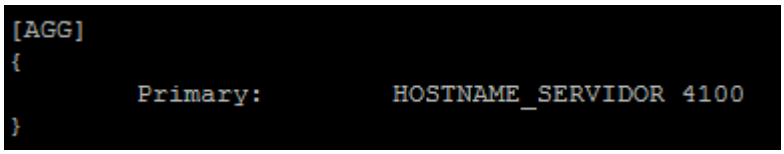

Figura 18. Definición conexión del Object Server de agregación en el archivo omni.dat (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

El puerto por defecto que maneja la herramienta para la conexión con el Object Server y el cual no se modificó es el 4100.

Una vez se ha añadido correctamente los detalles de comunicación en el archivo omni.dat, se puede iniciar el Object Server.

3.3.3.1.2. Inicialización Object Server de Agregación

La inicialización de un Object Server se puede realizar de forma automática con el control de procesos del sistema operativo o manualmente desde la línea de comandos. Para realizar la configuración inicial de la herramienta, se inicia el Object server de forma manual al ejecutar el siguiente comando:

$OMNIHOME/bin/nco_objserv –name AGG

En donde la opción –name hace relación al nombre del object server a iniciar; al iniciarlo este intenta abrir y leer el archivo de propiedades con el nombre especificado para levantar los servicios asociados.

- ✓ ***Tablas en las que se almacenará la información de las alarmas en el Object Server***

La tabla del object server en la cual se almacenará la información de las alarmas es *alterts.status* en donde los principales campos a utilizar para el procesamiento de los eventos se pueden ver en la Tabla 13.

CAMPO	DESCRIPCIÓN
Identifier	Sumarización de campos que hacen una alarma única
Serial	Información para identificar el registro
StateChange	Fecha de la última modificación
FirstOcurrence	Fecha primera vez presentada la alarma
LastOcurrence	Fecha ultima vez presentada la alarma
Type	Numero entero que define si el evento es problema o solución.
Severity	Numero entero que relaciona el nivel de severidad

AltertKey	Recurso o elemento específico que presenta la falla. Se específica la interfaz o puerto.
AlertGruop	Tipo de alarma
Manager	Gestor origen que envía el evento
Summary	Descripción de la alarma
ExpireTime	Tiempo de expiración de la alarma si no se recibe un evento solución
Class	Número que identifica el fabricante (conversión realizada por el object server)
ServerSerial	ID único en la arquitectura que identifica el Object Server principal
Node	Nombre del nodo o del equipo donde se presenta la falla

Tabla 13. Principales campos de la tabla alerts.status ubicada en el object server.

3.3.3.1.3. Configuración Probe SNMP

El object server de agregación se conecta al probe **SNMP**, el cual recolecta y procesa los eventos de los siguientes gestores de la red LTE:

- U2000 (U2000 Carrier)
- M2000 (U2000 Core LTE)
- I2000
- Net Central
- Packet Logic

Al instalar el probe SNMP se crean los componentes de configuración que se observan en la Figura 19.

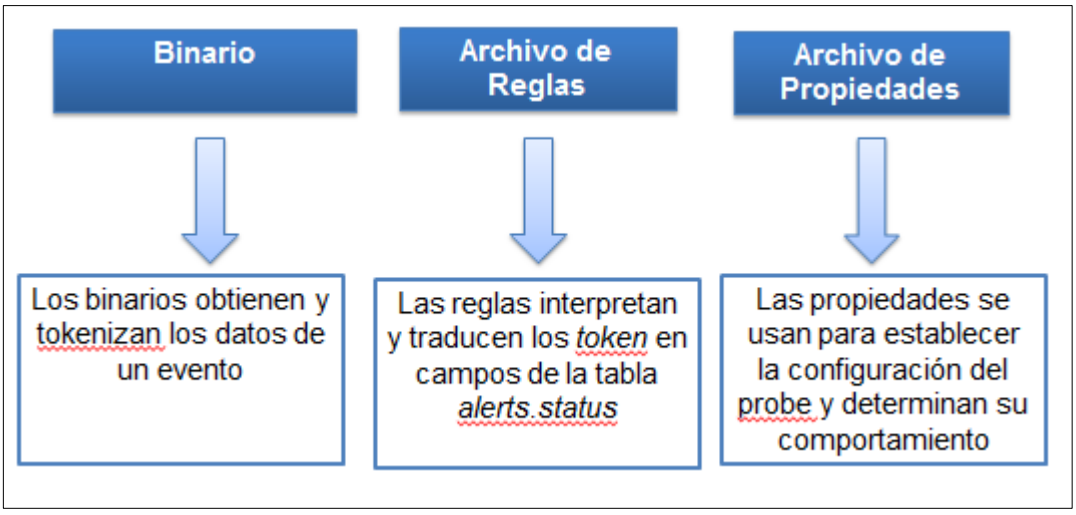

Figura 19. Componentes del Probe SNMP. (Elaboración propia)

El primer paso en la configuración del probe SNMP se centraliza en la modificación y definición del archivo de propiedades (mttrapd.props) en el cual se definen las configuraciones de conexión y operación, así como el archivo de reglas que debe ser leído y procesado.

En la Figura 20 se presentan las modificaciones realizadas en el archivo propiedades necesarias para establecer la conexión con el Object Server de agregación AGG creado.

```
Server                    : 'AGG'
MessageLevel              : 'debug'
RulesFile                 : '$OMNIHOME/rules/snmptrap.rules'
```

Figura 20. Modificaciones del archivo de propiedades (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

El campo Server del archivo especifica el Object Sever al cual se realizará el reenvío de las alarmas, el campo MessageLevel establece el tipo de los mensajes relacionados con la operación del probe y los cuales se podrán visualizar en el archivo log, y el campo RulesFile determina la ruta donde se encuentra el archivo de reglas a procesar.

El segundo paso en la configuración del probe, es la definición de los archivos de reglas que interpretaran la información recibida de los gestores a través de la interfaz NIB y la asociará a los campos de la tabla alert.status para que al reenviarlas al Object server la información sea almacenada y presentada de forma correcta. La operación del probe se describe a través de la Figura 21.

