

**SIMULACIÓN DE UN NODO DE RED DE TELECOMUNICACIONES  
USANDO LA HERRAMIENTA COMNET III  
ANEXOS**

**JAIVER YOVANI PIAMBA LONDOÑO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS  
POPAYÁN  
2002**

**SIMULACIÓN DE UN NODO DE RED DE TELECOMUNICACIONES  
USANDO LA HERRAMIENTA COMNET III  
ANEXOS**

**JAIVER YOVANI PIAMBA LONDOÑO**

**Monografía para optar al título de  
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**

**Director  
FRANCISCO JOSE PINO CORREA  
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS  
POPAYÁN  
2002**

## CONTENIDO

	Pág.
ANEXO 1. MANUAL DE USUARIO	1
1.1 INSTALACIÓN	1
1.2 UTILIZACIÓN	2
1.2.1 Planeación	2
1.2.2 Entendimiento del sistema	3
1.2.3 Prever fallas	3
1.2.3 Análisis de nuevos requerimientos	3
1.3 OPERACIÓN DE LA SIMULACIÓN	3
ANEXO 2. MODULO DE CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS DEL SOFTWARE DE SIMULACIÓN DE REDES COMNET III	10
2.1 GENERALIDADES DE COMNET III	10
2.2 DESCRIPCION DEL MÓDULO DE CONMUTACION DE CIRCUITOS	12
2.2.1 Elementos del módulo de conmutación de circuitos	14
2.2.1.1 Fuentes de llamada	14
2.2.1.2 Enlaces	16
2.2.1.3 Nodos de procesamiento	20
2.2.1.4 Subredes	24
2.2.2 Modelamiento de los objetos en el módulo de conmutación de circuitos	26
2.2.2.1 El equipo de conmutación de una central telefónica	27
2.2.2.2 Enlaces entre las centrales	28
2.2.2.3 La carga de tráfico en la red.	28
2.2.2.4 Reportes y simulación	29
2.2.3 Proceso de simulación	30

2.2.3.1	Proceso y análisis de resultados de simulación	31
2.2.3.2	Análisis del problema	33
2.2.3.3	Modelamiento de las fuentes de tráfico y dispositivos	34
2.2.3.3	Verificación del modelo de red	34
2.2.4	Alcances	35
ANEXO 3. REPORTES DE LA SIMULACIÓN		37
ANEXO 4. LOS FLUJOS DE TRABAJO FUNDAMENTALES		108
4.1	FLUJO DE TRABAJO DE LOS REQUISITOS	108
4.1.1	Actividades a realizar en el flujo de trabajo de los requisitos	109
4.1.2	Productos del flujo de trabajo de los requisitos	113
4.2	FLUJO DE TRABAJO ANÁLISIS	114
4.2.1	Actividades	116
4.2.2	Productos	117
4.3	FLUJO DE TRABAJO DISEÑO	120
4.3.1	Actividades	121
4.3.2	Productos	123
4.4	FLUJO DE TRABAJO IMPLEMENTACION	125
4.4.1	Actividades	125
4.4.2	Productos	126
4.5	FLUJO DE TRABAJO PRUEBA	127
4.5.1	Actividades	127
4.5.2	Productos	128
ANEXO 5. ARQUITECTURA MODULAR Y CODIFICACIÓN		
5.1	ITERACIÓN 1: PROCESAMIENTO DE LLAMADA INTERNA	130
5.1.1	Flujo de trabajo de los requisitos y análisis	130
5.1.2	Flujo de trabajo de diseño	130
5.1.3	Flujo de implementación	132
5.1.3.1	Preparación de las construcciones	132

5.1.3.2 Implementación de componentes	133
5.1.4 Flujo de Pruebas	135
5.1.5 Flujo de experimentación	136
5.2 ITERACION 2: PROCESAMIENTO DE LLAMADA LOCAL DESDE Y HACIA LAS CENTRALES LOCALES	137
5.2.1 Flujo de trabajo de los requisitos y análisis	137
5.2.2 Flujo de trabajo de Diseño	138
5.2.2.1 Diseño de caso de uso	138
5.2.2.2 Diseño de clases	139
5.2.3 Flujo de implementación	140
5.2.3.1 Preparación de la construcción.	140
5.2.3.2 Implementación de componentes	142
5.2.4 Flujo de pruebas	144
5.2.5 Flujo de experimentación	144
5.3 ITERACION 3: PROCESAMIENTO DE LLAMADA A MUNICIPIOS RELACIONADOS CON LA CENTRAL DMS	145
5.3.1 Flujo de trabajo análisis	145
5.3.2 Flujo de trabajo de diseño	145
5.3.2.1 Diseño de caso de uso	146
5.3.2.2 Diseño de las clases	148
5.3.3 Flujo de implementación	149
5.3.3.1 Preparación de la construcción	149
5.3.3.2 Implementación de componentes	150
5.3.4 Flujo de pruebas	152
5.3.5 Flujo de experimentación	153
5.4 ITERACION 4: PROCESAMIENTO DE LLAMADA A LAS CENTRALES DE MUNICIPIOS INDEPENDIENTES	154
5.4.1 Flujo de trabajo análisis	154
5.4.2 Flujo de trabajo de diseño	154
5.4.2.1 Diseño de caso de uso	155
5.4.2.2 Diseño de las clases	155

5.4.3 Flujo de implementación	157
5.4.3.1 Preparación de la construcción	157
5.4.3.2 Implementación de componentes	158
5.4.4 Flujo de pruebas	161
5.4.5 Flujo de experimentación	162
5.5 ITERACION 5: PROCESAMIENTO DE LLAMADA LARGA DISTANCIA DESDE Y HACIA LAS CENTRALES LOCALES	162
5.5.1 Flujo de trabajo análisis	162
5.5.2 Flujo de trabajo de diseño	162
5.5.2.1 Diseño de caso de uso	163
5.5.2.2 Diseño de las clases	164
5.5.3 Flujo de implementación	164
5.5.3.1 Preparación de la construcción	164
5.5.3.2 Implementación de componentes	165
5.5.4 Flujo de pruebas	167
5.5.5 Flujo de experimentación	168
5.6 ITERACION 6: PROCESAMIENTO DE LLAMADA A LOS MUNICIPIOS RELACIONADOS CON LA CENTRAL NEAX	168
5.6.1 Flujo de trabajo análisis	168
5.6.2 Flujo de trabajo de diseño	168
5.6.2.1 Diseño de caso de uso	168
5.6.2.2 Diseño de las clases	170
5.6.3 Flujo de implementación	171
5.6.3.1 Preparación de la construcción	171
5.6.3.2 Implementación de componentes	171
5.6.4 Flujo de pruebas	173
5.6.5 Flujo de experimentación	174
5.7 ITERACION 7: PROCESAMIENTO DE LLAMADA DESDE Y HACIA LAS CENTRALES LARGA DISTANCIA	174
5.7.1 Flujo de trabajo análisis	174
5.7.2 Flujo de trabajo de diseño	174

5.7.2.1	Diseño de caso de uso	175
5.7.2.2	Diseño de las clases	176
5.7.3	Flujo de implementación	178
5.7.3.1	Preparación de la construcción	178
5.7.3.2	Implementación de componentes	179
5.7.4	Flujo de pruebas	181
5.7.5	Flujo de experimentación	182

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Vista del área de trabajo de la implementación de la simulación del nodo de red de Telecom en Popayán	4
Figura 2. Ventana de diálogo Run parameters	5
Figura 3. Ventana de diálogo Report file name prefixes	6
Figura 4. Ventana de diálogo Reporters	7
Figura 5. Ventanas de diálogo Call counts	7
Figura 6. Ventana de diálogo Blocked Call counts	8
Figura 7. Ventana de diálogo Select Report file	9
Figura 8. Parámetro SHEDULING de una fuente de llamada	15
Figura 9. Parámetro CALL de una fuente de llamada	15
Figura 10. Routing Class, dentro del parámetro CALL en una fuente de llamada	16
Figura 11. Parámetros de un enlace	16
Figura 12. Lista de parámetros para un enlace Punto a Punto	17
Figura 13. Valores para el parámetro Virtual, en un enlace punto a punto	18
Figura 14. Parámetro SHARED de un enlace punto a punto virtual	18
Figura 15. Parámetros para enlaces con capacidad específica	19
Figura 16. Utilización de un enlace según la distancia y el costo del enlace	19
Figura 17. Parámetros para la utilización de un enlace según la distancia y el costo	20
Figura 18. Parámetros para un nodo de procesamiento	20
Figura 19. Valores para el parámetro CALL en un nodo de procesamiento	21
Figura 20. Valores para el parámetro FORWADING en un nodo de proc.	22
Figura 21. Lista de dispositivos de Red usados como centrales de tránsito o Cx	22
Figura 22. Valores para el parámetro Bus en un nodo de dispositivo de red	23



Figura 23. Parámetros para un nodo HOL	24
Figura 24. Parámetros para la subred	25
Figura 25. Valores para el protocolo de enrutamiento de mínimo salto en una subred	25
Figura 26. Opciones para el protocolo de enrutamiento en una tabla de enrutamiento definida por el usuario	26
Figura 27. Menú reportes	32
Figura 28. Flujos de trabajo ubicados en las fases de desarrollo	109
Figura 29. Caminos para la ejecución de un caso de uso	112
Figura 30. Diagrama de secuencia para una llamada interna	131
Figura 31. Diagrama de clases para una llamada interna del caso de uso PCD	131
Figura 32. Diagrama de composición de la clase de diseño IOPAC	132
Figura 33. Distribución de las IOPACS en el nivel de subred	134
Figura 34. Implementación de la iteración 1	135
Figura 35. Diagrama de secuencia para llamada local saliente o entrante hacia y desde una central local, en el caso de uso PCD	138
Figura 36. Diagrama de clases de la llamada local saliente o entrante, del caso de uso PCD	139
Figura 37. Diagrama de composición de la clase de diseño que representa al actor centrales	139
Figura 38. Diagrama de composición de la clase de diseño Mediar Comunicación	140
Figura 39. Subred Centrales locales	143
Figura 40. Implementación de la iteración 2	143
Figura 41. Diagrama de secuencia de llamada desde y hacia un IRLCS enviada por un IOPAC, en el caso de uso PCD	146
Figura 42. Diagrama de secuencia para la realización de llamada hacia una central desde un IRLCS en el caso de uso PCD	147
Figura 43. Diagrama de clases para la realización de llamada IOPAC-IRLC en el caso de uso PCD	148
Figura 44. Diagrama de clases para la realización de llamada Central- IRLCS en el caso de uso PCD	148

Figura 45. Diagrama de composición de la clase de diseño que representa al actor IRLCS	149
Figura 46. Subred Municipios DMS	151
Figura 47. Implementación de la iteración 3.	152
Figura 48. Diagrama de secuencia para la realización de llamadas DMS- municipios en el caso de uso procesamiento y conmutación NEAX	155
Figura 49. Diagrama de clases de la realización de llamadas DMS- Municipios en el caso de uso PCN	156
Figura 50. Diagrama de composición de la clase de diseño que representa al actor municipios	157
Figura 51. Subred aplicación de la central NEAX	159
Figura 52. Subred municipios independientes	160
Figura 53. Implementación de la iteración 4	160
Figura 54. Diagrama de secuencia para la realización de una llamada Municipios- Centrales locales en el caso de uso PCN	163
Figura 55. Diagrama de clases para la realización de una llamada municipios- centrales locales, en el caso de uso PCN	164
Figura 56. Subred centrales locales para la iteración 5	166
Figura 57. Subred aplicación para la iteración 5	166
Figura 58. Implementación de la iteración 5	167
Figura 59. Diagrama de secuencia para la realización de llamadas desde RLU en el caso de uso PCN	169
Figura 60. Diagrama de clases para la realización de llamadas desde RLU en el caso de uso PCN	170
Figura 61. Diagrama de composición de la clase de diseño que representa al actor RLU	170
Figura 62. Subred Municipios NEAX	172
Figura 63. Subred de aplicación en la iteración 6	172
Figura 64. Implementación de la iteración 6	173
Figura 65. Diagrama de secuencia para llamadas de las centrales larga distancia en el caso de uso PCN	175

Figura 66. Diagrama de clases para el enrutamiento de llamadas hacia las centrales larga distancia, en el caso de uso PCN	176
Figura 67. Diagrama de composición de la clase de diseño centrales larga distancia	177
Figura 68. Diagrama de composición de la clase de diseño mediar comunicación en llamadas desde las centrales LD	177
Figura 69. Subred Centrales larga distancia	180
Figura 70. Implementación de la iteración 7	180

## **ANEXO 1. MANUAL DE USUARIO**

Para comenzar se debe aclarar que este documento no es un manual de usuario del software de simulación Comnet III. Para la información que aquí se describen se parte del hecho que el interesado tiene conocimientos básicos para simular con la herramienta Comnet III, conoce condiciones de simulación, interpretación de reportes y conocimiento de redes de conmutación de circuitos. Con base en lo anterior se describirá inicialmente la forma de instalación de los archivos, luego la utilidad de la simulación implementada y para terminar la forma de operar del proyecto realizado.

### **1.1 INSTALACIÓN.**

En el CD anexo se encuentra los archivos de la implementación de la simulación. Cada modelo de implementación en Comnet III se compone de un archivo y de una carpeta donde se guardan los documentos de reportes, gráficas y figuras del modelo. Tanto el archivo como la carpeta tiene el mismo nombre. El CD contiene siete modelos denominados así: Iteración 1, Iteración 2, hasta iteración 7. En ellas se encuentra en progreso del trabajo de simulación. La Iteración 7 es el resultado de toda el trabajo.

La instalación de Comnet III, se realiza en la carpeta Archivos de Programa, dentro de ella se crea la carpeta Compuware, luego se encuentra la carpeta Comnet III, y dentro de ella una carpeta llamada Models. Todos los archivos de simulaciones creadas en la herramienta se ubican en esta última carpeta. De tal manera que cuando se desee simular cualquiera de las iteraciones contenidas en el CD de implementaciones, se copia el archivo de la iteración y su carpeta correspondiente a la carpeta Models, y de esa manera al trabajar con Comnet III se puede acceder directamente al modelo. En caso contrario se accede al directorio correspondiente donde se hayan ubicado los modelos, teniendo en cuenta que tanto el

archivo como la carpeta con el mismo nombre deben estar contenidos en una misma carpeta cualquiera que sea.

## 1.2 UTILIZACIÓN

La implementación de la simulación del nodo de red de Telecom- Popayán es el punto de partida para muchos casos de experimentación que se desprenden. Como se explica en el capítulo I en el punto sobre simulación, esta conlleva múltiples ventajas, entre ellas tenemos la planeación, entendimiento del sistema, prevención de fallas, análisis de nuevos requerimientos entre otras, lo cual demuestra las bondades del trabajo realizado.

**1.2.1 Planeación.** Con el creciente desarrollo de las comunicaciones la implementación de nuevos servicios no se detiene. El auge del internet y los servicios de banda ancha vienen en aumento, exigiendo modernización de los equipos de comunicación y la operación de estos bajo nuevas condiciones. A Través de la implementación realizada se puede realizar labores de planeación que nos permitan:

- ✓ Implementar nuevos servicios observando la forma de operación de ellos y la respuesta dada por los enlaces y nodos ante las nuevas condiciones de tráfico.
- ✓ Implementación de nuevos equipos de comunicaciones y observar los beneficios que traería para la comunicación con el lugar donde se instale.
- ✓ Mejorar la capacidad de algunos enlaces que podrían estar actualmente presentando congestión y ocasionando un porcentaje alto de pérdidas de llamada, y observar las nuevas condiciones de funcionamiento.
- ✓ Preveer las pérdidas que se podrían ocasionar por la salida de funcionamiento de un enlace o un módulo de una central, para implementar planes de contingencia ante un evento.

Todas estas y otras son actividades que se pueden realizar con la simulación y que se implementan luego de un respectivo flujo de trabajo de requisitos, análisis, diseño, implementación y pruebas, buscando una mejor organización de la implementación. De la magnitud de las adiciones se decide si realizar una nueva versión de la implementación o simplemente realizar modificaciones a la ya existente.

**1.2.2 Entendimiento del sistema.** No cabe duda que la implementación de esta simulación es una perfecta oportunidad para conocer el real funcionamiento del nodo de red de Telecom en Popayán. En ella se puede observar el panorama de las comunicaciones que las centrales DMS y NEAX realizan para enlazarse con todos los municipios del departamento permitiéndonos conocer también las capacidades de la red en el departamento, posibilidad de nuevos servicios así como detectar también las necesidades actuales de comunicación y prever la posibilidad de atención a ellas.