Figura 21. Operación del Probe SNMP instalado. (Elaboración propia)

A partir de las MIBs entregadas por el grupo LTE de la empresa BOGOMÓVIL se generan un archivo de reglas por cada uno de los gestores, a través de la aplicación MIB Manager de la herramienta Tivoli Netcool Omnibus. La aplicación MIB Manager incluye una base de información que contiene MIBs normalmente utilizadas y a partir de RFC, de modo que procesa las MIBs suministradas por el grupo LTE de cada uno de los gestores y genera los archivos de reglas a implementar por Netcool/Omnibus para el tratamiento de las alarmas.

Los archivos de reglas generados para cada uno de los gestores se deben incluir en el archivo de reglas general que será procesado por el probe SNMP.

La integración de los gestores de la red LTE, se completa al modificar los archivos de reglas de modo que la información de las alarmas sea procesada de forma correcta y de acuerdo a los campos que componen la base de datos del object server. Cada una de las MIBs relacionada con un gestor envía la información por medio de tokens, el objetivo de los archivos de reglas es relacionar cada token con un campo en el object server.

Ejemplo: En el archivo de reglas correspondiente al gestor U2000, se especifica la información entregada de un elemento gestionado como se describe en la siguiente tabla, al igual que el tratamiento de la información de modo que pueda ser procesada y presentada por la herramienta Tivoli Netcool Omnibus. En la Tabla 14 se puede visualizar el procedimiento.

TOKEN PROVENIENTE DEL GESTOR	INFORMACIÓN	CAMPO ASIGNADO EN EL OBJECT SERVER
hwNmNorthboundNEName	Nombre del elemento de red	Node
hwNmNorthboundDeviceIP	Dirección IP del elemento	NodeAlias
hwNmNorthboundEventType	Tipo del evento	AlertGroup
hwNmNorthboundNEType	Tipo del elemento de red	AlertKey
hwNmNorthboundObjectInstance	Ubicación física del elemento que presenta la falla Ej: número de rack	AlertKey - Summary
hwNmNorthboundSeverity	Nivel de la alarma	Severity
hwNmNorthboundFaultFlag	Especifica el tipo de alarma (Falla, evento, clareado)	Type

Tabla 14. Ejemplo del procesamiento de un evento por el probe SNMP instalado.

La asignación de la severidad y el tipo en los archivos de reglas de los gestores se asignan por medio de la implementación de un switch, en el cual se asigna en el campo Severity y Type respectivamente, un valor número del 1 al 5 que refleje la severidad de la alarma.

Para el caso de la severidad, la herramienta Netcool/Omnibus implementa los valores que se pueden observar en la Figura 22.

0	Clear		Clareado
1	Indeterminate		No visto antes
2	Warning		Advertencia
3	Minor		Menor
4	Major		Mayor
5	Critical		Critico

Figura 22. Asignación numérica de la severidad en el object server (Tomado de la documentación para la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

De modo que un ejemplo switch implementado es el descrito en la Figura 23:

```
switch($hwNmNorthboundSeverity) {
case "Critical":
                @Severity = 5
                $DEFAULT_Severity = 5

case "Major":
                @Severity = 4
                $DEFAULT_Severity = 4

case "Minor":
                @Severity = 3
                $DEFAULT_Severity = 3

case "Warning":
                @Severity = 2
                $DEFAULT_Severity = 2

case "Indeterminate":
                @Severity = 1
                $DEFAULT_Severity = 1

default:
        @Severity = 1
        $DEFAULT_Severity = 1
}
```

Figura 23. Switch implementado para la asignación del campo severidad (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

El tipo de la alarma determina si es una falla, un evento, o una solución a una alarma ya presentada, el Object server maneja la numeración descrita en la Tabla 15 para interpretar el tipo de evento:

1	**Fallo**
2	Solución

Tabla 15. Tabla que define el tipo de alarma recibido.

A partir del anterior comportamiento se define el switch para la asignación del campo tipo, como se describe en la Figura 24:

```
switch($hwNmNorthboundFaultFlag) {
case "Fault":
                @Type = 1

case "Recovery":
                @Severity = 1
                @Type = 2

case "Acknowledge":
                @Type = 1

case "Event":
                @ExpireTime = 1800
                @Type = 1
                @Severity = 1

case "Change":
                @Type =1

default:
                @Type = 0
}
```

Figura 24. Switch implementado para la asignación del campo tipo (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

De forma general el anterior procedimiento se aplica para la modificación y definición de cada uno de los archivos de reglas de los gestores de la red LTE de la empresa BOGOMÓVIL.

Un punto importante en la administración de los eventos, es la configuración de la deduplicación y correlación, la cual se configura de la siguiente forma en la herramienta Netcool/Omnibus:

- Deduplicación: El campo identifier permite identificar una alarma como única, en el momento que se reciba una alarma con los mismos valores de este campo, y con el objetivo de no duplicar la alarma, se aumenta el valor del campo count, el cual lleva el número de veces que se presenta el mismo evento, un nivel.

- Correlación: Este procedimiento permite reconocer los eventos solución de fallos ya registrados en el object server. Para poder dar por solucionado un fallo de la red de forma automática, los campos: Node, AlertKey, AlertGroup y Manager deben ser iguales, mientras que el campo type debe ser diferente, por lo que es importante identificar y asociar de forma correcta la información proveniente de los gestores a los campos del object server en el respectivo archivo de reglas.

El archivo ejecutable para el probe SNMP se encuentra en la ruta **/opt/IBM/tivoli/netcool/omnibus/platform/linux2x86/bin64/,** el cual es *nco_p_mttrapd,* al momento de ejecutarlo es necesario especificar el archivo de reglas general a procesar y en el que se incluyen la de cada una de los gestores.

3.3.3.1.4. Configuración Process Agent

La herramienta Netcool/Omnibus permite la configuración y utilización de Process Control para la gestión de los componentes (Object Server, Gateway y probes) por medio de la instalación de agentes de proceso los cuales son configurados para que de forma automática se mantengan los servicios continuamente activos. Los agentes de procesos de igual manera, pueden iniciar y detener procesos que involucran a cada de uno de los componentes y conocer el estado del proceso.