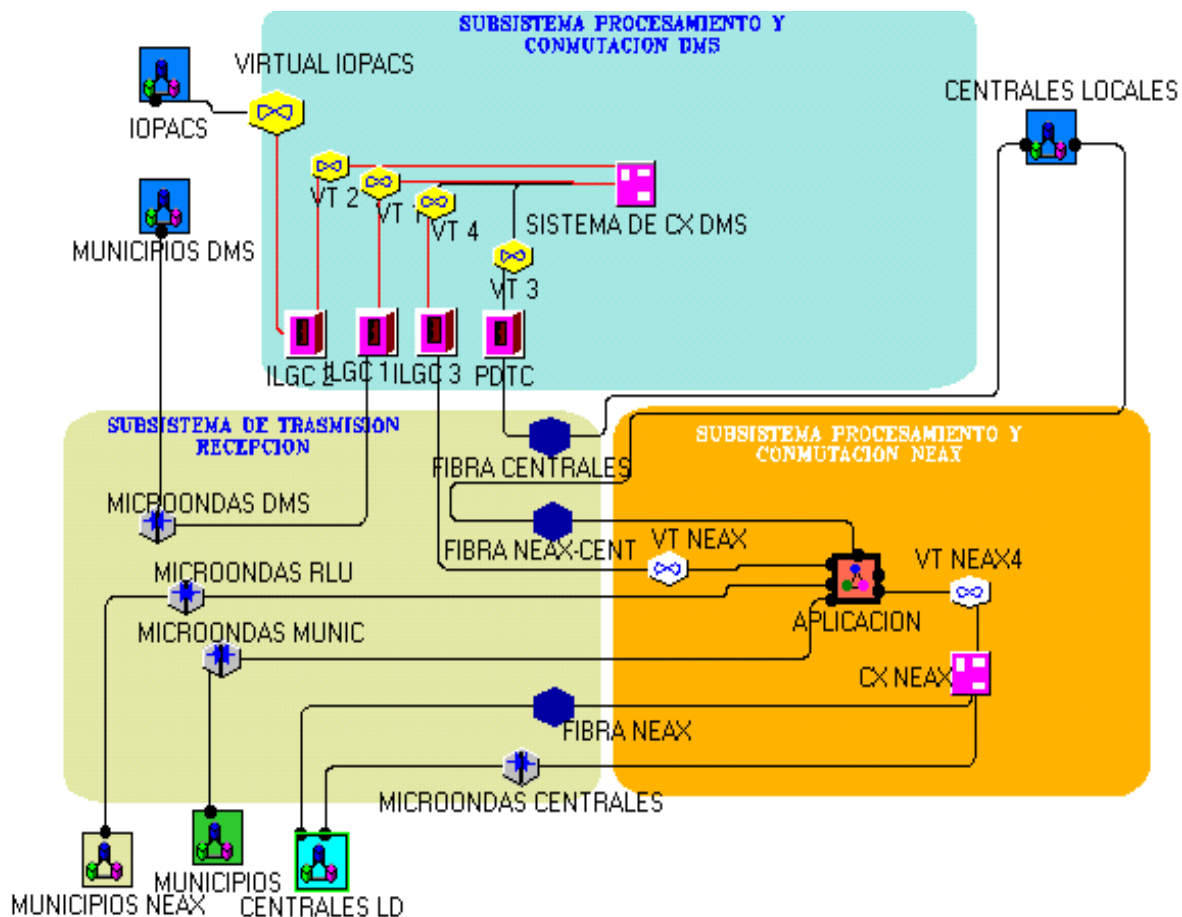
**1.2.3 Prever fallas.** Con los reportes que se obtienen de la simulación es fácil darse cuenta los riesgos que se puede correr en la comunicación a través de un determinado enlace y con un determinado equipo. Es básico para un buen análisis darle los parámetros precisos a los atributos de los módulos implementados, porque de lo contrario se crearán falsas expectativas.

**1.2.4 Análisis de nuevos requerimientos.** Con la implementación de la simulación y parámetros reales para los módulos se puede determinar el funcionamiento que tendría el nodo de red o una parte de Él ante la propuesta de nuevos requerimientos de comunicación.

### **1.3 OPERACIÓN DE LA SIMULACIÓN**

A continuación se describe específicamente la forma de operar que tiene la simulación implementada. Una parte de la experimentación se realizó en la fase de transición y la demás se deja a consideración del usuario según desee hacer variaciones o nuevas implementaciones con base en la documentación de este trabajo.

Una vez realizada la instalación de los respectivos archivos y carpeta de la iteración 7, se da inicio a la herramienta Comnet III. El primer paso por realizar es cargar la el archivo correspondiente, buscando en el Menú “File” la opción “Open”. En la ventana de diálogo que se activa se busca el archivo “iteracion 7”, el cual se abre desplegando en el área de trabajo como se muestra en la figura 1.

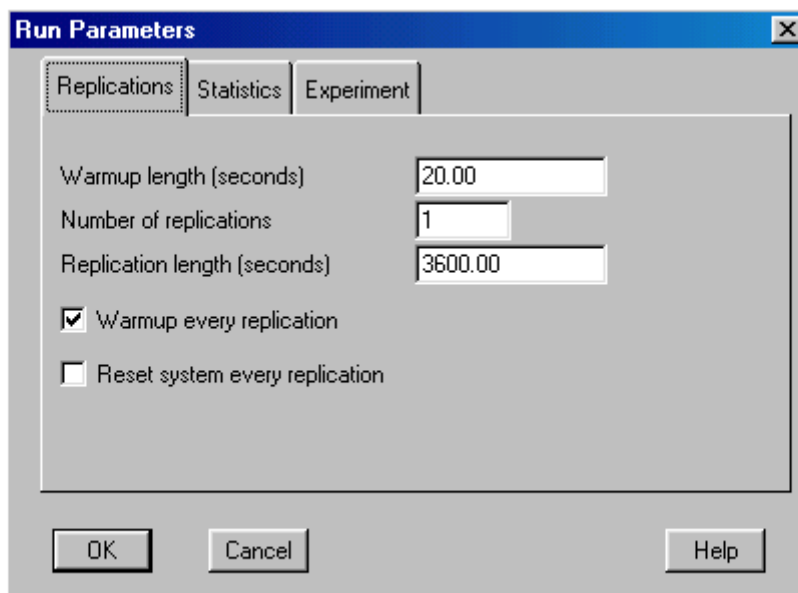


*Figura 1. Vista del área de trabajo de la implementación de la simulación del nodo de red de Telecom en Popayán.*

Una vez realizada la carga de los archivos necesarios se procede a realizar la simulación. Los pasos a seguir son los siguientes:

- ✓ Establecer los parámetros de simulación.

Se activa el menú “Simulate/run parameters” en la herramienta, mostrando el cuadro de diálogo de la figura 2, donde se le asigna un valor a los parámetros “warmup length(seconds)” (tiempo que tarda el sistema desde iniciar hasta establecer condiciones normales de funcionamiento) y el parámetro “Replication length (seconds)” (tiempo que durará la simulación).



*Figura 2. Ventana de diálogo Run parameters.*

- ✓ Dar un nombre a los reportes.

En el menú “report/ set file name” se activa el cuadro de diálogo mostrado en la figura 3. En el cual se tiene la opción de adicionar el nombre del archivo en el cual se quiere que se almacenen los reportes producto de la simulación.

Luego de adicionar el nombre del reporte, en el mismo menú “report/select reports” se seleccionan los reportes que se desean de acuerdo a los intereses de la ejecución de la simulación. Al activar la opción se muestra el cuadro de diálogo mostrado en la figura 4.

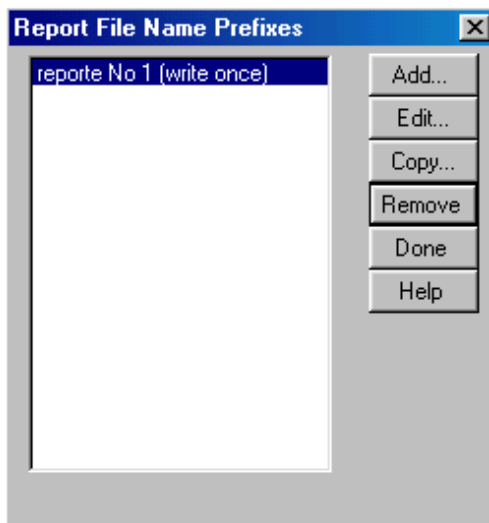
Para la simulación implementada se puede observar el resultado de operación de tres elementos: nodos (nodes(+)), Enlaces (links(+)) y fuentes de llamada (Call sources(+)).

- Selección de nodos y enlaces. Haciendo clic en “nodes(+) o links(+)” se muestran nuevos tipos de reportes entre los cuales para el módulo de conmutación de circuitos nos interesa principalmente dos de ellos: “Call counts” (contador de llamadas) y “Call level” (nivel de llamada). A continuación se selecciona uno de



ellos y se hace clic en el botón “Edit”, apareciendo el cuadro de diálogo mostrado en la figura 5, según corresponda a enlaces o nodos.

En ese cuadro de diálogo aparecen todos los nombres de enlaces o nodos que están implementados en el modelo, pudiendo seleccionarlos todos para que aparezcan en el reporte o algunos pocos según se necesite, presionando al mismo tiempo la tecla “Ctrl” del teclado y el botón derecho del mouse sobre el nombre a seleccionar. Para finalizar se activa en el mismo cuadro de diálogo la opción “on” y luego clic sobre el botón “OK”. Al cerrar el cuadro de diálogo aparecerá al lado de la opción “Call count” la palabra “All off” (ninguno seleccionado), “All on” (todos seleccionados) o “Some on”(algunos seleccionados). Para trabajar con la opción “Call level” se procede de manera similar a la descrita.



*Figura 3. Ventana de dialogo Report file name prefixes.*

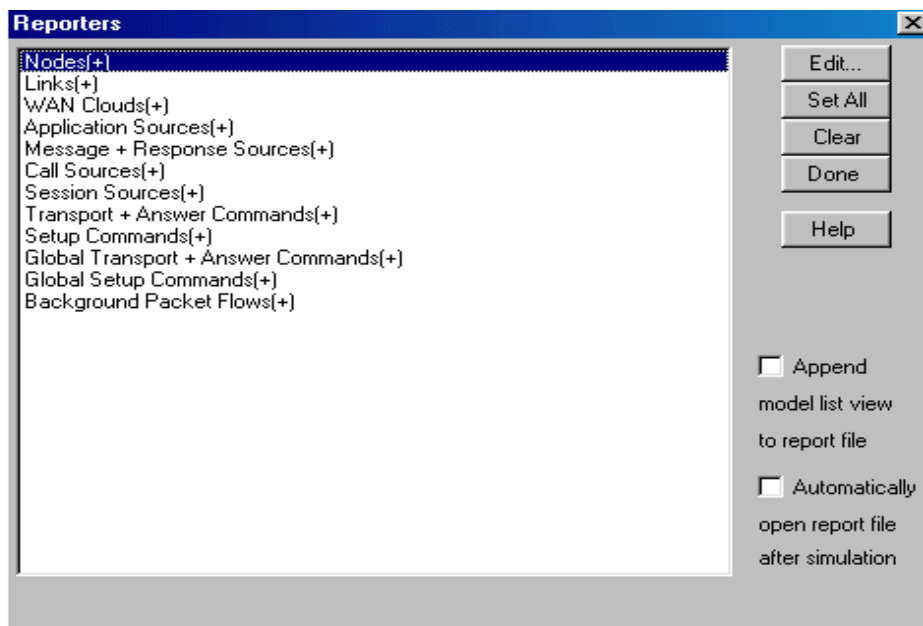


Figura 4. Ventana de diálogo Reporters.

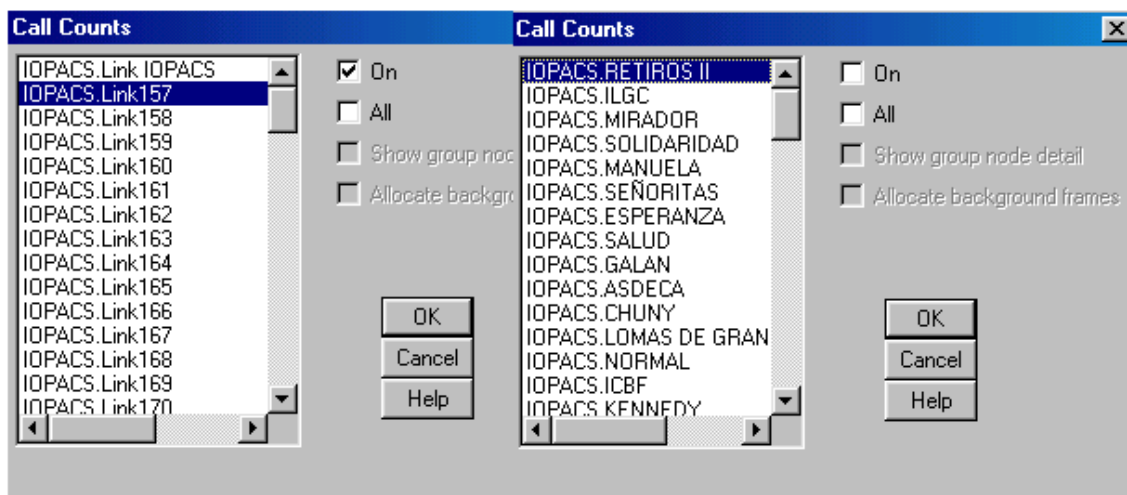


Figura 5. Ventanas de diálogo Call Counts

- Seleccionar fuentes de llamada. Utilizado para observar la cantidad de llamadas que salen de una fuente y los destinos a donde se dirigen según los atributos de los parámetros. Partiendo del cuadro de diálogo mostrado en la figura 4. Se hace Clic en “Call sources” desplegándose tres posibilidades entre las cuales la mas utilizada es “Blocked Call counts”. Hacemos Clic sobre ella y aparece el cuadro de diálogo de la figura 6, donde podemos seleccionar de la misma manera que en el caso anterior los nodos a los cuales están conectadas las fuentes de llamada, según nos interese (todos o algunos). Activamos la opción “on” y salimos(OK). De igual manera al lado de la opción en el cuadro de diálogo que se presenta aparece la palabra “All off” (ninguno seleccionado), “All on” (todos seleccionados) o “Some on”(algunos seleccionados).

Se presiona luego el botón “Done” finalizando así la selección de reportes. En este momento ya está preparado el comienzo de la simulación. Como la implementación ya ha sido probada no hay necesidad de realizar verificación de modelo.

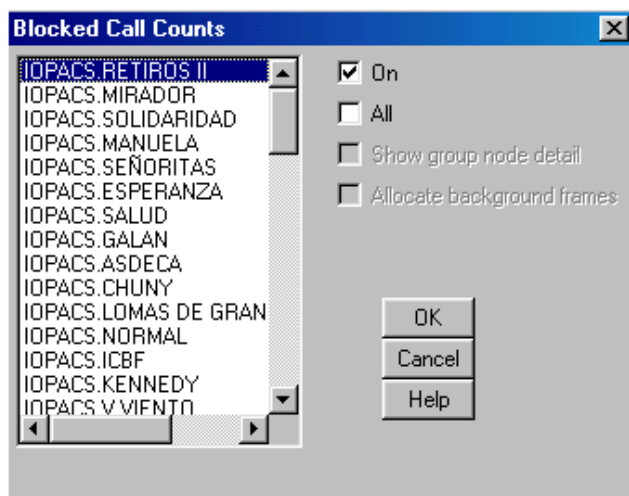
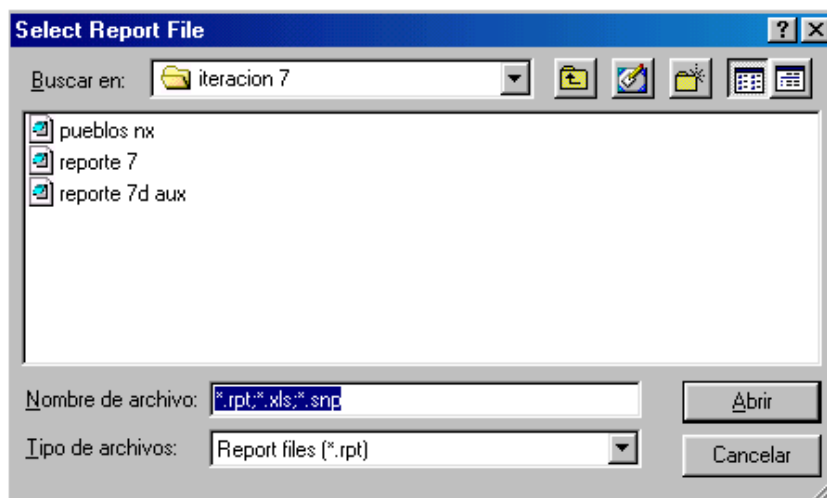


Figura 6. Ventana de diálogo Blocked Call counts.

Para el comienzo de la simulación se graba el modelo y en el menú “simulate/Start simulation” se activa el comienzo de la simulación, mostrando en la parte inferior derecha de la pantalla el avance en el tiempo de simulación.

- ✓ Buscar reportes. Una vez terminada la simulación se activa el menú “report/Browse report”, mostrándose el cuadro de diálogo de la figura 7. A continuación se selecciona el nombre dado al reporte antes de comenzar la simulación, se presiona el botón “abrir” para observar los resultados de la simulación.



*Figura 7. Ventana de diálogo Select Report file.*

Básicamente estas son las opciones que se realizan en el proceso de simular la implementación realizada. Para un conocimiento mayor acerca de las múltiples opciones en los menús de Comnet y para la forma de variar las condiciones de simulación remitirse al anexo No 2. Módulo de conmutación de Circuitos de Comnet III.

## **ANEXO 2. MODULO DE CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS DEL SOFTWARE DE SIMULACIÓN DE REDES COMNET III**

### **2.1 GENERALIDADES DE COMNET III**

COMNET III es una herramienta para el análisis de la ejecución de redes de computadores y de comunicaciones, basándose en la descripción de la red, sus algoritmos de control y la carga de trabajo, COMNET III simula la operación de la red y proporciona medidas del funcionamiento sin programación previa. La estructura de red es creada gráficamente por medio de una interfaz altamente intuitiva que lleva rápidamente a la formulación y experimentación del modelo.

COMNET III realiza un acercamiento a la red mediante la construcción en bloques los cuales son objetos familiares del mundo real. Empieza con una biblioteca de objetos de red que modelan estrechamente los objetos del mundo real debido a la manipulación de sus parámetros. COMNET III posee un marco de trabajo orientado a objetos que le da flexibilidad para probar un número ilimitado de escenarios, apoyando los resultados en un cuadro animado de la configuración de la red.

Para el análisis de la simulación, la computadora entrega en detalle las implicaciones y consecuencias de una red propuesta, como consecuencia, la simulación es más realista y los resultados son más fáciles de entender que con otras formas de análisis.

Utilizando COMNET III con una biblioteca extensa y creciente de objetos, se construye la red usando técnicas de arrastre de icono, o importando la topología de un sistema de red existente.

La simulación se sigue en un cuadro animado y gráficos dinámicos mientras se está ejecutando, dando oportunidad de interrumpir la simulación para cambiar parámetros y desconectar enlaces y nodos involucrados en el transporte, notándose los cambios inmediatamente, debido a que los resultados gráficos y animados son más fáciles de entender que los numéricos, obteniendo una rápida colección de conclusiones fáciles de aceptar.

Un modelo COMNET III es construido y ejecutado en varios pasos:

- Se construye la topología de red por medio de nodos, enlaces y fuentes de tráfico que son seleccionados de una paleta y arrastradas hasta su posición en pantalla, también existen opciones de importación automática de topología de Sistemas de gestión.
- Se fijan los parámetros de los objetos haciendo doble clic sobre el nodo, los enlaces o las fuentes de tráfico, se activa una caja de diálogo a través de la cual se especifican los parámetros para cada elemento en particular.
- Los parámetros de protocolo y operación de red se encuentran en una caja de diálogo adicional a la cual se accede a través de la barra del menú.
- El modelo es verificado y ejecutado y los resultados presentados en varios reportes.

Una característica significativa de COMNET III es la capacidad para abstraer porciones de un modelo de red y tratarlos como componentes modulares. Esta aptitud proviene del diseño orientado a objetos de COMNET III. Esta nueva facilidad permite crear una librería de componentes de red los cuales pueden ser introducidos y cambiados a voluntad.

Los reportes producidos son un estimativo de las expectativas de la red real. Su exactitud depende de los parámetros con los que se describe la red y del tiempo de ejecución de la

simulación, este tiempo determina cuantos eventos aleatorios son usados para representar las estadísticas de tráfico generado.

COMNET III puede ejecutar múltiples repeticiones independientes de la simulación y generar desviación máxima, mínima y estándar así como histogramas y delineaciones de ejecución de la red.

Regularmente una red se toma para simular una interconexión arbitraria de dispositivos de computo y comunicaciones para voz, datos, vídeo y otros tipos de tráfico de red. Estas pueden incluir terminales, estaciones de trabajo, servidores, adaptadores de interfaz de red, los medios de conexión (cable Ethernet, par trenzado), repetidores, puentes, pasarelas, enrutadores, hubs, conmutadores de paquetes, handsets, línea dedicada, enlace satelital, etc.

Cualquier tipo de red puede ser modelado, sin embargo, se debe escoger el nivel correcto de detalle en el modelo para lograr respuestas satisfactorias. Pensar cuidadosamente sobre este aspecto tiene mucha influencia en el grado de éxito que se tiene con la simulación. Un detallado insuficiente puede generar la omisión de algún aspecto importante en el comportamiento del sistema. Demasiado detalle acaba en un modelo más grande de lo necesario que toma mucho tiempo en cada ejecución y no proporciona ningún elemento adicional para el análisis de la red.

## **2.2 DESCRIPCIÓN DEL MODULO DE CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS**

Es una herramienta de simulación de alta fidelidad, diseñada específicamente para ayudar a asegurar la facilidad del flujo de tráfico de circuito conmutado sobre la red, este modulo y COMNET III trabajan juntos para realizar las capacidades de planeación de escenarios para voz requiriendo banda ancha sobre una cantidad de tiempo fijo. Este modulo puede ser mezclado con el tráfico de paquetes de datos en COMNET III.

COMNET III y este modulo:

- ✓ Asegura el nivel de servicio de conformidad con los acuerdos.
- ✓ Situaciones precisas que pueden presentarse en una PBX además de la identificación de los eslabones que causan problemas.
- ✓ Determina el aumento en los bloques de llamada causados por la selección de un nodo o enlaces que fallan.
- ✓ Examina los efectos preventivos de las llamadas de alta prioridad sobre las de baja prioridad.
- ✓ Predecir donde se requieren enlaces de banda ancha adicionales basada en la proyección del volumen de llamadas.
- ✓ Examinar la total reducción del ancho de banda que puede ser logrado por la combinación de circuitos conmutados de voz y tráfico de paquetes en el mismo enlace T1 e identificar los bloqueos de llamadas y los retardos de paquetes que resulten.
- ✓ Examinar los efectos de compresión de llamada y apilamiento usando multiplexación y demultiplexación.
- ✓ Evalúa los retardos de establecimiento de la llamada.
- ✓ Determina el número de llamadas que son desconectadas debido a fallos en el enlace o el nodo.
- ✓ Entorno de redes de conmutación transportando voz, fax, vídeo o satélites.
- ✓ Identifica los potenciales cuellos de botella.
- ✓ Evaluar métodos de asignar recursos e impedir conmutación y transmisión fácilmente, bloqueándolos para que después sean ejecutados.
- ✓ Toma decisiones inteligentes sobre la transmisión de voz en la red.

Puede generarse reportes de:

- ✓ Conteo de llamadas bloqueadas para cada fuente.
- ✓ Conteo de llamadas desconectadas para cada fuente.
- ✓ Conteo de llamadas correctas para cada fuente.
- ✓ Conteo y nivel de llamadas para nodos y enlaces.
- ✓ Llamadas que utilizan banda ancha para nodos y enlaces.



### **2.2.1 Elementos del módulo de conmutación de circuitos.**

2.2.1.1 Fuentes de llamada. Las fuentes de llamada simulan comunicaciones de circuito conmutado, cuando una llamada se origina, se modela un circuito dedicado de extremo a extremo con un ancho de banda definido. Para que una llamada use un camino, cada nodo que se une a lo largo del camino debe tener suficiente ancho de banda para satisfacer el requisito de la llamada. Una vez la llamada se establece sostiene el ancho de banda que ha sido adquirido hasta su culminación.

Estas fuentes de llamada se utilizan para generar tráfico de voz a 64 Kbps, comprimida, vídeo, fax o telex ya que este tipo de aplicaciones es analógica. Los parámetros que intervienen en este proceso es el tiempo de llegada (INTERARRIVAL), la duración (DURATION) y la clase de enrutamiento (ROUTING CLASS), todas las posibles probabilidades que describen de una forma real; las aplicaciones aceptan distintos valores pero se debe tener en cuenta los valores para una buena simulación y por ende generar buenos reportes.

La clase de enrutamiento (ROUTING CLASS) permite definir un ciclo de vida para atender la llamada, además permite seleccionar las rutas con el fin de que diferentes tipos de tráfico optimicen el uso del enlace reduciendo los requerimientos de memoria y el tiempo de procesamiento. Para crear una clase se adiciona (ADD) y después se editan los valores de cada parámetro especificado, teniendo en cuenta como se comporta la aplicación. Ver figura 10)

El parámetro prioridad permite darle un estatus a cada aplicación para ser procesada y conmutada por los nodos, a mayor prioridad mas rápidamente es enrutada. Además permite establecer mecanismos de bloqueo y espera para cada una de las aplicaciones que se tienen ofreciendo una jerarquía de aplicaciones en la red según los requerimientos de tiempo real y menor retardos para dicho tipo de tráfico.

El parámetro programación SCHEDULING define como se activa la fuente de llamada para realizar el tráfico de esta hacia los lugares que se deseen. Por ejemplo para la central

de CAUCATEL una llamada se origina cada 20.488 seg. (Ver figura 8 y fuente de llamada para la central Caucatel en el documento principal).



Figura 8. Parámetro SCHEDULE de una fuente de llamada

El parámetro CALL define la duración de una llamada, definiendo esta según el parámetro seleccionado de los preestablecidos.

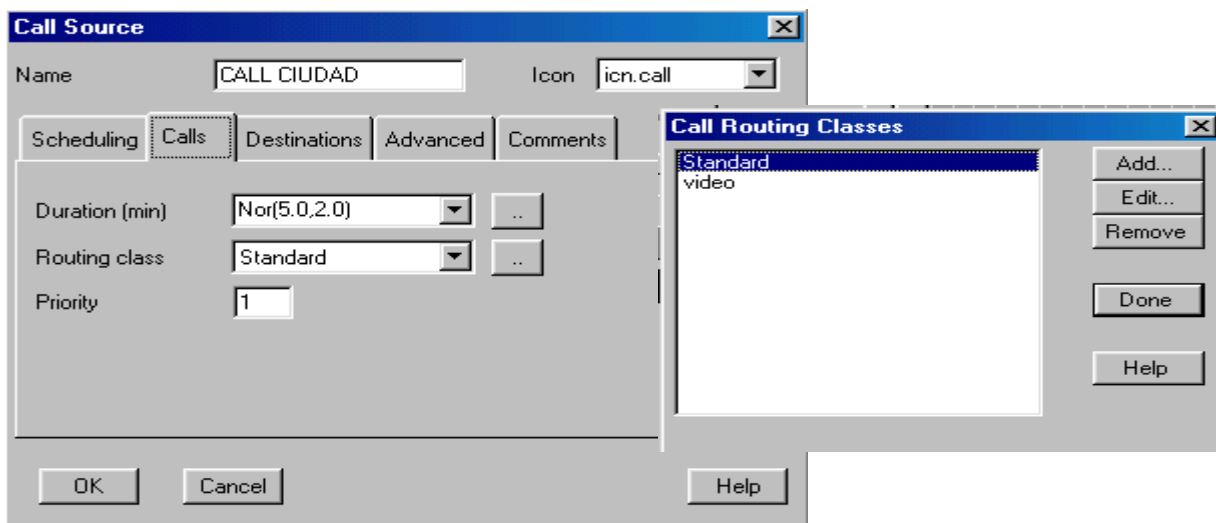
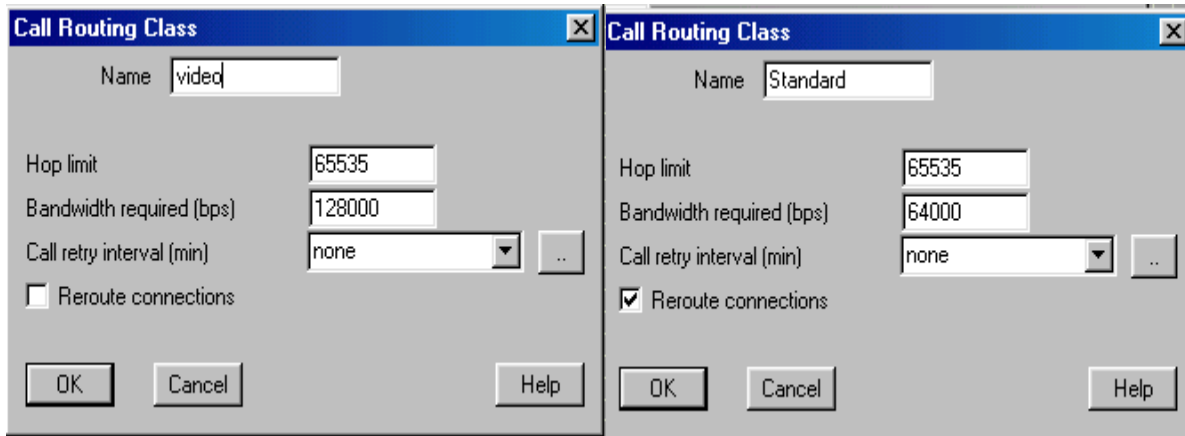


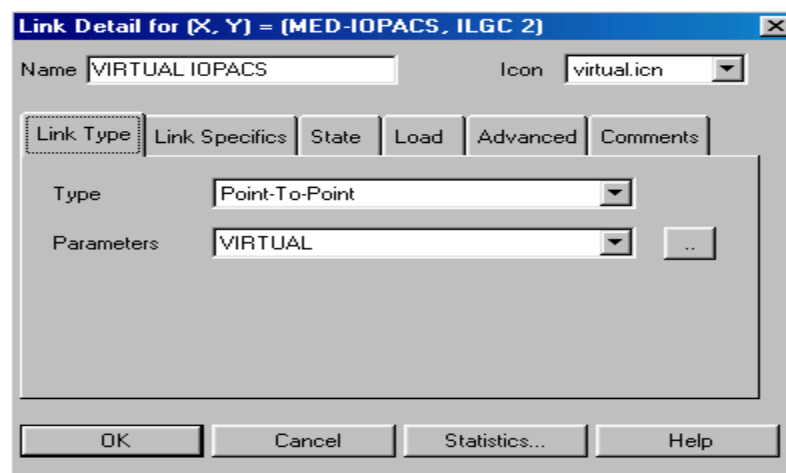
Figura 9. Parámetro CALL de una fuente de llamada.



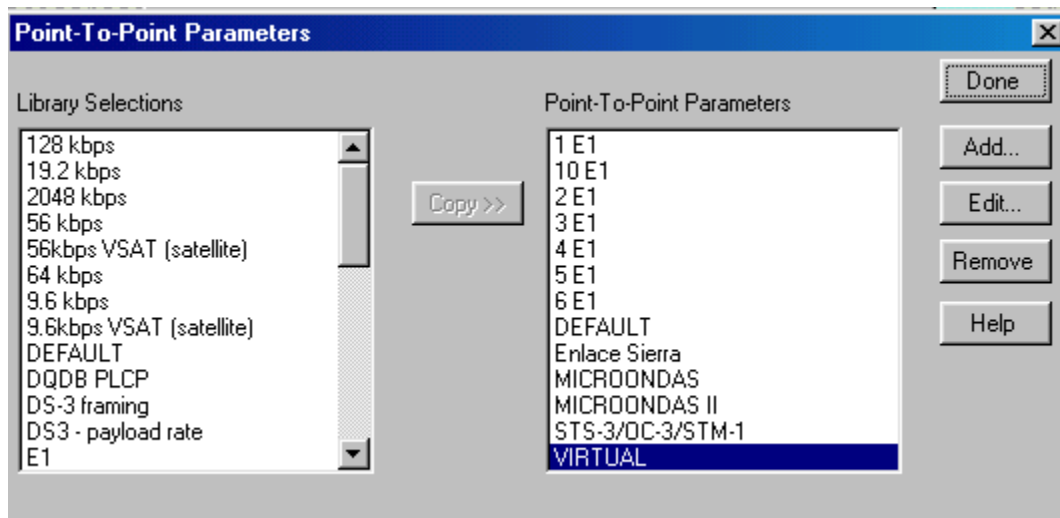
*Figura 10. Routing Class, dentro del parámetro CALL en una fuente de llamada*

El parámetro DESTINATIOS Fija la lista de posibles destinos a donde debe llegar la fuente de llamada.

2.2.1.2 Enlaces. Se usan enlaces para modelar una variedad de medios de transmisión diferentes y va de LAN a enlaces punto a punto en un área amplia, se definen las características físicas de un enlace en términos de ancho de banda y retardo de propagación, se utilizará el enlace punto a punto que representa un único canal entre dos nodos típicamente estas conexiones son líneas dedicadas tal como una línea serial o una conexión de línea dedicada. (Ver figuras 11 y 12)



*Figura 11. Parámetros de un Enlace.*



*Figura 12 Lista de parámetro para un enlace Punto a Punto.*

Para utilizar aplicaciones que permiten definir marcaciones, líneas de módem, conjunto de estos módem, líneas multidrop y otras, se debe analizar su comportamiento en la red con el fin de establecer los valores más sobresalientes para cada parámetro en general.

Los enlaces virtuales por ejemplo se crearan a través de enlaces punto a punto con un gran ancho de banda, debido a que las llamadas no pueden ser enrutadas y generan errores en la perdida de estas. (Ver figura 13)

Para tecnicas digitales o enlaces digitales como fibra óptica, SDH, PDH y demás se debe tener en cuenta el entramado que se realiza debido a que COMNET III los simula como si fuera digital pero con condiciones especiales para tráfico analógico.

Se pueden compartir las fuentes de llamadas con los paquetes de aplicaciones digitales para que viajen por el mismo camino para ello se utiliza la opción compartir (SHARED), en las cuales se reserva un ancho de banda para la llamadas de un salto y además se divide la capacidad del enlace (Ver figura 14)

The screenshot shows the 'Point-To-Point Parameters' dialog box with the 'Calls' tab selected. The 'Parameter set name' is 'VIRTUAL'. The 'Number of circuits' is set to 150, and the 'Bandwidth/circuit (kbps)' is 2048.000. The 'Spare call channel usage' section has 'Subchannel' and 'Superchannel' both set to 'All calls'. The 'Reserved Bandwidth (%)' is 0.0000000 for 1-hop calls. Buttons for 'OK', 'Cancel', and 'Help' are at the bottom.