En caso de reinicio de alguno de los servidores que pertenecen a la arquitectura de Omnibus, los agentes de procesos se encuentran configurados para que los componentes locales de la herramienta sean iniciados de igual forma. El archivo de configuración de los agentes de proceso es **nco_pa.conf** y se encuentra ubicado en la ruta **/opt/IBM/tivoli/netcool/omnibus/etc.**

La configuración del agente de proceso para cada uno de los servidores debe incluir los procesos relacionados a los componentes de la herramienta. Es importante aclarar que la sentencia ***nco_process*** define cada uno de los procesos gestionados, y ***command*** define el comando para ejecutar cada uno de los componentes.

El agente de proceso de la máquina se define en el archivo de configuración de interfaces como **AGG_PA y** los procesos relacionados en el archivo **nco_pa.conf** son:

a. Object Server: Se usa el ejecutable nco_objserv relacionando el nombre del object server y al agente proceso en el cual está definido. Su proceso se describe en la Tabla 16.

Nombre del proceso	MasterObjectServer
Comando de inicio servicio	$OMNIHOME/bin/nco_objserv -name GU_AGG -pa AGG_PA

Tabla 16. Configuración Process Agent del Object Server

b. Probe Mttrapd: Se usa el ejecutable nco_p_mttrapd relacionando el archivo de propiedades del probe. Su proceso se define en la Tabla 17.

Nombre del proceso	Mttrapd_Probe
Comando de inicio servicio	$NCHOME/omnibus/probes/nco_p_mttrapd -propsfile $OMNIHOME/probes/linux2x86/mttrapd.props

Tabla 17. Configuración Process Agent del probe SNMP.

c. Gateway JDBC: Se usa el ejecutable nco_g_jdbc relacionando el archivo de propiedades del Gateway. Su proceso se define en la Tabla 18.

Nombre del proceso	JDBC_G
Comando de inicio servicio	$NCHOME/omnibus/bin/nco_g_jdbc -propsfile $OMNIHOME/gates/jdbc/G_JDBC.props

Tabla 18. Configuración Process Agent del Object Server

Para administrar cada uno de los agentes de proceso que gestionan los servicios de los componentes de OMNIbus se usan los siguientes comandos:

- Para conocer el estado de los servicios: **nco_pa_status –server [NOMBRE DEL AGENTE DE PROCESO] –user netcool (Se debe introducir la clave del usuario con el que se instaló el componente), como se describe en la Figura 25.**

```
Login Password:
------------------------------------------------------------------------------
Service Name         Process Name         Hostname   User      Status      PID
------------------------------------------------------------------------------
Core                 MasterObjectServer                        RUNNING   48861
                     Mttrapd_Probe                             RUNNING   48862
                     JDBC_G                                    RUNNING   48863
                     EIF_Probe                                 RUNNING   58774
------------------------------------------------------------------------------
```

Figura 25. Estado de los procesos en servidor de agregación (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

3.3.3.1.5. Configuración Usuarios Administradores

El administrador de Netcool/ Omnibus permite la gestión de los usuarios del Object Server de agregación con los cuales se accede OMNIbus propiamente y a las herramientas de IBM que han sido configuradas para que se autentiquen contra object server, como Jazz for service managment para el acceso a los tableros de topología.

Desde el administrador de Omnibus y conectados el object server de agregación, a se realiza el siguiente procedimiento desde el menú *User* para la gestión de usuarios y grupos. Para el caso de la empresa BOGOMÓVIL, se crea un usuario administrador de la herramienta con los permisos necesarios para gestionar y aplicar cambios en la herramienta, y un usuario por cada operador del NOC de modo que puedan acceder y visualizar la información de las alarmas directamente desde el object server de agregación.

3.3.3.2. CONFIGURACIÓN CAPA DE VISUALIZACIÓN

En la capa de visualización se tiene instalado la herramienta Tivoli Netcool Omnibus y Jazz for service management.

La primera parte del procedimiento es la configuración de la herramienta Tivoli Netcool Omnibus:

- Creación de los Object Server de visualización en el cual se almacenará la información de eventos y alarmas provenientes de la capa de agregación. El procedimiento para la creación de los object server de visualización se realiza con la implementación del comando *nco_dbinit*, especificando los nombres definidos.

- Adicionalmente en esta capa se configuró un Gateway unidireccional en cada uno de los servidores en el puerto 4300, por el cual se realiza la conexión con la capa de agregación. Es necesario definir dicha conexión en el archivo de interfaces omni.dat.

La aplicación Jazz for Service Management, incluye un portal en el cual se presentará la información recolectada por la capa de agregación en forma de reportes y tableros. Para el caso de los eventos y fallas de la red LTE de la empresa BOGOMÓVIL, en esta herramienta se crean dos tableros de topología de red.

- *TOPOLOGIA DE VOZ:* En este tablero se gestionan los eventos asociados a la red para voz de LTE, por medio de tres indicadores analógicos que reflejan el número de eventos registrados por cada uno de los gestores, una lista de eventos

con la información de los elementos de red, y un mapa con la topología de red donde se especifican los elementos gestionados.

- *TOPOLOGIA DE DATOS:* En este tablero se gestionan los eventos asociados a la red para datos de LTE, por medio de un mapa topológico de la red donde se especifican los elementos gestionados y una lista de eventos con la información de dichos elementos.

3.3.3.2.1. Creación Tableros Topología red LTE

El grupo LTE de la empresa BOGOMÓVIL hace entrega de dos mapas los cuales detallan la topología de las redes de voz y datos LTE, como insumo para la elaboración de los tableros que serán implementados en el NOC y utilizados por los operadores para la resolución de las fallas que se puedan presentar.

En la herramienta Jazz se crean filtros a partir del inventario entregado por la empresa, de modo que sean asociados a cada elemento activo de la red, con el objetivo de implementar un tablero interactivo en el que al ser click sobre el elemento gestionado sea posible generar la lista de eventos asociada a este. Adicionalmente se implementan tres contadores analógicos en los cuales se pueden visualizar el número de eventos generados por los tres gestores principales del CORE de la red LTE:

- I2000
- U2000
- M2000

La lista de eventos general para cada una de las topologías, en la cual se pueden visualizar los eventos asociados a los elementos de red se ubica en la parte de debajo de cada uno de los tableros.