Parameter	Value
Parameter set name	VIRTUAL
Number of circuits	150
Bandwidth/circuit (kbps)	2048.000
Spare call channel usage	
Subchannel	All calls
Superchannel	All calls
Reserved Bandwidth (%)	0.0000000 for 1-hop calls

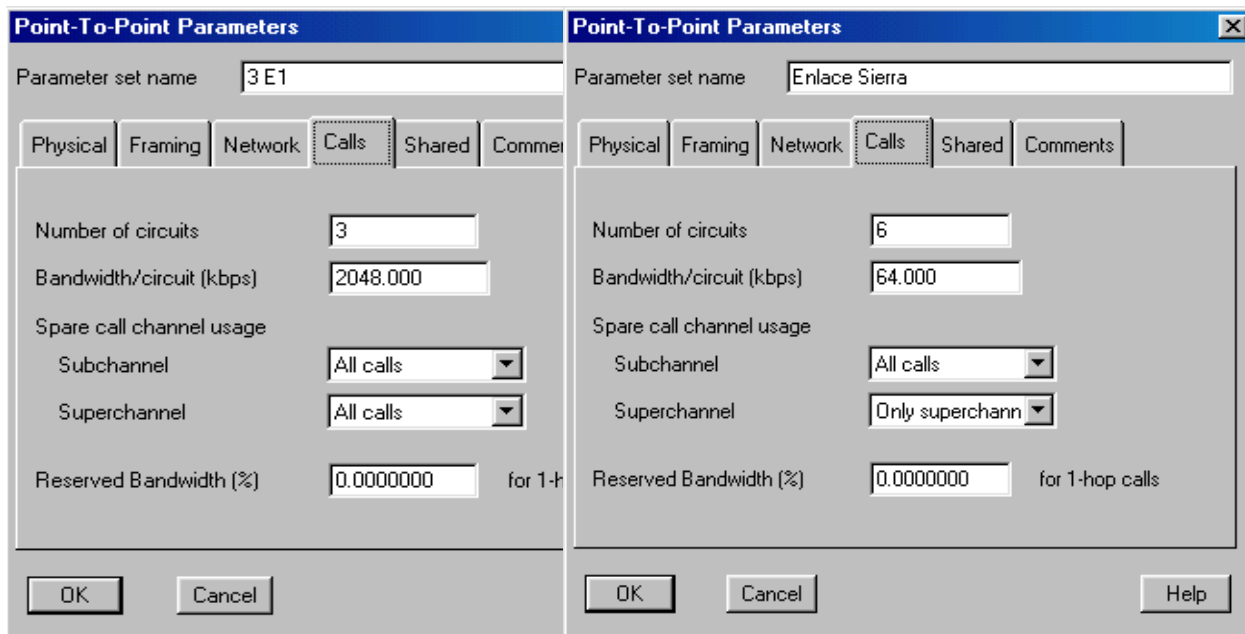
Figura 13. Valores para el parámetro Virtual, en un enlace Punto a Punto.

The screenshot shows the 'Point-To-Point Parameters' dialog box with the 'Shared' tab selected. The 'Parameter set name' is 'VIRTUAL'. The 'Packets and calls share same channel' checkbox is checked. The 'Call overhead (kbps)' is 0.000. The 'Transmit on partial call circuit' and 'Transmit on partial packet circuit' checkboxes are also checked. The 'Cycle Time (ms)' is 0.100000 and the 'Model cycles' dropdown is set to 'Call utilization > 0.0'. Buttons for 'OK', 'Cancel', and 'Help' are at the bottom.

Parameter	Value
Parameter set name	VIRTUAL
Packets and calls share same channel	<input checked="" type="checkbox"/>
Call overhead (kbps)	0.000
Transmit on partial call circuit	<input checked="" type="checkbox"/>
Transmit on partial packet circuit	<input checked="" type="checkbox"/>
Cycle Time (ms)	0.100000
Model cycles	Call utilization > 0.0

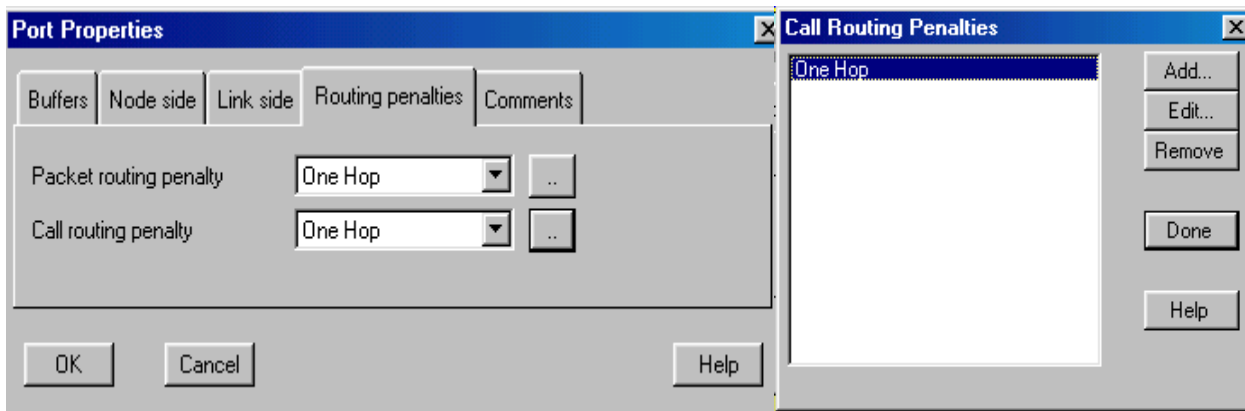
Figura 14. Parámetro SHARED de un enlace Punto a punto virtual.

Los parámetros en cuanto a la capacidad de los enlaces se crean adicionando un nuevo enlace si no esta definido en la librería de estos, de esta manera se crea E1 fraccionados, 2 E1, 3 E1, 5 T1 y todo tipo de parámetros que se observen en la realidad. (Ver figura 15)



*Figura 15. Parámetros para enlaces con capacidad específica.  
(Izquierda 3 E1, Derecha E1 fraccionado).*

Los enlaces pueden tener restricciones de uso en cuanto a la distancia o al costo de los mismos, de esta manera el enrutamiento puede hacerse dependiendo de esta situación. (Ver figura 16 y 17).



*Figura 16. Utilización de un enlace según la distancia y el costo del enlace.*

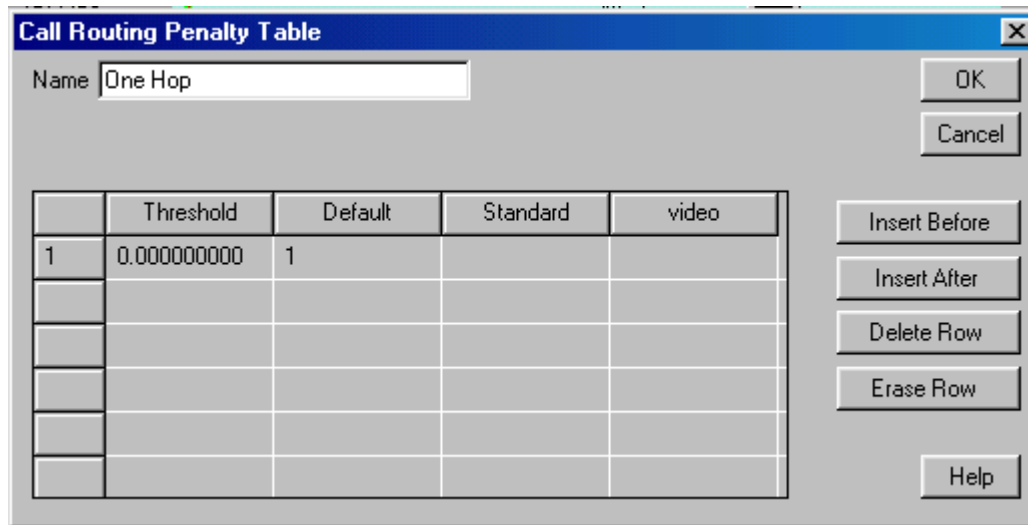


Figura 17. Parámetros para la utilización de un enlace según la distancia y el costo.

2.2.1.3 Nodos de Procesamiento. Estos nodos pueden generar o recibir tráfico o servir de encaminamiento para una llamada para el caso del modulo de conmutación de circuitos los nodos representan PBX, CENTRALES, CONMUTADORES, etc. Que junto al parámetro CALL define las capacidades de conmutación de dicho equipo. (Ver figura 18 y 19)

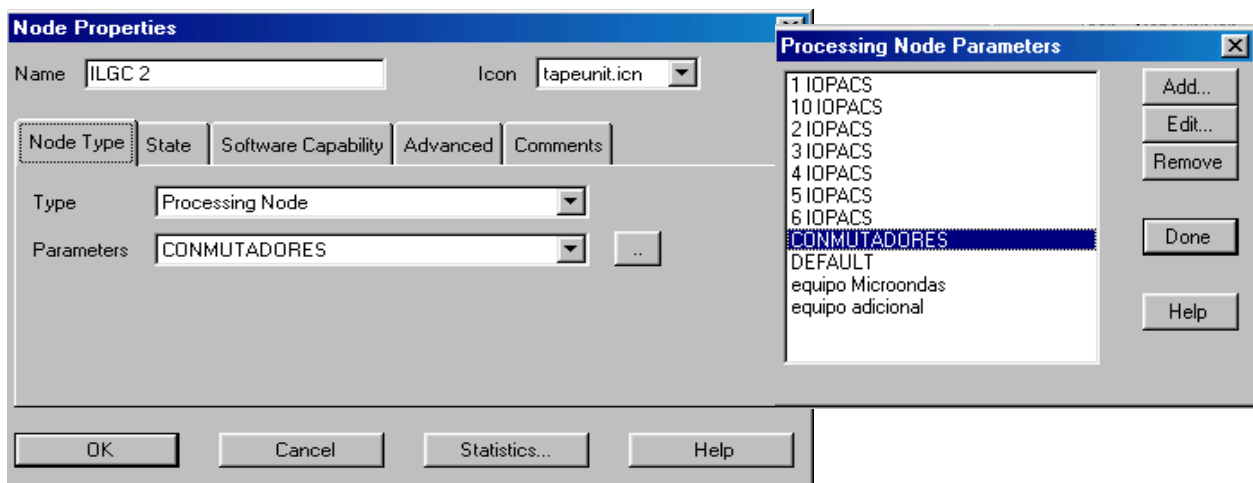
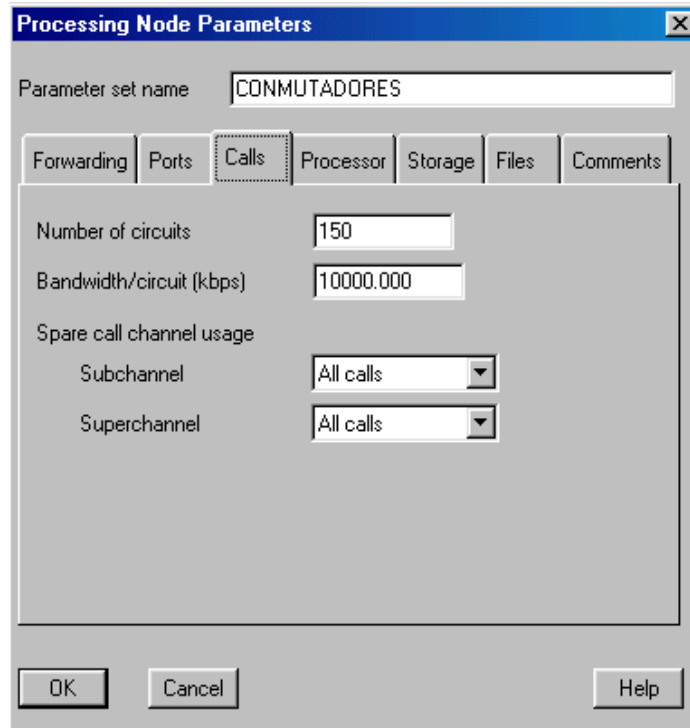


Figura 18. Parámetros para un nodo de procesamiento.



*Figura 19 Valores para el parámetro CALL en un nodo de procesamiento*

Estos dos nodos pueden ser fuentes de tránsito y recursos para carga de trabajo. Esto significa que ellos pueden aceptar fuentes de tráfico y aplicaciones que generen Tránsito de Red y carga de trabajo para ello utilizan la opción SOURCE OR SINK dentro del parámetro FORWARDING, que permite tener una fuente de llamada conectada a él que genera tráfico y además recibe tráfico; la otra opción es VIRTUAL CUT que se comporta como un nodo de tránsito el cual no revisa el tráfico sino que lo deja pasar, evitando los retardos presentados en el procesamiento y encaminamiento de las llamadas. (Ver figura 20).

El Nodo de Dispositivo de Red modela el hardware usado para enrutar el tráfico, incluyendo enrutadores, hubs y conmutadores. Este nodo es similar al Nodo de Procesamiento en que puede actuar como fuente o sumidero de tráfico y ejecuta aplicaciones que utilicen procesamiento o almacenaje interno. Sin embargo, agrega un modelo para una estructura de bus interno para mover tráfico entre los puertos de entrada y



salida. Esta estructura permite disminuir los retardos para cierto tipo de trafico que según los requerimientos no toleran latencias grandes y son en tiempo real. (Ver figuras 21 y 22).