3.3.3.2.2. Lista de Filtros Tableros LTE

Los filtros que se implementan en los tableros de la topología LTE se encuentran asociados a los nombres de los nodos o equipos del campo node del object server, los cuales concuerdan con la información suministrada en el inventario de elementos a gestionar de la red por parte de la empresa BOGOMÓVIL. Su creación se puede observar en las Figuras 26 y 27.

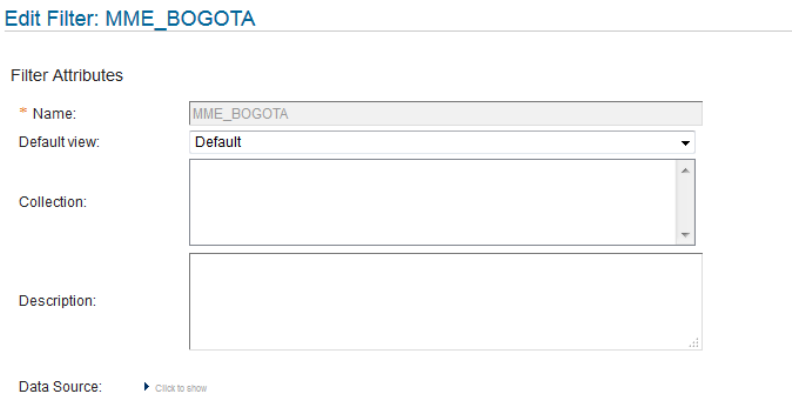

Figura 26. Ejemplo creación de un filtro para el equipo MME de la topología LTE. (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

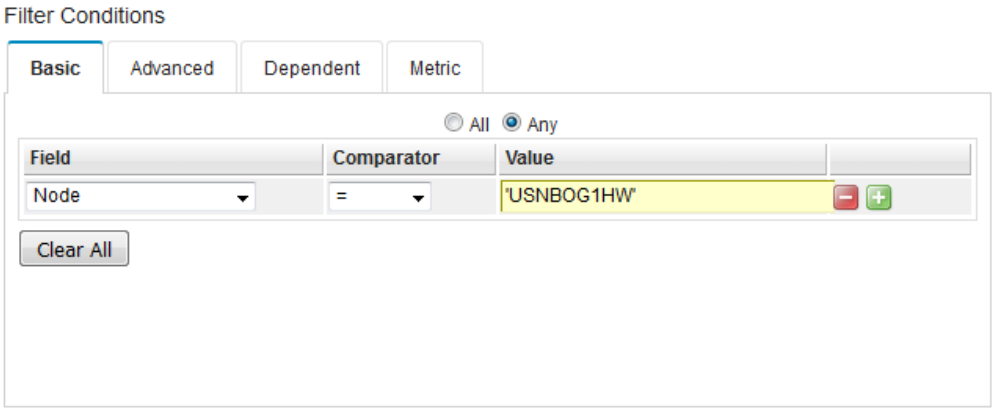

Figura 27. Asignación filtro para el equipo MME de la topología LTE (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

3.3.3.2.3. Lista de Eventos red LTE

Una de las herramientas que incluye el Jazz es la posibilidad de acceder a la lista de eventos del Object Server de Agregación, la cual incluye información de fallas de la red LTE. En las Figuras 28 y 29 se puede ver el acceso a la lista de eventos a través del portal Jazz For Service Management.

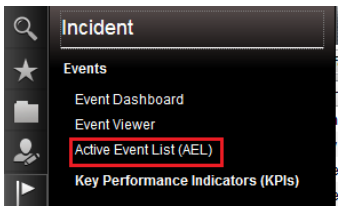

Figura 28. Acceso a la lista de eventos desde el portal Jazz (Capa de visualización) (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

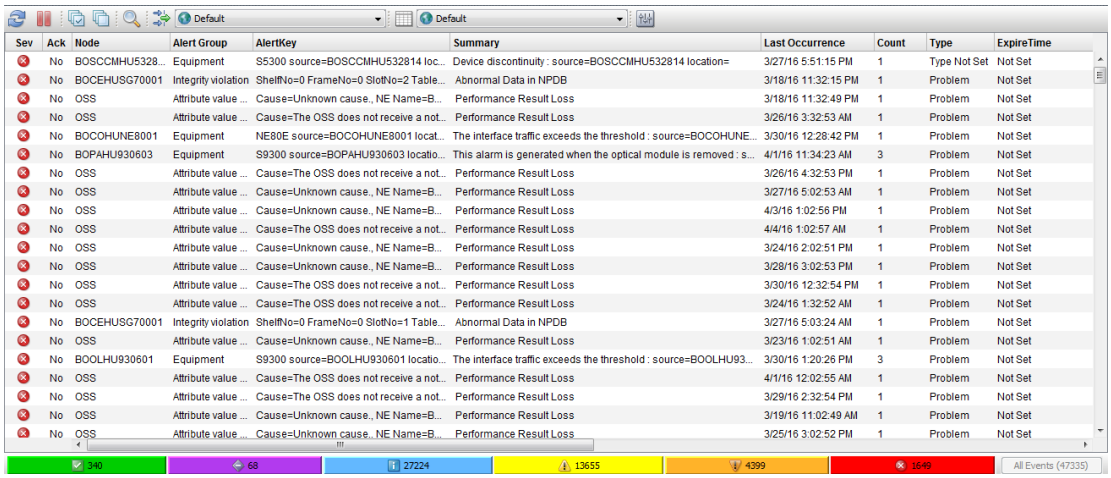

Figura 29. Lista de eventos registrados desde la capa de visualización recibidos desde el object server AGG. (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

3.3.4. RESULTADOS GESTIÓN DE FALLAS RED LTE

La instalación y configuración de la herramienta Tivoli Netcool Omnibus para la gestión de fallas de la red LTE de la empresa BOGOMÓVIL entrega como resultado una solución que permite a los operadores identificar los problemas presentados en la red de forma oportuna por medio de:

- Dos tableros de gestión de fallas de las topologías de voz y datos.
- Lista activa de eventos de la red lte.

3.3.4.1. TABLEROS LTE

3.3.4.1.1. Topología de Voz LTE

En este tablero el operador del NOC puede gestionar los eventos asociados a la red para voz de LTE, por medio de tres indicadores analógicos que reflejan el número de eventos registrados por cada uno de los gestores, una lista de eventos con la información de los elementos de red, y un mapa con la topología de red donde se especifican los elementos gestionados. El tablero creado se puede visualizar en la Figura 30.