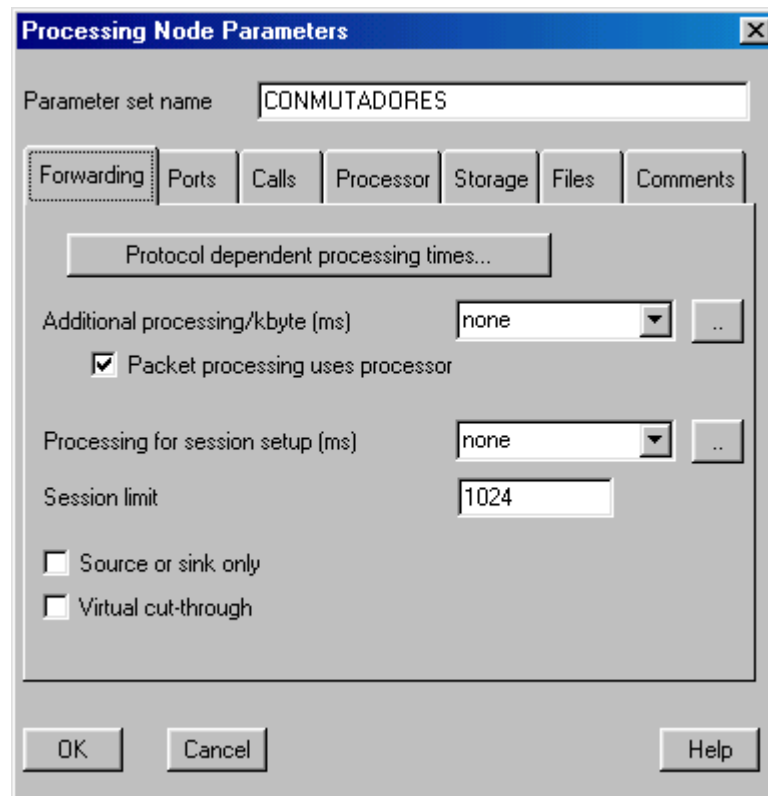


Figura 20. Valores para el parámetro *FORWADING* en un nodo de procesamiento

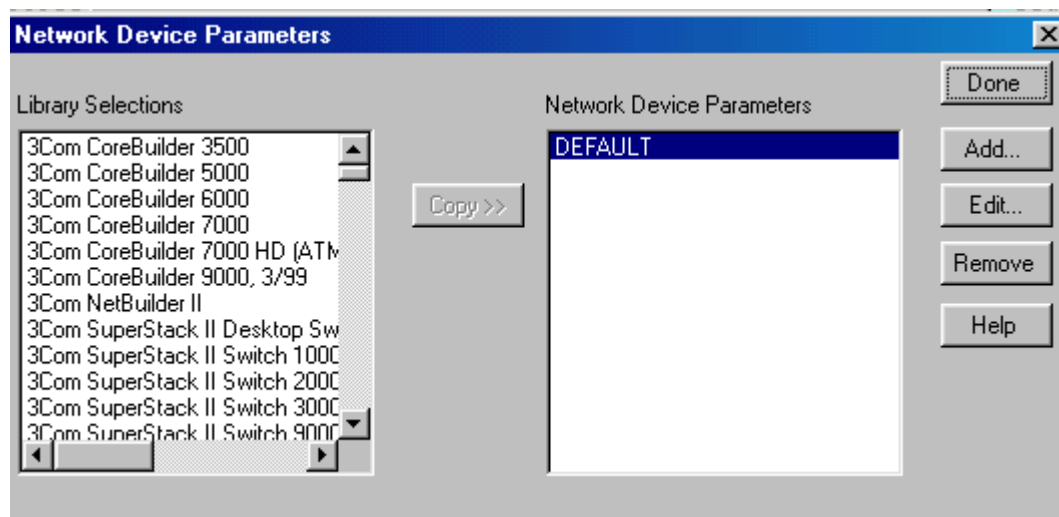
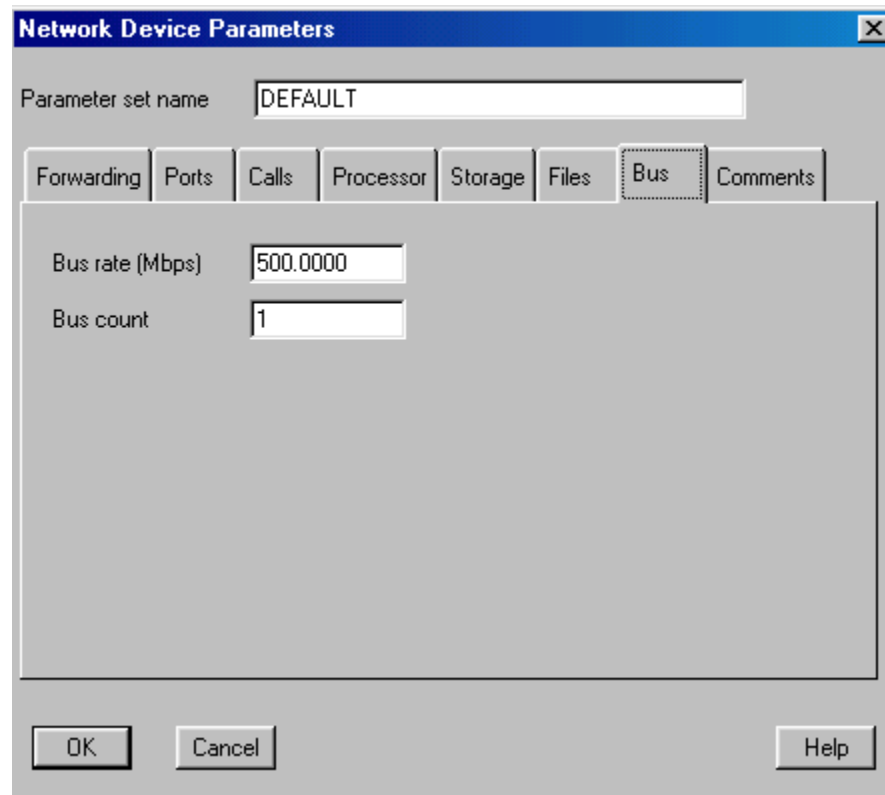
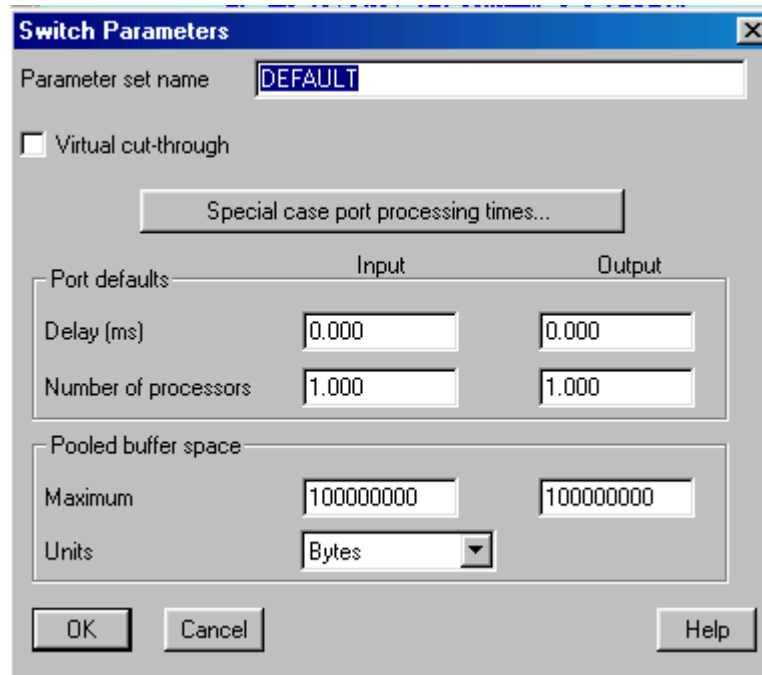


Figura 21. Lista de dispositivos de Red usados como centrales de transito o conmutadores.



*Figura 22. Valores para el parámetro Bus en un nodo de dispositivo de Red.*

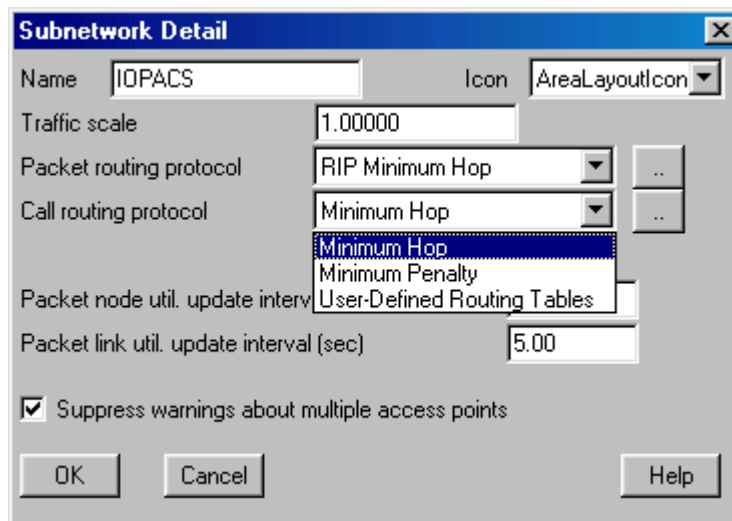
Además de los nodos de Procesamiento y de Dispositivo de Red para enrutamiento de tráfico se usa el nodo HOL. El nodo de conmutación modela una matriz de conmutación que es pertinente para muchos conmutadores que toman tiempos muy cortos para mover un paquete de un buffer de entrada a un buffer de salida. Este nodo puede manejar cualquier tamaño de paquete, sin embargo, se diferencia sobre los nodos, este nodo no puede ser una fuente o sumidero de tráfico y las fuentes no pueden añadirse a este nodo. Este nodo se utiliza como dispositivo intermedio en una red por ejemplo puede modelar una red de tránsito que enlaza varias centrales telefónicas para su enrutamiento esto se llama comúnmente central Tandem. (Ver figura 23).



*Figura 23. Parámetros para un nodo HOL.*

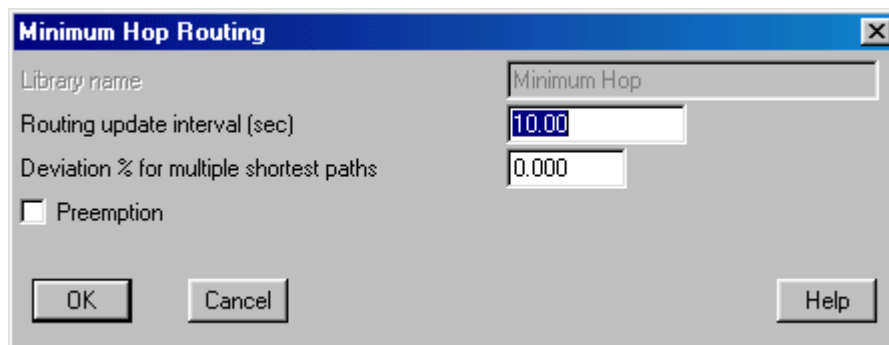
Si se desea facturación y estadísticas de almacenamiento se debe utilizar todas las características del nodo de procesamiento en cuanto a los procesadores, almacenamiento, archivos y buffers de salida y entrada, además una fuente de aplicación con comandos variables y expresiones que se generan a través de la señalización numero siete que se está usando en la red. Todas estas capacidades para tener una red con punto de señalización y control deben estar superpuesto a la existente y se deben establecer los parámetros que modelan estas condiciones. Las tablas de enrutamiento en un nodo pueden ser definidas por el usuario, seleccionando rutas primarias y rutas secundarias.

2.2.1.4 Subredes. Ofrecen un nivel de agrupamiento para minimizar el área de trabajo y permitir la diferenciación de protocolos, diferenciación de funcionalidades o incluso modularización de la red propuesta para el modelado. Las subredes proveen dos funciones principales en COMNET III, la primera es un método de gestionar el despliegue de una red grande en el modelo buscando mejor entendimiento de la misma, y la segunda es proveer un método para permitir diferentes protocolos de enrutamiento a ser usados en diferentes partes del modelo de una red.(Ver figura 24).

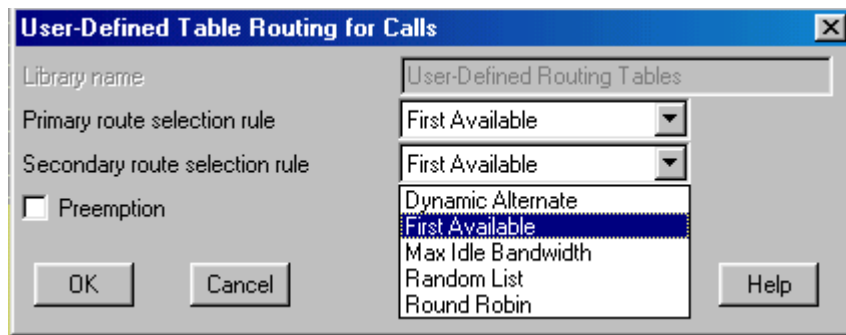


*Figura 24. Parámetros para la subred.*

Las subredes permiten establecer el plan de enrutamiento para las llamadas como la primera ruta disponible, el mínimo salto o rutas definidas por el usuario, cada una con parámetros especiales que permiten gestionar los problemas de reenrutamiento, bloqueo de caminos y congestión por aplicaciones para ello se debe utilizar mecanismos de reenrutamiento, reconexiones y rutas alternas entre ellos están: la capacidad del enlace (MAX IDLE BANDWIDTH), una ruta alterna dinámica, una ruta cíclica (ROUND ROBIN) y una lista aleatoria (RANDOM LIST) de posibles rutas. (Ver figuras 25 y 26)



*Figura 25. Valores para el protocolo de enrutamiento de mínimo salto, en una subred.*



*Figura 26. Opciones para el protocolo de enrutamiento en una tabla de enrutamiento definida por el usuario.*

La nube de tránsito puede simular una central tandem que en su interior se tienen nodos de HOL y enlaces punto a punto que permiten modelar y enrutar las llamadas que pasan y/o sirven de tránsito en busca de su destino.

La utilización de las subredes o nubes de tránsito permiten aumentar la escala de tráfico para dicha parte del modelo simulando más carga que sale de él hacia otros lugares de la red.

La opción entrar (enter) del menú ver (view) clarea el área de trabajo y entra al nivel de la subred para construirla, para salir de esta subred seleccione la opción salir (leave) del menú ver (view) para regresar al plano principal de la red o backbone. Una subred es conectada al backbone por medio de un punto de acceso, este debe ser conectado a un nodo en la red.

### **2.2.2 Modelamiento de los objetos en el módulo de conmutación de circuitos.**

El modelamiento de Sistemas telefónicos, se realiza con base en la modernización de las centrales telefónicas, en cuanto al crecimiento de la demanda telefónica, nuevos servicios generados por las últimas tecnologías digitales tanto en transmisión como en conmutación, lo cual lleva a crear una red hacia el futuro multiservicio, con acceso RDSI de gran ancho de banda. Para su modelamiento se debe tener en cuenta los siguientes componentes de la red:

2.2.2.1 El equipo de conmutación de una central telefónica. Brinda el acceso local a los abonados y realiza el proceso de encaminamiento de la llamada, además de establecer la comunicación con otras centrales de la región. Para el modelamiento de un equipo de conmutación se debe tener en cuenta el enrutamiento requerido para cada llamada ubicado en tablas de enrutamiento. Estas tablas de enrutamiento son deducidas del funcionamiento real de la red o del planeamiento que se haga de ella. Otros aspectos que se deben tener en cuenta del equipo de conmutación son los circuitos dedicados que se pueden realizar a través del nodo, el número máximo de llamadas que puede almacenar y enrutar, y por supuesto los adaptadores a los enlaces de acceso con otras centrales.

Un equipo de conmutación se modelara por medio de un **NODO DE PROCESAMIENTO**, en el cual los parámetros para tener en cuenta son:

- **CALL.** Establece las características principales de la central de conmutación como el número de circuitos disponibles (Number circuit), el ancho de banda para soportar las llamadas en el nodo (bandwidth/circuit(kbps)) y la asignación de este según la codificación y el tipo de tráfico. Por ejemplo un tráfico de voz posee un ancho de banda de 64 Kbps pero con técnicas de compresión puede tomar menor ancho de banda (subcanal de 16 Kbps) o por ejemplo para tráfico de vídeo se puede tomar un supercanal de 256 Kbps (este aspecto se establece en el parámetro (Spare call chanel usage) y en caso de no existir ninguna codificación se toma valores por defecto).
- **Routing Tables.** Son las tablas de enrutamiento definidas por el usuario en donde se dan las posibles rutas que puede tomar la llamada, estas rutas se dan en la tabla de encaminamiento con rutas principales y secundarias. Cuando se trabaja en un nivel de subred es importante tener en cuenta que para que se active este parámetro se debe activar primero en parámetro en ella, para que los nodos incluidos en la subred también lo contengan. (ver subredes). Sin embargo no se podrán realizar hasta tanto no se hallan creado la totalidad de componente de la red.
- **Source or sink only.** Especifica que este nodo sólo puede ser de origen y destino para las llamadas, no puede ser de transito. Internamente este nodo procesa la llamada y conmuta las entradas en busca de los destinos.

2.2.2.2 Enlaces entre las centrales. Son **PUNTO A PUNTO**, algunas veces se modela según las técnicas digitales de transmisión como Sistemas E1, T1 o ya superiores por medio de transmisiones más sofisticadas como SDH (STM\_1, STM\_4, etc.) ó SONET; Las características más importantes son la capacidad de cada circuito ó enlace de transmisión y el número de circuitos requeridos; si se prefiere también es posible un enrutamiento con base al costo o distancia de cada enlace.

- CALL define la capacidad del enlace entre dos nodos de conmutación, los valores fijados son el número de circuitos disponibles, la capacidad de cada circuito y como se puede multiplexar los canales para soportar una llamada. Para técnicas como SDH o SONET se toman los valores por defecto de estos enlaces junto con las características de entramado (Framing); Un espacio adicional consiste en reservar un ancho de banda para llamadas entre dos centrales, esto con el fin de que las llamadas que posean un salto, sean establecidas.

2.2.2.3 La carga de tráfico en la red. Este tráfico se modela por medio de una **FUENTE DE LLAMADA**. Se basa en las estadísticas de número de llamada efectuadas, probabilidades de los destinos, la duración, el tiempo entre llamadas, el enrutamiento y prioridad; estableciendo la matriz de tráfico y los Sistemas de bloqueo y espera si fuere necesario.

La duración de cada llamada se obtiene de estadísticas telefónicas, en donde la duración para las llamadas locales esta entre 5 a 7 minutos y para larga distancia entre 2 a 3 minutos; el tiempo de llegada de cada llamada se halla con base en la duración y el tráfico cursado ya que se modelará como un grupo de abonados y no individualmente.

El número de saltos para establecer la llamada es importante en el plan de encaminamiento y de esta manera flexibiliza la utilización de los enlaces.

- El tiempo entre llamadas se obtiene como una distribución exponencial (interarrival) el cual especifica el tiempo entre la creación de nuevas llamadas.
- Clase de enrutamiento(routing Class): Define el número de saltos necesarios para establecer la comunicación se puede tomar del plan de encaminamiento según rutas principales y secundarias, el ancho de banda para voz es de 64 Kbps y también parámetros en el reenrutamiento de las llamadas.
- Prioridad: Modela situaciones de espera y bloqueo según las políticas de la empresa, para llamadas locales este valor puede ser pequeño (1), llamadas de larga distancia de 5 y llamadas celulares de 10.
- Los destinos se basan en: la estratificación de los abonados en cada zona, las estadísticas de llamadas más frecuentes a un sitio específico y en la importancia de las llamadas de una central a otra, para esto se modela una lista de destino con valores aleatorios (weighted list) para cada central telefónica. Sin embargo hasta no tener la mayoría de componentes conectados no se podrá realizar una adecuada lista de destinos.

2.2.2.4 Reportes y simulación. El paso final para completar el modelo es seleccionar la opción verificar modelo con el fin de mostrar algunos errores, la barra de mensaje indicará errores no detectados, si existen errores en el modelo se presentara un cuadro de diálogo con todos los errores que deben ser corregidos antes de correr la simulación, finalmente guarde el modelo.

Los reportes que han de ser generados son: Llamadas bloqueadas, nivel de llamadas por nodo, nivel de llamadas por enlace, utilización del enlace.

La simulación será efectuada para coleccionar los datos que son necesarios en el análisis del problema, la duración será de 3600 segundos simulando una hora de carga en la red, con un warmup length de 20 segundos (ver menú *simulate- run parameters*) necesario para que la red inicie a trabajar y establezca condiciones iniciales de trabajo.



**2.2.3 Proceso de simulación.** La conmutación de circuitos se da para la transmisión de voz, fax y vídeo en tiempo real, en el cual el enrutamiento es orientado a la conexión sosteniendo un ancho de banda dependiendo de la clase de información (voz a 64 Kbps), por todo el trayecto desde su origen hasta su destino y durante el tiempo que permanezca la comunicación.

El modelamiento de Sistemas telefónicos se realiza para observar algunos problemas de enrutamiento de las llamadas y poderlos solucionar, flexibilizar procesos de encaminamiento en cuanto al crecimiento de la demanda telefónica, nuevos servicios generados por las últimas tecnologías digitales tanto en transmisión como en conmutación (acceso a Internet), establecer la posibilidad de crear una red hacia el futuro multiservicio de gran ancho de banda y monitorear la red para detectar posibles daños y buscar alternativas de reenvío.

Para su modelamiento se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El equipo de conmutación de una central telefónica se modelara por medio de los nodos de procesamiento, nodos de dispositivos de red o nodos HOL, en los cuales los parámetros(*parameters*) define los circuitos internos que pueden conmutar, su ancho de banda, la asignación de este según la codificación, su almacenamiento y procesamiento de la llamada.
- Los enlaces entre las centrales son punto a punto, definiendo la capacidad de cada circuito, el número de circuito requeridos, la forma en que es transportado el ancho de banda y métodos de compresión de las llamadas.
- La carga de tráfico se hace por medio de fuentes de llamadas que según el destino se modela la duración, el tiempo entre llamadas, el enrutamiento y prioridad sobre la base de datos establecidos.
- Las subredes que dan un nivel de agrupamiento mas trabajable y jerarquiza la red para tener múltiples y diferentes puntos de acceso para el enrutamiento y la comunicación.

Con el número de líneas instaladas y su demanda futura se predice el dimensionamiento de la central de conmutación, definiendo los circuitos que son necesarios, con base en el número de líneas y la relación de estratos en cada zona. Estos datos permiten modelar el tráfico, construyendo la matriz y las probabilidades de destinos para cada central.

Las llamadas se diseñan partiendo de la clase de servicio local, local extendida y larga distancia, y para cada ruta en especial el protocolo de enrutamiento hacia otras centrales y la prioridad de las llamadas conservando un sistema de bloqueo y espera para asegurar una aceptable calidad de servicio.

### **Estratificación de los abonados**

**Abonados residenciales: 0.03 – 0.06 erl.**

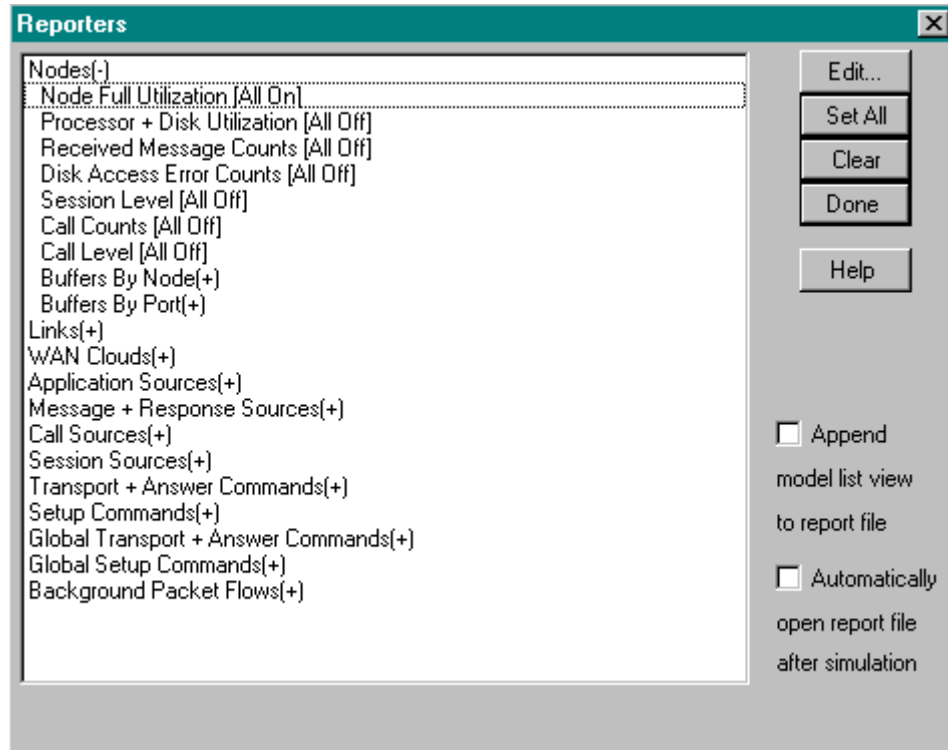
**Abonados comerciales: 0.1 – 0.2 erl.**

**Abonados celulares: 33 milierl.**

Conociendo que el 30% del tráfico total que llega a una central sale hacia otra central y que un E1 es igual a 30 erlang se tiene la matriz de tráfico para los enlaces.

El plan de enrutamiento se realiza siempre y cuando existan múltiples posibilidades de enrutamiento para una llamada. En caso contrario no se necesita sino que cada fuente de llamada creada busca el camino según las conexiones realizadas en el modelo. En caso que sí se haga necesario un plan de enrutamiento, este se define por el usuario siempre y cuando no existan subredes involucradas en el modelo, en caso contrario las subredes definen el mínimo salto disponible así que el diseño será un poco exigente y demandara más trabajo para organizar dicha topología de red.

2.2.3.1 Proceso y análisis de resultados de simulación. COMNET III genera reportes textuales al final de cada repetición del modelo. Estos pueden ser seleccionados en el menú reportes (Report/Select Reports). La caja de diálogo muestra para cada objeto en el modelo una lista de informes y por medio de la opción editar (edit) se escogen: los objetos y los reportes. (Fig. 27).



*Figura 27. Menú Reportes.*

- Edit = Usado para seleccionar reportes individuales.
- Set all = Selecciona todos los reportes.
- Append model list view to report file = Seleccionando este recuadro se genera un listado de todas las características del modelo a ser añadidas en el reporte final.

El listado incluye todo lo que podría ser visto seleccionando el menú View / View by list/ all y excluyendo los ítems con valores por defecto. Este aspecto es una excelente forma para una completa documentación de la ejecución de la simulación.

- Automatically open report file after simulation = Abre automáticamente el archivo de reporte cuando se completa la simulación.

Seleccionando el botón Edit se abre una caja de diálogo donde hay varios objetos relacionados con el listado individual de elementos del modelo.

On All = Selecciona los objetos para los cuales se debe hacer reportes en forma individual seleccionando la caja On o si se debe hacer reportes para todos se selecciona la caja All.

El ítem del menú Report/ Browse Report puede ser usado para ver los reportes una vez la simulación es terminada, o puede usarse un editor de texto. Los reportes son colocados en un subdirectorio con el mismo nombre del modelo, al interior del subdirectorio todas las repeticiones del reporte están en un archivo según el nombre dado en el menú *Report/Set file name*, o en su defecto en el archivo Stat1.rpt. Si se ejecuta una simulación nuevamente, este archivo será sobrescrito con los nuevos reportes de la simulación. Además se tiene en cada objeto de COMNET III la opción estadísticas (statistic) que almacena las estadísticas de dicho objeto en cuanto a su funcionamiento; los reportes y estadísticas pueden ser guardados especificando el nombre del archivo, y vistos de manera gráfica durante la ejecución de la simulación.

2.2.3.2 Análisis del problema. Se pretenden analizar el comportamiento del tráfico, las soluciones propuestas, los elementos existentes en la red, además los datos para modelar la carga de trabajo y las aplicaciones que se deben realizar en la futura solución.

Para la simulación de una red es necesario conocer la información sobre:

- El tipo de enlaces en la red, ya que cada enlace tiene su correspondiente configuración, características y funcionamiento.
- El protocolo de transporte usado, la clase de enrutamiento, este depende en gran parte de los servicios y el uso que se tiene de la arquitectura de red.
- La carga de trabajo que generan las aplicaciones, observando los destinos, duración de las llamadas y ancho de banda.
- En cuanto a los nuevos servicios que se tienen como son Internet, vídeo, fax, programas para videoconferencia, etc.; se deben analizar los tiempos, ancho de banda, encaminamiento, circuitos utilizados y la secuencia de operaciones que siguen estos programas con el fin de definir los las fuentes de aplicaciones.

- La carga de red cuando se incrementa el número de usuarios o se implementa una nueva aplicación para el trabajo en red.
- El desempeño, calidad y retardos de una red cuando se cambia o falla un enlace, su método de acceso al sistema y transporte de información.

2.2.3.3 Modelamiento de las fuentes de tráfico y dispositivos. Al hablar del modelamiento se refiere a los parámetros que requieren los diferentes objetos de COMNET III para simular la arquitectura de red; con base a esto se define el promedio de llegada entre un mensaje y otro, la duración, retardo y destino de una llamada

De esta manera se completa el proceso de llevar a mejor termino la construcción y futura simulación de una red, cuyo modelamiento se realiza sobre la base de: Distribuciones de probabilidad, tablas estadísticas, simulando la carga de tráfico, el promedio de llamadas, la configuración de los equipos y enlaces utilizados en la arquitectura de red. Las distribuciones de probabilidad le permiten a COMNET III asemejar a la realidad tiempos de procesamiento, cálculos de tiempo de llegada y duración de llamadas, etc. Esto debido a que este tipo de valores nunca tiene un valor exacto y siempre están regidos por valores probabilísticos.

2.2.3.4 Verificación del modelo de red. Cuando se ha completado la construcción del modelo de red, con sus respectivas características, elementos y parámetros se elige la opción verificar modelo del menú simulación (simulate), la aplicación ejecuta un chequeo lógico del modelo, si no detecta los errores, el mensaje “no verification errors detected” se presentara, de lo contrario se despliega en un cuadro todos los errores en el modelo que deben ser corregidos antes de correr la simulación.

**2.2.5 Alcances.** COMNET III permite la simulación de gran variedad de arquitecturas de red incluyendo tecnologías actuales como WAP y VoIP, la gran variedad de dispositivos de

red disponibles y la posibilidad de actualización de estos, proveen a la herramienta de una amplia gama de equipos que le da mayor flexibilidad al diseñador.

Las diferentes presentaciones de resultados ofrecen al usuario un completo seguimiento de los parámetros de la red, tales como manejo de tráfico, retardos, tipos de aplicaciones soportadas, protocolos, etc. , y el proceso de comunicación entre diferentes dispositivos. De acuerdo con la información que el usuario desee conocer de la red, este puede elegir la presentación de resultados entre: Las estadísticas (gráficas de un parámetro con respecto al tiempo), diagramas relacionales (relacionan un origen con un destino), diagramas de transacción (diagramas de tiempo) o los reportes que incluyen el archivo de trazado y autodocumentación.

COMNET III a pesar de su flexibilidad para la construcción de topologías de red presenta limitaciones para modelado de hardware con características específicas y no comerciales, ya que todos sus dispositivos de red son netamente comerciales, obligando al diseñador a buscar alternativas que se comporten en forma similar al dispositivo real.

El estudio de los parámetros para el modelamiento de una arquitectura de red existente debe ser realizado de tal forma que el modelo se ajuste a las condiciones reales de la red. En el caso de una red en estudio se debe analizar cada parámetro, debido a que el software no presenta limitaciones en la asignación de los valores, para evitar la simulación de dispositivos que no se ajustan al comportamiento real, dando como resultado una mala simulación de la red.

Para el logro de una buena simulación se debe realizar correctamente el estudio y análisis del problema, ya que de estos se obtiene la arquitectura de red para suplir las necesidades requeridas para un óptimo diseño.

El estudio probabilístico para el dimensionamiento de la red, es decir, fuentes de tráfico y posibles aplicaciones, debe realizarse a conciencia debido a su influencia directa en el volumen de tráfico tanto en los enlaces como en los nodos.

Simplificar los procedimientos realizados por una determinada aplicación con el fin de modelar una fuente de aplicación sin tanta complejidad en los procesos y características conlleva a que los resultados de la simulación no sean los más apropiados para su interpretación.

En la selección de los reportes se debe escoger aquellos que ofrecen el mayor número de datos necesarios para evaluar el desempeño de la red o las capacidades que se quieren conocer, además un gran número de estos limitan la velocidad de simulación y son confusos para su comprensión.

La mayoría de objetos disponibles en COMNET III que modelan dispositivos de red tienen parámetros que no se documentan, porque los fabricantes no proporcionan datos; así como existen parámetros que son difíciles de implementar y depende de la habilidad del ingeniero en busca de lograr un mejor acercamiento a la red actual, y si se trata de una nueva red que se desee implementar se asumirán valores acordes con la estructuración de una arquitectura ya planeada.

## **ANEXO 4. LOS FLUJOS DE TRABAJO FUNDAMENTALES**

La descripción por separado de los flujos de trabajo no es equivalente al paso una sola vez por ellos durante el desarrollo de la simulación como lo es el método en cascada. Por los flujos de trabajo se pasa durante cada iteración. Dependiendo del número de iteraciones entonces es el número de pasadas por los flujos de trabajo. Sin embargo no quiere decir que todas las iteraciones tengan que usar todos los flujos de trabajo.

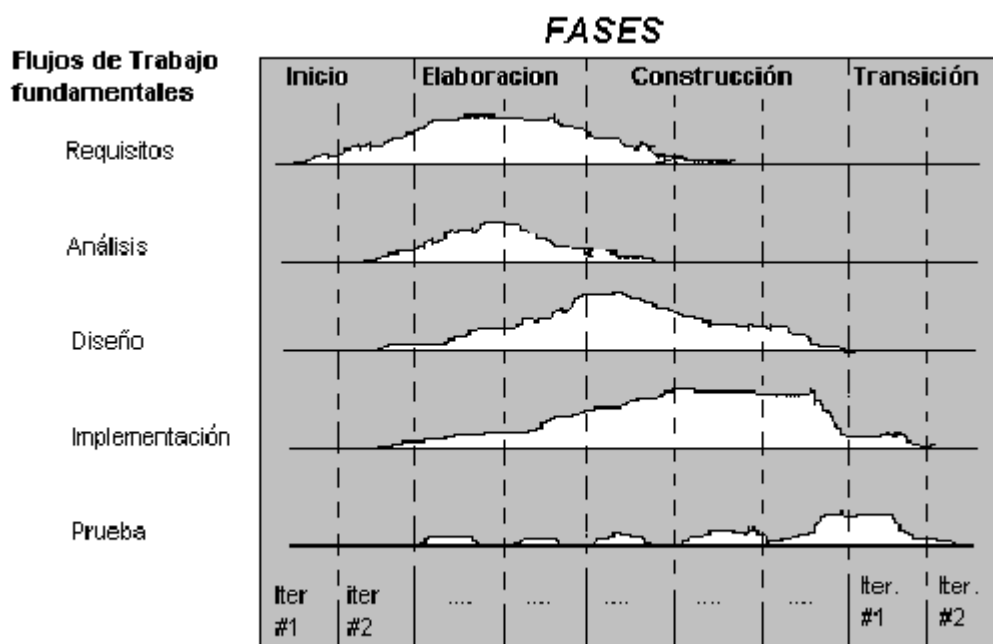
### **4.2 FLUJO DE TRABAJO DE LOS REQUISITOS**

El propósito fundamental del flujo de trabajo de los requisitos es guiar el desarrollo hacia el sistema correcto, lo cual se consigue mediante una buena descripción de los requisitos del sistema, para poder ponerse de acuerdo con el cliente.

- ✓ Enumerar los requisitos candidatos. Los usuarios y desarrolladores, conocen el sistema y sus funciones, es necesario tenerlos en cuenta y hacer una lista.
- ✓ Comprender el contexto del sistema.
- ✓ Requisitos funcionales: se establecen los casos de uso incluso los no funcionales. Si se puede conocer todo lo que el usuario hace entonces se sabe lo que es el sistema.
- ✓ Requisitos no funcionales. Propiedades del sistema, restricciones del entorno, rendimiento, dependencias de la plataforma, mantenimiento, extensibilidad y fiabilidad.

El modelo de Casos de Uso se desarrolla a lo largo de varios incrementos del desarrollo, donde las iteraciones producirán nuevos Casos de Uso. Viendo la figura 28 se tiene que el flujo de trabajo de requisitos está más acentuado durante las fases de análisis y elaboración principalmente y algunos restantes en construcción. El 80% de requisitos se conocen en la fase de elaboración.





*Figura 28. Flujos de trabajo ubicados en las fases de desarrollo*

**4.1.1 Actividades en el flujo de trabajo de los requisitos.** Las distintas actividades varían entre las fases de proyecto. Se hace un trabajo diferente en la fase de inicio (establecer Casos de Uso) que en la fase de construcción (reformas, cambios pequeños, diferentes descripciones).

✓ Actividad: Encontrar actores y Casos de Uso.

La entrada para realizar esta actividad son los clientes. Esta actividad consta de cuatro pasos:

➤ Determinar actores

Teniendo una comprensión del ambiente de trabajo es simple identificar los actores. Existen dos criterios útiles para elegir candidatos a actores. Relacionarlos con casos de uso, lo cual permite encontrar factores relevantes y no fantasmas, y tener en cuenta que la coincidencia entre los roles que desempeñan las instancias de los diferentes actores debería ser mínima para evitar dos actores con los mismos roles en esencia. Se deben dar los nombres (entendibles, esbozando sus necesidades y responsabilidades) y describir brevemente el papel que desempeñan. Ahora se tiene

una versión del artefacto modelo de Casos de Uso con actores actualizados que permiten encontrar los Casos de Uso.

- Determinar los Casos de Uso. Partiendo de talleres con los clientes, entrevistas o se puede partir de las necesidades de actores concretos. Los Casos de Uso deben ser fáciles de modificar, probar y manejar. Su nombre es un verbo como palabra inicial que haga pensar en una secuencia de acciones y proporcione un objetivo.

Al determinar un Caso de Uso se debe saber si es completo o si es parte de una secuencia. Los Casos de Uso deben añadir valor al actor. Deben entregar un resultado a un usuario individual para que no se hagan muy grandes. Esto es fundamental para identificar un buen Caso de Uso; es una directriz.

Los Casos de Uso luego serán reestructurados, reformados. En cada iteración se va determinando la arquitectura basándose en los primeros y arquitectónicamente básicos Casos de Uso. Los demás Casos de Uso serán modificados para adaptarse a la arquitectura o si es conveniente modificarla para dar lugar a un caso de uso.