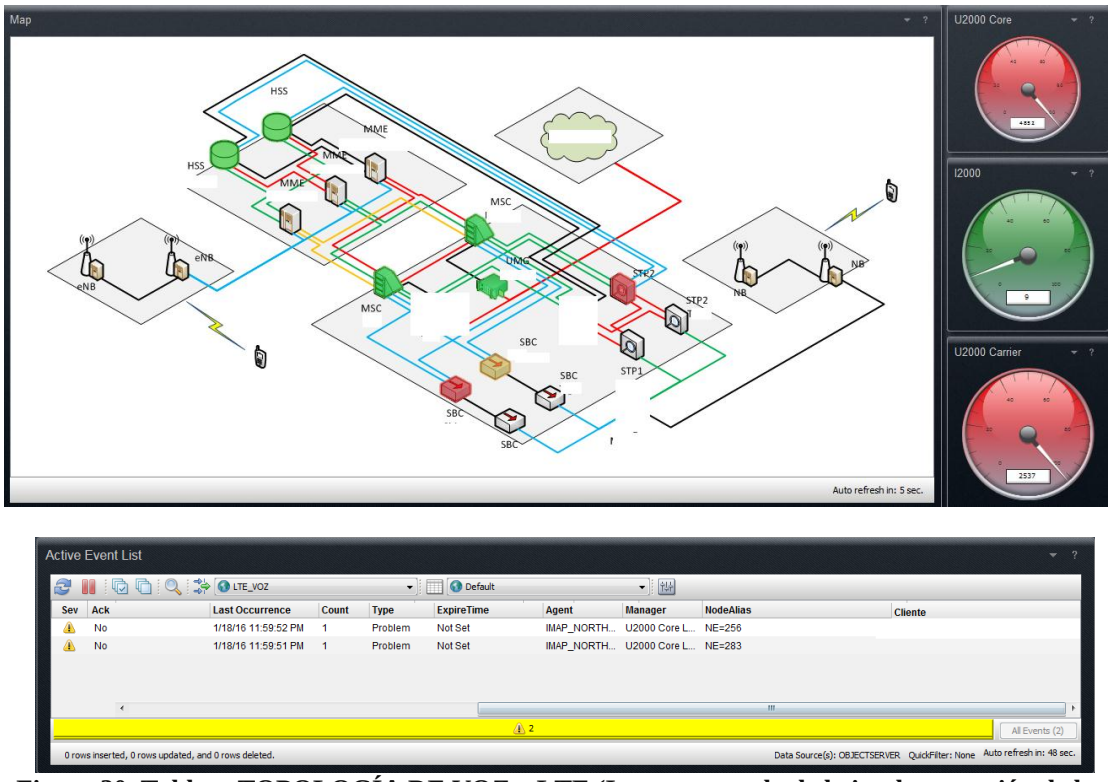

Figura 30. Tablero TOPOLOGÍA DE VOZ – LTE (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

En el momento que el operador necesite conocer el estado de un elemento en específico puede desplegar la lista de eventos asociada a este al hacer click sobre este. El color del elemento se relaciona con el estado de este asociado al tipo y número de eventos activos y su severidad.

3.3.4.1.2. Topología de Datos LTE

En este tablero se gestionan los eventos asociados a la red para datos de LTE, por medio de un mapa topológico de la red donde se especifican los elementos gestionados y una lista de eventos con la información de dichos elementos. El tablero creado se puede visualizar en la Figura 31.

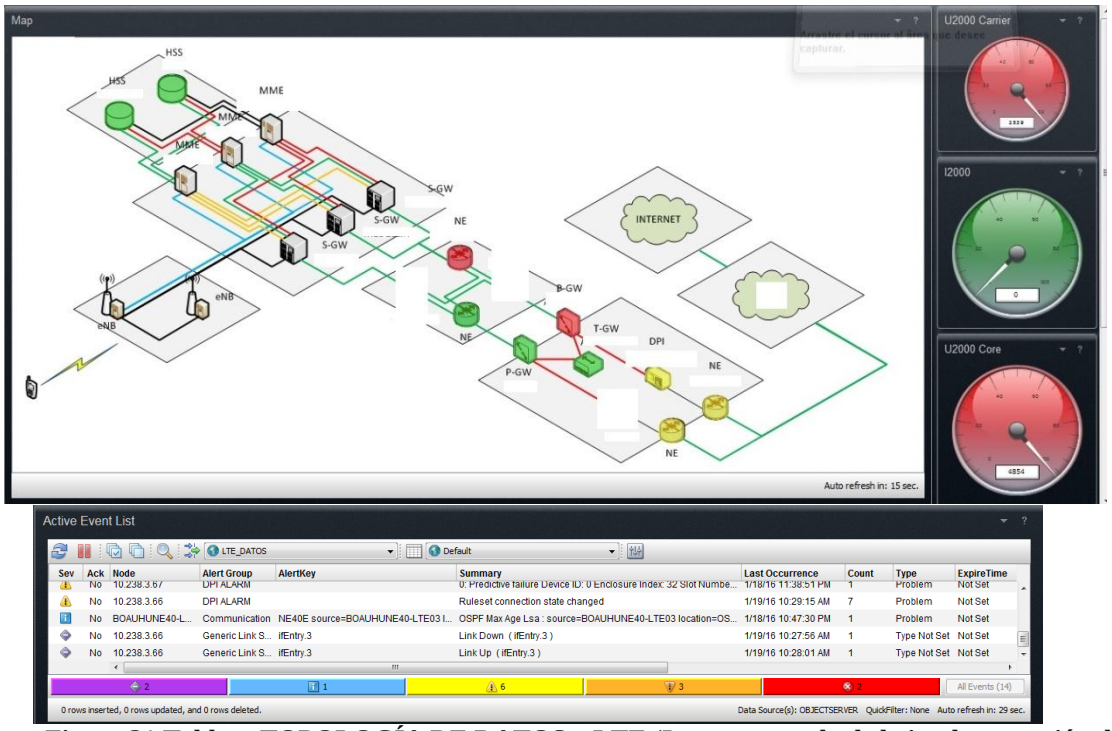

Figura 31.Tablero TOPOLOGÍA DE DATOS – LTE (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

3.3.4.1.3. Lista Activa de eventos de la red LTE.

Una de las herramientas que incluye la solución en gestión es la posibilidad de acceder a la lista de eventos del Object Server de Agregación, la cual incluye información de fallas de la red LTE. Para acceder a lista de eventos se selecciona el icono *Active Event List* del portal de gestión de Jazz, como se observa en la Figura 32.

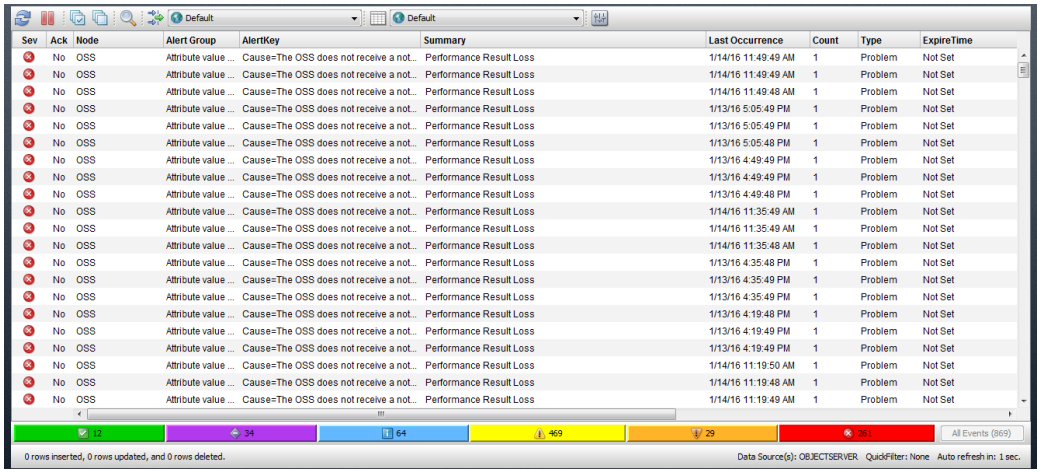

Figura 32. Lista de eventos visualizada en el portal de gestión por un operador (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

Mediante la anterior lista de eventos implementada en la capa de visualización de la herramienta se puede evidenciar los eventos presentes y activos en la red LTE del operador, proveniente de todos los gestores integrados a la plataforma. La información es presentada de la forma descrita en la Tabla 19:

Node	Alert Group	Alert Key	Summary	Last Ocurrence	Count	Type
OSS (NOMBRE DEL NODO)	Attribute value change (Tipo de alarma)	OSS Cause = xxxx (Información para identificar elemento de red)	Performance Result Loss (Información acerca del fallo)	Fecha y hora que registra la última de la presentación del evento	1 (Número de veces presentado el evento)	Problem (Es un evento problema traducido del archivo de reglas)

Tabla 19. Forma que es presentada la información en la lista de eventos a partir de la figura 32.

La información presentada es la misma que se puede observar con las herramientas de escritorio de Omnibus, de igual forma se pueden crear filtros para limitar la información seleccionando el icono , y se construye la condición necesaria. La creación de los filtros se describe en la Figura 33.

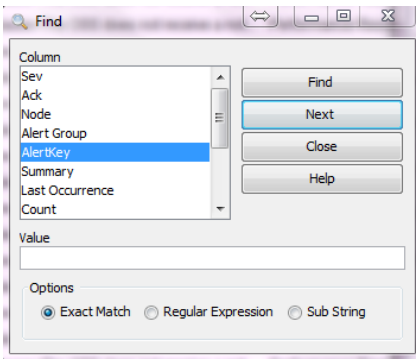

Figura 33. Creación de filtros visualizada en el portal de gestión. (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

De igual forma el administrador de la plataforma puede acceder a la lista de eventos de la red, a través de las herramientas propias del Object Server en la capa de agregación, ejecutando el comando *nco_event &*, con las credenciales configuradas, como se observa en las Figuras 34 y 35.

Figura 34. Acceso a las herramientas del Object Server. (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

Node	Alert Group	Summary	Last Occurrence	Count	Type	ExpireTime	Agent	Manager
10.206.0.132	ITNM Monitor	SNMP poll restore for poll CORPORATIVOS/ErrorInPercent and t	4/2016 03:17:3	2	Resolution	Not Set	ncp_poller	ITNM
10.206.0.168	Generic Authentica	Authentication Failure (Enterprise: .1.3.6.1.4.1.2011.1.1.	4/2016 03:17:3	47560	Problem	Not Set	Generic-Unknown	MTTrapd Probe on BOCUGUTN
10.206.0.136	ITNM Monitor	SNMP poll restore for poll CORPORATIVOS/DiscarsOutPercent an	4/2016 03:17:3	1	Resolution	Not Set	ncp_poller	ITNM
10.206.0.173	ITNM Monitor	SNMP poll restore for poll CORPORATIVOS/Delta_ifHCOutOctets	4/2016 03:17:3	1	Resolution	Not Set	ncp_poller	ITNM
10.206.0.57	ITNM Monitor	SNMP poll failure (SNMPTIMEOUT) for poll CORPORATIVOS/Delta_	4/2016 03:17:3	3	Problem	Not Set	ncp_poller	ITNM
10.32.0.129	ITNM Monitor	SNMP poll failure (SNMPTIMEOUT) for poll CANALES/Delta_ifHCO	4/2016 03:17:3	68605	Problem	Not Set	ncp_poller	ITNM
10.206.0.161	ITNM Monitor	SNMP poll failure (SNMPTIMEOUT) for poll CORPORATIVOS/ifInEr	4/2016 03:17:3	11	Problem	Not Set	ncp_poller	ITNM
10.206.0.187	ITNM Monitor	SNMP poll failure (SNMPTIMEOUT) for poll CORPORATIVOS/ErrorI	4/2016 03:17:3	6	Problem	Not Set	ncp_poller	ITNM
10.206.0.8	ITNM Monitor	SNMP poll failure (SNMPTIMEOUT) for poll CORPORATIVOS/Delta_	4/2016 03:17:3	42	Problem	Not Set	ncp_poller	ITNM
10.206.0.159	ITNM Monitor	SNMP poll failure (SNMPTIMEOUT) for poll CORPORATIVOS/Delta_	4/2016 03:17:2	16	Problem	Not Set	ncp_poller	ITNM
10.206.0.168	Generic Authentica	Authentication Failure (Enterprise: .1.3.6.1.4.1.2011.1.1.	4/2016 03:17:2	49554	Problem	Not Set	Generic-Unknown	MTTrapd Probe on BOCUGUTN