- Describir el modelo de Casos de Uso. Se prepara diagramas y descripciones para explicar el modelo de casos de uso, especialmente cómo se relacionan los Casos de Uso entre si y con los actores. No existen reglas solo puede usarse múltiples diagramas para relacionar los diferentes casos de uso. Puede agruparse los casos de uso en paquetes de Casos de Uso.

Cuando se hace la revisión de la descripción, se determina:

- Si se han capturado todos los requisitos funcionales necesarios
  - Si existe una correcta secuencia de acciones
  - Si un Caso de Uso no proporciona valor para entonces reconsiderarse
- ✓ Actividad: Priorizar Casos de Uso
- Priorizar constituye la selección de los Casos de Uso fundamentales o mas relevantes, los cuales dan cimiento a la arquitectura y sobre la base de ellos se hace el análisis, diseño, implementación en las primeras iteraciones. Esta información se recoge en la vista de la arquitectura del modelo de Casos de Uso.

Dar prioridades significa asignar los Casos de Uso o escenarios de Caso de Uso a las iteraciones según la clasificación que se haga de estos. La clasificación no es fácil. Los

Casos de Uso se ordenan según el riesgo que conllevan: riesgos de que no se construya el sistema deseado, no satisfaga los requisitos, no cumpla la arquitectura.

La prioridad en los Casos de Uso está en lo relacionado con el ámbito del sistema y con la arquitectura. Luego de otras interacciones se trata de completar la arquitectura (agregar músculo al esqueleto para solidificarlo). Se establece un orden lógico para los demás Casos de Uso. Los Casos de Uso que dependan de otros deberán ser posteriores, esperando que aquellos otros sean implementados.

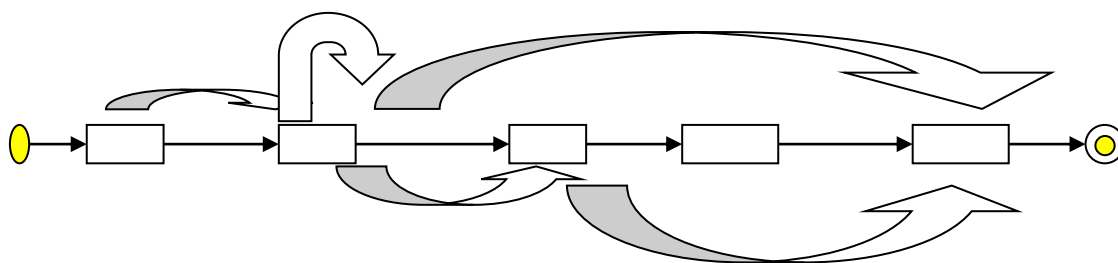
✓ Actividad: Detallar un Caso de Uso

Es describir su flujo de sucesos en detalle, incluyendo como comienza, termina e interactúan con los actores, para lo cual se necesita el modelo de Caso de Uso, haciendo paso a paso la secuencia de acciones. Se debe en la descripción de cada Caso de Uso estar de acuerdo con los usuarios o actores reales para llegar a sacar acuerdos. Para describir, lo mejor es el uso de un castellano corriente.

En una descripción de Caso de Uso se debe incluir:

- Describir el estado inicial.
- Cómo y cuando comienza el Caso de Uso
- El orden requerido de las acciones a ejecutar, numerando el orden.
- Cómo y cuando terminan los Casos de Uso.
- Definir los posibles estados finales.
- Caminos de ejecución no permitidos.
- Descripción de caminos alternativos que por ser pequeños están en la descripción del camino principal
- Descripción de caminos alternativos no descritos en la descripción del camino principal.
- La utilización de objetos valores y recursos del sistema
- Los requisitos no funcionales del Caso de Uso pueden documentarse en otra sección del Caso de Uso.
- Especificar posibles interacciones con otros sistemas

Las descripciones son evaluadas al final de la captura de requisitos.



*Figura 29. Caminos para la ejecución de un caso de Uso.*

- ✓ Actividad: Estructurar el modelo de Casos de Uso.  
Se estructura para extraer descripciones de funcionalidad, generales y compartidas para realizar descripciones de Casos de Uso más específicas.  
Es necesario identificar acciones comunes o compartidas por varios Casos de Uso lo que genera una clase de herencia entre Casos de Uso que lleva a generalización entre ellos de tal manera que una instancia de Caso de Uso A incluirá también el comportamiento especificado en B.
- ✓ Actividad: Requisitos adicionales  
No se pueden asociar a ningún Caso de Uso concreto, pero pueden formar parte de varios. Ejemplo: el rendimiento, eficiencia, interfaces, restricciones arquitectónicas, de diseño e implementación. Su captura es similar a los funcionales con una lista.
- ✓ Actividad: Lista de riesgos  
Los riesgos influyen en la planificación de la simulación, por lo tanto es importante iniciar con la realización de un listado, que inicialmente puede ser complicado de crear. Estos riesgos se relacionan con funcionalidades del modelo que no estén claras o que Comnet III no alcance a abarcar. Conforme se va conociendo el sistema se podrán apreciar otros riesgos críticos. Los riesgos deben conocerse lo mejor posible y poder trabajar con ellos. En la lista de riesgos estos se deben describir brevemente y detallarlos conforme se avance, darles prioridad aunque inicialmente sea alta, mirar su impacto y en qué área, monitorearlos, elaborar contingencia sino se puede solucionar. La lista de riesgos puede ser grande, se deben ordenar, según su seriedad. Los primeros riesgos a solucionar se enfocan en la viabilidad, por ello la lista no es estática, se van eliminando poco a poco.

Las fases e iteraciones proporcionan la solución continua de los riesgos y según la fase son los riesgos. Ejemplo: en la fase de inicio se mitigan los riesgos concernientes a la viabilidad del sistema. Es importante darles la importancia que merecen y esforzarse por solucionarlos, de lo contrario tarde aparecerán y su solución será mas complicada. No obstante existen riesgos que no se detectan, otros difíciles de detectar, pasan desapercibidos o no se buscan lo suficiente, lo que más adelante repercute en demoras. El objetivo es hacer que cada iteración durante la construcción proceda libre de eventos y de acuerdo con el plan.

#### 4.1.2 Productos del flujo de trabajo de los requisitos.

- ✓ Modelo de Casos de Uso

El modelo de Casos de Uso permite que los desarrolladores y clientes se pongan de acuerdo sobre los requisitos del sistema, es el inicio para el análisis, diseño, pruebas y experimentación. Contiene Casos de Uso, actores **y sus relaciones**.

- ✓ Actores

Describe los actores. Un actor representa a los usuarios que interactúan con el sistema. También pueden representar un sistema externo, una solicitud, una clase. En general representa a terceros que inician un procedimiento. Un actor juega un papel por cada Caso de Uso con el que colabora.

- ✓ Caso de Uso

Es la forma como los actores interactúan con el sistema. Un Caso de Uso es una pequeña parte de la funcionalidad total del sistema. Un Caso de Uso define una secuencia de acciones que el sistema puede llevar a cabo interactuando con sus actores. Cuando se lleva a cabo una instancia de un Caso de Uso se interactúa con instancia de actores, se ejecuta la secuencia de acciones según el Caso de Uso, se decide caminos a seguir, se pasa por distintos estados o ciclos (según diagramas de actividad y estados) se reciben o envían señales a otros actores, se decide sobre alternativas.

Los atributos que poseen los Casos de Uso son valores usados por una instancia y no usados por otra instancia. Las instancias en los Casos de Uso no interactúan entre sí, sino con instancias de actores. Ellas son partes pequeñas de un Caso de Uso. Las instancias o se ejecutan completas o no se ejecutan. Nada las interfiere.

- Flujos de sucesos. Especifica lo que el sistema hace cuando se lleva a cabo el Caso de Uso determinado. Incluye un conjunto de acciones secuenciales que pueden ser modificadas, revisadas, diseñadas, implementadas y probadas.
  - Requisitos especiales. Descripción textual que agrupa todos los requisitos no funcionales sobre el caso de uso.
- ✓ Descripción de la arquitectura (modelo de Casos de Uso)
- La descripción de la arquitectura contiene una vista de la arquitectura del modelo de Casos de Uso; esta vista debería incluir los Casos de Uso significativos para la arquitectura que describan una funcionalidad importante y crítica. Esta vista es la entrada para priorizar los Casos de Uso.

## 4.2 FLUJO DE TRABAJO ANALISIS

El análisis se hace precisamente de los requisitos ya encontrados y permite una mejor comprensión y descripción de ellos, para estructurar el sistema entero. La descripción de los requisitos y casos de uso debe hacerse en un lenguaje muy entendible y mantenerse tan independiente unos de otros como sea posible y estructurarse cada caso de uso para que forme una especificación de funcionamiento completa. Por tanto es probable que aun queden aspectos sin resolver, relativos a los requisitos del sistema. Por lo tanto el análisis trata los requisitos con mayor profundidad. Aquí se puede razonar más sobre los aspectos internos del sistema, interferencia de Casos de Uso, estructuración de requisitos, para dar forma al sistema en su totalidad. La figura 28 muestra que el mayor trabajo de análisis se encuentra desarrollado durante la fase de elaboración.

- ✓ Un modelo de análisis ofrece una especificación más precisa de los requisitos que la que se tiene como resultado de la captura de requisitos, incluyendo al modelo de casos de uso.

- ✓ Un modelo de análisis estructura los requisitos de un modo que facilita su comprensión, su preparación, su modificación, y en general, su mantenimiento.
- ✓ Un modelo de análisis puede considerarse como una primera aproximación al modelo de diseño (aunque es un modelo por sí mismo), y es por tanto una entrada fundamental cuando se da forma al sistema en el diseño y en la implementación. Esto se debe a que debería ser mantenible el sistema en su conjunto, y no sólo la descripción de sus requisitos.
- ✓ El completo análisis permite ver detalladamente el sistema y el resultado utilizarlo para planificar el trabajo de diseño e implementación en incrementos precisos. Sin los resultados de análisis, la identificación y planificación de estos incrementos puede ser más difícil de hacer.
- ✓ El modelo de análisis puede proporcionar una vista conceptual, precisa y unificadora de implementaciones alternativas, que pueden surgir de diferentes manera de llevar a cabo una tarea.
- ✓ El análisis refina los requisitos, permite razonar sobre aspectos internos del sistema e incluso determinar objetos de los recursos internos. Posee diagramas de interacción para mirar los aspectos dinámicos del sistema.

Breve comparación del modelo de casos de uso con el modelo de análisis.

<b>Modelo de casos de uso</b>	<b>Modelo de análisis</b>
Puede contener redundancias, inconsistencias, etc, entre requisitos.	No debería contener redundancias, inconsistencias, etc., entre requisitos.
Captura la funcionalidad del sistema, incluida la funcionalidad significativa para la arquitectura.	Esboza cómo llevar a cabo la funcionalidad dentro del sistema, incluida la funcionalidad significativa para la arquitectura; sirve como una primera aproximación al diseño.
Define casos de uso que se analizarán con más profundidad en el modelo de análisis.	Define realizaciones de casos de uso y cada una de ellas representa el análisis de un caso de uso del modelo de casos de uso.

Sin embargo esta estructura aun es flexible ante cambios y reutilización. El modelo de análisis hace abstracciones y evita resolver algunos problemas que se dejan al diseño e implementación y el cambio que puede sufrir la estructura al pasar al diseño, se debe mas bien a que en el diseño se realizan consideraciones diferentes.

**4.2.1 Actividades.** En el análisis se comienza con la creación del modelo de análisis, pasa a la identificación de clases y requisitos en los casos de uso, para finalizar se integra y asigna responsabilidades, atributos y relaciones a las clases.

- ✓ Análisis de la arquitectura. El propósito de la arquitectura es esbozar el modelo de análisis y la arquitectura mediante la identificación de paquetes del análisis, clases del análisis evidentes y requisitos especiales comunes. La dependencia entre paquetes debería ser débil pero el acoplamiento interno entre clases del paquete debería ser fuerte. Así una modificación afectaría solo a ese paquete. Por eso es importante reducir el número de relaciones entre clases de paquetes diferentes para reducir las dependencias. Es posible estratificar el modelo de análisis diferenciando capas de nivel superior e inferior a paquetes específicos o generales, respectivamente.

#### **Identificación de requisitos especiales comunes**

Requisitos especiales son requisitos que aparecen durante el análisis y que es importante anotar para ser tratado adecuadamente en el diseño e implementación. Ejemplo: Tolerancia a fallos, características de seguridad, gestión de transacciones.

- ✓ Analizar un Caso de Uso. Se comienza identificando las clases de control, entidad, interfaz necesarias para realizar los Casos de Uso y se esboza sus nombres, responsabilidades, atributos y relaciones. Se puede identificar mejor las clases de análisis según la descripción hasta el momento de los Casos de Uso; identificar las clases de entidad, Identificar una clase de control responsable del tratamiento del control y de la coordinación de la realización del Caso de Uso e identificar las relaciones existentes entre clases o paquetes de análisis, para determinar las clases de interfaz. Cuando no se tiene hasta el momento los casos de uso muy detallados entonces esta identificación se hace más complicada. Sin embargo debe tenerse en cuenta las clases de análisis que ya están en el modelo de análisis y observar las relaciones con los Casos de Uso y su reutilización.



También en esta actividad se recoge todos los requisitos sobre una realización de Caso de Uso identificadas en el análisis, incluyendo los no funcionales, aunque no se traten aquí.

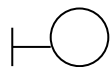
- ✓ Analizar una Clase
  - Identificar responsabilidades.
  - Observando los diagramas de clase pueden apreciarse donde intervienen las clases (en que Casos de Uso) y combinando los roles que cumple en diferentes realizaciones de Caso de Uso.
  - Identificación de atributos.
  - Identificación de asociaciones y agregaciones
  - Identificación de Generalizaciones. Las generalizaciones extraen comportamiento compartido y común entre varias clases de análisis diferentes.
  - Captura de requisitos especiales.
  
- ✓ Analizar un paquete
  - Garantizar que el paquete del análisis es tan independiente de otros como sea posible
  - Garantizar que el paquete del análisis cumple su objetivo de realizar casos de uso.
  - Definir y mantener las dependencias del paquete con otros paquetes cuyas clases contenidas estén asociadas con él.
  - Limitar las dependencias con otros paquetes. Considerar la ubicación de aquellas clases contenidas en paquetes demasiado dependientes de otros paquetes

#### **4.2.2 Productos**

- ✓ Modelo de análisis. Dentro del modelo de análisis, los Casos de Uso se describen mediante clases de análisis y sus objetos. El modelo de análisis se representa mediante un sistema de análisis que denota el paquete de mas alto nivel del modelo.
- ✓ Clase del análisis. Una clase de análisis representa una abstracción de una o varias clases; es centrada en el tratamiento de los requisitos funcionales. Una Clase de análisis define atributos de igual manera atributos a un nivel mas alto. Estos atributos son

conceptuales. Las clases siempre encajan en uno de tres estereotipos básicos: de interfaz, de control o de entidad.

#### CLASES DE INTERFAZ



Modelan la interacción entre el sistema y sus actores. Esta interacción implica recibir información y petición de (y hacia) los subsistemas y actores definidos para interactuar. Sin embargo su descripción se hace a un nivel alto y conceptual. No es necesario que se describa cómo se ejecuta físicamente la interacción, esto queda para diseño e implementación.

#### CLASES DE ENTIDAD



Las clases de entidad se utilizan para modelar información que posee una vida larga y que es a menudo persistente. Modelan la información y el comportamiento asociado de algún fenómeno o concepto como una persona, un objeto, un equipo, un enlace de comunicaciones. Suelen mostrar una estructura de datos lógica y contribuyen a comprender de qué información depende el sistema.

#### CLASES DE CONTROL



Representan coordinación, secuencia, transacciones y control de objetos. Se usan con frecuencia para encapsular el control de un caso de uso en concreto, encapsular los cambios de control, la coordinación, la secuencia, las transacciones. Las clases de control modelan aspectos dinámicos del sistema.

#### ✓ Realización de caso de uso- análisis

Es una colaboración dentro del modelo de análisis que describe como se lleva a cabo y se ejecuta un caso de uso determinado en términos de las clases, del análisis y de sus objetos del análisis en interacción.

Posee una descripción textual del flujo de sucesos, diagramas de clases (participantes), diagramas de interacción, centrado en los requisitos funcionales.

#### **Diagramas de clases**

La representación del diagrama de Clases contribuye a clarificar las responsabilidades, atributos y asociaciones que las clases de análisis tienen entre varias realizaciones de

casos de uso. El diagrama de clases coordina los requisitos sobre una clase y sus objetos.

### **Requisitos especiales**

Son descripciones textuales que recogen todos los requisitos no funcionales sobre una realización de Caso de Uso. Aunque algunos ya se habían establecido, en esta instancia solo se modifican o transforman, o puede aparecer algunos nuevos.

#### ✓ Paquete del Análisis.

Proporcionan un medio para organizar el modelo de análisis en piezas manejables. Deberían ser cohesivos; se convertirán probablemente en subsistemas en el diseño e implementación. Para encontrar los paquetes de análisis, se puede agrupar Casos de Uso con funcionalidades parecidas o que dan soporte a un mismo actor o pueden aparecer estos paquetes a medida que evoluciona el modelo. Existen paquetes de análisis que pueden tener aspectos comunes como una clase operante en ellos (clase de análisis). Esta a su vez se puede extraer de ellos y establecer trazas de relación entre los paquetes y esta clase.