Figura 35. Lista activa de eventos visualizada desde el agregador. (Imagen tomada de la implementación de la herramienta en BOGOMÓVIL)

CONCLUSIONES

La participación en un proyecto para la implementación de una solución a nivel de gestión de fallas, permite conocer e identificar los procesos que maneja un operador de servicios de telecomunicaciones para mantener los niveles de calidad en los servicios que presta a sus usuarios y la importancia del análisis e identificación de dichos problemas que pueden afectar el rendimiento de la red y a nivel de negocio los SLA's que se establecen con los usuarios finales. La solución integrada de gestión de fallas permite a los diferentes grupos de operadores mantener los servicios activos, prevenir y atender de forma oportuna los problemas que se pueden llegar a generar, de modo que la infraestructura TI no se vea comprometida, así como los servicios que presta la empresa operadora.

La aplicación IBM Tivoli Netcool Omnibus, es una herramienta clave en la gestión de fallas a nivel corporativo de infraestructuras de red que permite ser integrada de forma sencilla y configurada acorde a las necesidades del cliente, en el caso del despliegue de dicha herramienta en la empresa operadora que hizo parte del proyecto, existieron desde el inicio de la implementación varias solicitudes de cambio relacionadas con el manejo de los eventos y las alarmas que se presentaban en la red LTE, por lo que fue necesario un trabajo en conjunto de forma constante con el grupo de administradores con el objetivo de implementar una solución final que se acoplara de forma correcta y efectiva a las necesidades de los operadores y administradores de la red.

El implementar este tipo de soluciones a nivel de gestión de fallas, permitió por medio del presente trabajo, la investigación de los diferentes marcos y modelos de gestión de los servicios necesarios para la correcta configuración de la herramienta relacionada con el tratamiento y manipulación de las alarmas, a partir de los diferentes campos que permitieron detallar correctamente la recepción de los eventos para su visualización en las diferentes capas configuradas de la herramienta. Adicionalmente, fue necesario la investigación y el acercamiento con previas instalaciones de la aplicación en ambientes de red de tecnologías móviles anteriores que permitieron establecer un diseño y modelo de implementación de la herramienta Netcool/Omnibus. El proceso investigación, permitió la identificación de la flexibilidad de la herramienta para ser integrada con gestores de otros fabricantes que ya estaban implementados en la capa de gestión de la red LTE, es la principal ventaja que se identificó en el desarrollo del proyecto, y que permite visualizar y abrir un campo de estudio para futuros diseños e implementaciones de la solución en otros entornos y tipos de red.

A nivel de proyecto, el desarrollo e implementación de la solución permitió tener un contacto directo con los administradores de una red LTE, los cuales tenían en el inicio una gran expectativa de lo que la herramienta podría lograr, aunque en el desarrollo existieron obstáculos y problemas con la integración de los gestores, el final del proyecto se logra entregar una solución adecuada al ambiente de red y las necesidades de los operarios del NOC, al solucionar los problemas de conectividad, a través de la

entrega de dos tableros de gestión y una lista activa con los eventos que se presentan en la red.

Por último y la principal conclusión del trabajo y el desarrollo del proyecto de la implementación de la herramienta Tivoli Netcool Omnibus para la gestión de fallas de una red LTE, es el aprender a identificar los eventos y alarmas de la infraestructura TI de una red móvil que verdaderamente informan de los problemas activos o de los posibles problemas que se pueden presentar y los cuales pueden llegar a afectar el estado de los servicios que son soportados por la infraestructura de red, permitiendo mejorar la calidad de los servicios que la sociedad demanda al poder ofrecerle una experiencia final acorde a las necesidades y bajar los índices de disgusto que se evidencian hoy con la prestación del servicio de telefonía móvil.

Bibliografía

[1] IBM Corporation, «Tivoli Netcool/Omnibus,» [En línea]. Available: http://www-03.ibm.com/software/products/es/ibmtivolinetcoolomnibus. [Último acceso: 25 Febrero 2016].

[2] IBM Corporation, «Manage and monitor LTE with IBM Tivoli Netcool solutions,» 2011.

[3] J. V. Bon, Fundamentos de ITIL V3, Van Haren Publishing, Zaltbommel, 2008.

[4] Uniòn Internacional de Telecomunicaciones (UIT), «Recomendaciòn UIT-T M.3010. Principios para una red de gestiòn de las telecomunicaciones,» 2000.

[5] I. C. F. Varela Pèrez, «Gestiòn integrada de telecomunicaciones y el modelo TMN de la ITU,» *REVISTA DE TECNOLOGÌA,* vol. 2, nº 1, Enero - Junio 2003.

[6] (UIT-T), Union Internacional de Telecomunicaciones, «Recomendaciòn M.3050. Suplemento 3: Correspondencia entre el mapa de operaciones de telecomunicaciòn mejorado y M.3400,» 2004.

[7] M. F. P. Bustamante, «GESTIÓN DE SERVICIOS ITIL».

[8] S. R. Huércano, «ITIL V3. Manual íntegro,» [En línea]. Available: http://www.biable.es/wp-content/uploads/2014/ManualITIL.pdf. [Último acceso: 25 Febrero 2016].

[9] UIT, «Unión Internacional de Telecomunicaciones,» [En línea]. Available: http://www.itu.int/newsroom/press_releases/about_the_telemanagement_forum-es.html. [Último acceso: 13 Febrero 2016].

[10] [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Corporaci%C3%B3n_Amdahal. [Último acceso: 13 Febrero 2016].

[11] British Telecom PLC , «Página web British Telecom PLC,» [En línea]. Available: http://www.btplc.com/Thegroup/Ourcompany/.

[12] Hewlett – Packard , «Página web de Hewlett – Packard,» [En línea]. Available: http://www8.hp.com/es/es/hp-information/index.html. [Último acceso: 14 Febrero 2016].

[13] [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Nortel. [Último acceso: 14 Febrero 2016].

[14] [En línea]. Available: http://telecomcanada.com/. [Último acceso: 14 Febrero 2016].

[15] [En línea]. Available: http://www.fundinguniverse.com/company-histories/stc-plc-history/. [Último acceso: 14 Febrero 2016].

[16] [En línea]. Available: http://www.unisys.com/about-us. [Último acceso: 14 Febrero 2016].

[17] TM Forum, «Página web tmforum,» [En línea]. Available: https://www.tmforum.org/about-tm-forum/. [Último acceso: 13 Febrero 2016].

[18] TM Forum, «Página web TM Forum - FRAMEWORX,» [En línea]. Available: https://www.tmforum.org/tm-forum-frameworx/. [Último acceso: 14 Febrero 2016].

[19] TM FORUM, «Information Framework (SID),» [En línea]. Available: https://www.tmforum.org/information-framework-sid/. [Último acceso: 14 Febrero 2016].

[20] TM FORUM, «TM FORUM - BPS (eTOM),» [En línea]. Available: https://www.tmforum.org/business-process-framework/. [Último acceso: 19 Febrero 2016].

[21] tmforum, Frameworx Standard - Application Frameworx R15.5.0, tmforum, Noviembre 2015.

[22] TM FORUM, «Application Framework,» [En línea]. Available: https://www.tmforum.org/application-framework/. [Último acceso: 14 Febrero 2016].

[23] UIT-T, Recomendación x.733 TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN - INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS ABIERTOS:FUNCIÓN SEÑALADORA DE ALARMAS, Ginebra: UIT-T, 1992.

[24] IBM Corporation, «Installation and Deployment Guide - Tivoli Netcool Omnibus 8.1,» 2014.

[25] IBM , «IBM Netcool/Omnibus 8.1. Best Practices,» IBM, 2014.

[26] Orange, [En línea]. Available: http://ohmyphone.orange.es/universo-orange/que-es-4g-te-contamos-todo-sobre-la-nueva-red-movil.html. [Último acceso: 29 Febrero 2016].

[27] Tecnologías 4G, [En línea]. Available: http://www.ecured.cu/Tecnolog%C3%ADa_4G. [Último acceso: 29 Febrero 2016].

[28] 3GPP, «Release 8 - LTE,» [En línea]. Available: http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte. [Último acceso: 29 Febrero 2016].

[29] Red de Acceso, [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_acceso. [Último acceso: 29 Febrero 2016].

[30] 3GPP, «Página principal 3GPP,» [En línea]. Available: http://www.3gpp.org/about-3gpp/about-3gpp. [Último acceso: 29 Febrero 2016].

[31] 3GPP, «SAE,» [En línea]. Available: http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/106-sae. [Último acceso: 29 Febrero 2016].

[32] Huawei Technologies CO,.LTD., Seeds for the Future Trainning, 2011.

[33] M. Jaramillo, «Implementación de Red Movil con Tecnologia 4G LTE,» [En línea]. Available: https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/30349/1/Implementaci%C3%B3n%20de%20Red%20M%C3%B3vil%20con%20Tecnolog%C3%ADa%204G%20LTE.pdf. [Último acceso: 29 Febrero 2016].

[34] C. A. S. Jimenez y F. R. Marante Rizo, «Revista Digital de las Telecomunicaciones,» Mayo 2013. [En línea]. Available: file:///C:/Users/Lina/Downloads/106-316-2-PB.pdf. [Último acceso: 29 Febrero 2016].

[35] N. Cardona, J. J. Olmos, M. García y J. F. Monserrat, 3GPP LTE: Hacia la 4G móvil, Barcelona: MARCOMBO, 2011.

[36] TELECOMSHARING, [En línea]. Available: http://www.telecomsharing.com/es/biblioteca/lte-4g/item/33-caracteristicas-de-la-arquitectura-lte-sae. [Último acceso: 29 Febrero 2016].

[37] Huawei, «Productos Huawei - Manager M2000,» [En línea]. Available: http://e.huawei.com/es/products/wireless/elte-access/network-element/m2000. [Último acceso: 3 Marzo 2016].

[38] Huawei, «Productos de gestión- iManager U2000,» [En línea]. Available: http://www.huawei.com/co/products/oss/fbb-om-product-series/imanager-u2000/. [Último acceso: 3 Marzo 2016].

[39] Huawei, «Descripción productos,» [En línea]. Available: http://pr.huawei.com/en/news/hw-089067-news.htm#.VvQBOeLhDIU. [Último acceso: 3 Marzo 2016].

[40] Acme packet, «Acme packet,» [En línea]. Available: http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=200804&p=irol-newsArticle_pf&ID=1418423&highlight=. [Último acceso: 3 Marzo 2016].

[41] Packet Logic, «Soluciones DPI,» [En línea]. Available: https://www.proceranetworks.com/solutions/pro-act/traffic-management. [Último acceso: 3 Marzo 2016].

[42] J. Hutchinson, «Tivoli Netcool Supports Guide to the JDBC Gateway,» [En línea]. Available: http://www-01.ibm.com/support/docview.wss?uid=swg21608681&aid=1. [Último acceso: 19 Marco 2016].

[43] J. Sathyan, Fundamentals of EMS, NMS, and OSS/BSS. 11.8 NBI COMPONENTS, Taylor and Francsis Group, 2010.

[44] A. M. Montes, «Gestiòn de Redes,» Octubre 2002. [En línea]. Available: http://personal.us.es/toni/_private/ManagementNetwork.pdf.

[45] V. J. S. Sosa, «GESTIÓN DE REDES,» [En línea]. Available: http://www.tamps.cinvestav.mx/~vjsosa/clases/redes/GestionRedes.pdf. [Último acceso: 15 Febrero 2016].

[46] PACKET LOGIC, «PACKET LOGIC 8000 PLATAFORMS,» [En línea]. Available: http://maser.com.au/wp-content/uploads/2015/08/PacketLogic8000-platform-web.pdf. [Último acceso: 3 Marzo 2016].