#### ✓ Paquete de servicio.

- Contiene un conjunto de clases relacionadas funcionalmente
- Un paquete de servicio es indivisible. Cada actor usa todas las clases o ninguna.
- Un paquete de servicio generalmente depende de otro. Al realizar un Caso de Uso se pueden usar uno o varios paquetes de servicio y estos pueden ser utilizados por varios Casos de Uso.
- Los paquetes de servicio constituyen una entrada fundamental para las actividades de diseño e implementación subsiguientes.

Los paquetes de servicio aparecen cuando el modelo está avanzado y los requisitos funcionales se entienden mejor. Para identificar paquetes de servicio se debe hacer uno por cada servicio opcional.

#### ✓ Descripción de la arquitectura (vista del modelo de análisis)

La descripción de la arquitectura contiene una vista de la arquitectura del modelo de análisis, que muestra sus artefactos significativos para la arquitectura.

Se consideran significativos para la arquitectura:

- La descomposición del modelo de análisis en paquetes de análisis y sus dependencias
- Las clases fundamentales del análisis (Clases fundamentales entre las clases de entidad, de control, de interfaz).
- Relaciones de Caso de Uso que describen cierta funcionalidad importante y crítica.

### 4.3 FLUJO DE TRABAJO DISEÑO

Se tiene para el diseño como punto de partida el modelo de análisis, quien proporciona una comprensión detallada de los casos de uso. El flujo de trabajo diseño es muy utilizado en las iteraciones que se presentan al final de la fase de elaboración y comienzos de la construcción (ver figura 28). El diseño es muy cercano a la implementación y la visualiza; su propósito principal es crear una entrada apropiada y un punto de partida para actividades de implementación que siguen.

<b>Modelo de análisis</b>	<b>Modelo de diseño</b>
Modelo conceptual, porque es una abstracción del sistema y permite aspectos de la implementación.	Modelo físico, porque es un plano de la implementación.
Genérico respecto al diseño(aplicable a varios diseños).	No genérico, específico para una implementación.
Menos formal.	Más formal
Dinámico (no muy centrado en la secuencia)	Dinámico (muy centrado en las secuencias)
Bosquejo del diseño del sistema, incluyendo su arquitectura.	Manifiesto del diseño del sistema, incluyendo su arquitectura (una de sus vistas).
Creado principalmente como “trabajo de a pie” en talleres o similares.	Creado principalmente como “programación visual” en ingeniería de ida y vuelta; el modelo de diseño es realizado según la ingeniería de ida y vuelta con el modelo de implementación
Define una estructura que es una entrada esencial para modelar el sistema – incluyendo la creación del modelo de diseño.	Da forma al sistema mientras que intenta preservar la estructura definida por el modelo de análisis lo más posible.

**4.3.1 Actividades.** Inicialmente se crean los modelos de diseño, esbozan nodos, subsistemas, interfaces, clases fundamentales. Luego se realizan los Casos de Uso en términos de clases y/o subsistemas y sus interfaces, para finalmente definir y especificar las clases necesarias para lo anterior. A lo largo del diseño se puede ir determinando los candidatos a subsistemas y su implementación (clases, interfaces, relaciones).

- ✓ La arquitectura en el Diseño. Identificando Nodos y configuraciones de red, subsistemas e interfaces, clases significativas para el diseño y otros requisitos especiales, es que se puede esbozar los modelos de diseño y su arquitectura. A partir de esa identificación se hace un refinamiento de subsistemas. También se debe identificar clases del diseño relevantes para la arquitectura partiendo de las clases de análisis significativas.
- ✓ Casos de Uso en el diseño.
  - Identificar las clases del diseño y/o los subsistemas cuyas instancias son necesarias para llevar a cabo el flujo de sucesos del Caso de Uso.
  - Distribuir el comportamiento del Caso de Uso entre los objetos del diseño que interactúan y/o entre los subsistemas participantes.
  - Definir los requisitos sobre las operaciones de las clases del diseño y/o sobre los subsistemas y sus interfaces.
  - Capturar los requisitos de implementación del Caso de Uso.

Las clases de diseño participantes se recogen en un diagrama de clases asociado, mostrando las relaciones entre ellas. Su identificación puede partir de las clases de análisis que participaron en la realización Caso de Uso análisis o de requisitos especiales que tenga el Caso de Uso.

Teniendo una descripción de clases de diseño es importante describir la manera como interactúan sus objetos a partir de diagramas de secuencia que muestran las distintas interacciones entre actores, clases y transmisores que actúan en el Caso de Uso. Si existen varios flujos o subflujos a veces se hacen necesarios varios diagramas que pueden ser reutilizables. Inicialmente en el diagrama de secuencia hay un primer mensaje que se sigue paso a paso creándose el flujo y mirando los que intervienen (clase u objeto).

Es posible también la realización de Caso de Uso diseño a partir de subsistemas con sus interfaces y no solamente como la interacción de clases de diseño. Al identificar los subsistemas en la realización de Caso de Uso se debe a partir de diagramas describir como interactúan los subsistemas, transmisores de mensajes y actores, de tal forma ya no aparecen en los diagramas de secuencia objetos, sino subsistemas denotados por las líneas de vida pero se debe diferenciar las interfaces de un subsistema y aún mas si tiene varias y se le envía un mensaje a este subsistema

- ✓ Diseño de clases. El propósito de diseñar una clase es crear una clase del diseño que cumpla con su papel en las realizaciones de los Casos de Uso.

*Identificar sus operaciones.* Las operaciones de la clase de diseño necesitan soportar todos los roles que las clases desempeñan en las diferentes realizaciones de Caso de Uso. Estas operaciones que son responsabilidades, pueden verse en los diagramas de clases y de secuencia.

*Identificar atributos.* Un atributo especifica una propiedad de una clase de diseño y es requerido por las operaciones de la clase.

*Identificar asociaciones y agregaciones.* Existen en respuesta a las demandas de varias realizaciones de Caso de Uso y se pueden deducir de la interacción de los objetos de diseño observada en los diagramas de secuencia. El propósito es abarcar referencias con otros objetos y agrupar objetos para enviarles mensajes.

*Describir los métodos.* Los métodos pueden ser utilizados durante el diseño para especificar como se deben realizar las operaciones.

- ✓ Diseño de un subsistema. Objetivos de un subsistema.
  - Garantizar que el subsistema es tan independiente como sea posible de otros subsistemas y/o de sus interfaces.
  - Garantizar que el subsistema proporciona las interfaces correctas
  - Garantizar que cumple su propósito de ofrecer una realización correcta de las operaciones según lo muestran las interfaces.

Se debe intentar minimizar las dependencias entre subsistemas y/o interfaces, tratando de reubicar las clases contenidas en un subsistema que sean demasiado dependientes de otro. La dependencia no debe mantenerse con respecto a un subsistema sino a una interfaz, así cuando haya un cambio de subsistema, no se afecta sus responsabilidades.

Al igual que las interfaces se pueden refinar los subsistemas cuando evoluciona el modelo de diseño, sin necesidad de cambiar el esbozo inicial.

#### 4.3.2 Productos

##### ✓ Modelo de diseño

El modelo de diseño describe la realización física que tienen los Casos de Uso. Se centra en el impacto que requisitos funcionales y no funcionales tienen en el sistema. Es compuesto por interacción de subsistemas. Los Casos de Uso - diseño son llevados a cabo por clases de diseño, diferentes de clases de análisis, junto con sus objetos.

##### ✓ Clase del diseño

- El lenguaje utilizado para especificar una clase del diseño es lo mismo que el lenguaje de programación.
- A menudo las clases del diseño implican clases en la implementación, así como los métodos de una clase de diseño.
- El lenguaje natural de descripción en el diseño o pseudocódigo tiene tanta correspondencia con la implementación, que se puede usar como los comentarios.
- Una clase puede posponer el manejo de algunos requisitos y hacerlo en la implementación, sin embargo es recomendable que el desarrollador que trabaje cierta parte en el diseño también haga dicha parte en la implementación.
- Una clase de diseño puede realizar interfaces si tiene sentido hacerlo en el lenguaje de programación.

##### ✓ Realización de Caso de Uso – diseño. Una realización de Caso de Uso – diseño es una colaboración en el modelo de diseño que describe cómo se realiza un Caso de Uso y como se ejecuta en términos de clases de diseño y sus objetos. Describe el flujo de eventos textual, diagramas de clases que muestran sus clases de diseño participante, diagramas de interacción que muestran flujo, e interfaces implicadas necesarias para la realización del Caso de Uso. La realización Caso de Uso diseño según el planteamiento de análisis puede equivaler a una traza entre ellos, en caso contrario el análisis es solo un buen soporte.

##### ✓ Diagrama de clase. Este diagrama muestra la conexión a una realización de Caso de Uso donde se observan las clases participantes, subsistemas y sus relaciones.

Constituye una pista de la realización del Caso de Uso. Las clases pueden junto con sus objetos y/o subsistemas ser participantes de otros Casos de Uso.

- ✓ Diagramas de interacción. Aquí se muestra la secuencia de acciones que se llevan a cabo desde que un actor invoca un Caso de Uso. Aquí no es necesario tener ya definido los subsistemas para relacionarlos, pues aun se esta a un alto nivel. Se debe saber que cuando un actor invoca una realización de Caso de Uso el mensaje internamente va a una clase u objeto. Así como cuando un subsistema da una respuesta, lo da una clase u objeto del subsistema. Adicional a los diagramas de interacción se hace una descripción textual que explica y complementa a los diagramas y a sus etiquetas. Describe como interactúan los objetos o subsistemas, sin dar especificaciones de atributos, operaciones y asociaciones, porque estos son variables y la descripción pierde claridad. Estas descripciones también sirven para enlazar realizaciones de Caso de Uso que poseen múltiples diagramas. También pueden obtenerse del flujo de diseño requisitos especiales para la implementación, que son requisitos no funcionales o requisitos que se recogen e identifican solo en la fase de diseño y necesarios tener en cuenta en la implementación.
- ✓ Subsistema de diseño. Los subsistemas son una forma de organizar los productos del modelo de diseño en piezas más manejables. Internamente pueden poseer clases de diseño, realizaciones de Caso de Uso, interfaces, otros subsistemas. Pueden representar o encargarse de aspectos o partes funcionales del diseño o pueden ser representaciones de productos software reutilizados o sistemas heredados o pueden ser sistemas completos pero encapsulados.

La identificación de subsistemas de servicio se basa en los componentes con traza 1:1 del servicio en el modelo análisis. Se usan en un nivel inferior de la jerarquía de subsistemas debido a los cambios que surgen en ellos.

Es posible realizar un paralelo entre los paquetes de análisis del modelo de análisis tendiente a identificar los subsistemas a partir de ellos o también a partir de los paquetes de servicio que formen subsistemas de servicio, sin que afecten la estructura del sistema. Sin embargo hay que tener en cuenta que una parte del paquete puede pertenecer a otro subsistema, por tanto no podría constituirse por si solo como uno.



También se puede partiendo de los requisitos especiales, creando sus clases e identificar según agrupamiento un subsistema que solucione estos requisitos.

- ✓ Descripción de la arquitectura (Vista del modelo de diseño). La descripción de la arquitectura contiene una vista de la arquitectura del modelo de diseño. En ella se muestra la estructura fundamental del sistema compuesta por subsistemas, interfaces y dependencia entre ellos, tomado del modelo de diseño y las clases de diseño fundamentales y realizaciones de Casos de Uso diseño con funciones importantes.

#### **4.4 FLUJO DE TRABAJO IMPLEMENTACIÓN**

El propósito principal de la implementación de este flujo es la simulación basados en la arquitectura ya casi totalmente capturada en el diseño y desarrollar el sistema como un todo. Para la implementación ya no se habla de subsistemas sino de componentes. En la implementación se sigue el enfoque iterativo incremental , llevándose a cabo el sistema en pasos pequeños, se implementan clases y subsistemas, se prueban componentes individualmente, se integran, se observan simulados.

La implementación cumple un papel fundamental en las iteraciones localizadas en la fase de construcción(ver figura 28); aporta a la fase de elaboración con el establecimiento de la arquitectura y en la fase de transición corrigiendo errores tardíos no detectados.

**4.4.1 Actividades.** El objetivo de la implementación es implementar el sistema. Se esbozan los componentes claves y los requisitos para los diferentes subsistemas y componentes. Estos resultados se prueban, integran y se hacen nuevas construcciones o reformas y así sucesivamente hasta ir obteniendo un todo.

- ✓ Preparación de una construcción. Una construcción se debe poder realizar independientemente que sea una continuación de otra o no. Debe una construcción agregar funcionalidad a través de los Casos de Uso que se implementan, preferiblemente completos para una mejor integración. Así también una integración debe producir expandirse hacia arriba y/o los lados, principalmente en capas inferiores

buscando la facilidad de que al colocar las capas superiores sea más fácil integrarles. Una construcción no debe ser muy robusta para evitar problemas de integración.

- ✓ Implementación de la arquitectura. Generalmente hay una traza entre lo arquitectónicamente sobresaliente del diseño e implementación, por ello la mayor dificultad es crear componentes que implementen los subsistemas de diseño en los subsistemas de implementación. Para identificar los componentes, se considera las clases activas encontradas durante el diseño y se asigna un componente por cada clase activa.
- ✓ Implementar un subsistema. Al implementar un subsistema se pretende el cumplimiento de este en la construcción según sus requisitos y responder correctamente a las necesidades según tenga relaciones establecidas con otros subsistemas o Casos de Uso. Los contenidos de los subsistemas suelen variar desde el esbozo, al pasar generalmente del diseño a la implementación. Las interfaces en la implementación tienen casi siempre una traza desde el diseño, que la proporciona un componente en la implementación.
- ✓ Implementar una clase. Se trata de implementar la clase de diseño del modelo de diseño. Para el propósito con base en las características de la herramienta de simulación Comnet III no se realiza la implementación de clases generando código fuente, sino representando estas clases de manera modular, a las cuales se les agrega los datos de operaciones, atributos y relaciones que posean.

#### **4.4.2 Productos**

- ✓ Modelo de implementación. Describe como los elementos del modelo de diseño se implementan en términos de componentes. Describe aspectos de modularización, jerarquiza subsistemas.
- ✓ Componente. Un componente es el empaquetamiento de los elementos de un modelo. Ejemplo: una o varias clases empaquetadas e implementadas en un solo componente.
- ✓ Subsistema de implementación  
 Cumple una función similar a los subsistemas en el diseño; sin embargo pueden agrupar varios productos del diseño en la implementación, para hacerlo más manejable.  
 Los subsistemas de implementación están muy relacionados con los de diseño, existiendo traza entre ellos, incluso subsistemas de servicio. Conservando además las

características de la mayor posible independencia entre subsistemas utilizando interfaces, pero también es posible que varios subsistemas de diseño pueden constituirse en uno solo en la implementación.

- ✓ Descripción de arquitectura. La componen los siguientes productos significativos arquitectónicamente: La descomposición del modelo de implementación en subsistemas, sus interfaces y las dependencias entre ellos, y Componentes claves como los que siguen la traza de clases del diseño.

#### **4.5 FLUJO DE TRABAJO PRUEBA.**

En la etapa de prueba se verifica la implementación probando las construcciones o las versiones finales. El objetivo de este flujo es planificar las pruebas necesarias en cada iteración o las pruebas del sistema al final. Luego se llevan a cabo y se sistematizan los resultados. Se prueba nuevamente después de haber encontrado fallas y haberlas corregido. Las pruebas se realizan sobre todo cuando una construcción es sometida a pruebas de integración y de sistema. Las pruebas se centran en las fases de construcción y transición (ver figura 28). Hacia la fase de transición el enfoque es la corrección de errores y pruebas de regresión. No es posible generalmente mantener un plan de pruebas definido, debido a la evolución del sistema enfocada hacia eliminación de Caso de Uso, renovación o nuevos creados.

**4.5.1 Actividades.** Se inicia planificando el esfuerzo de prueba por iteración y se describe la prueba y cómo llevarla a cabo (manualmente, automáticamente, etc), así durante cada iteración y para cada construcción en la implementación. Los defectos detectados son entradas para el diseño e implementación de la fase de transición, donde se va a corregir.

- ✓ Planificar prueba. Su propósito es planificar los esfuerzos de prueba en una iteración con una estrategia de prueba, estimando los requisitos (recursos) y planificando el esfuerzo. Cuando se planifica se debe observar el rango de valores de las entradas para decidir el tipo adecuado de pruebas y su esfuerzo. Se determina como, cuando y si fue satisfactoria una prueba. Aunque a veces es muy difícil probar todas las entradas, sí se podrá verificar los demás riesgos.

- ✓ Actividad: Diseñar una Prueba. Es tendiente a verificar que una nueva construcción agregada se integre. Puede deducirse de la realización Casos de Uso diseño, que especifica las relaciones e interacciones con otros objetos. Las pruebas usadas generalmente no deben solaparse para que una integración pueda ser probada con mayor alcance en todos sus aspectos.

Las pruebas de sistema se usan para probar que el sistema funciona correctamente como un todo. Cada prueba de sistema incluye combinaciones de Caso de Uso a quienes se les pueden variar las condiciones o atributos.

- ✓ Realizar pruebas de integración. Se realizan las pruebas de integración ya diseñadas en las iteraciones. Luego se compara los resultados esperados y se investiga los no esperados. Además se informa sobre defectos detectados en la integración o defectos de la prueba en sí.
- ✓ Realizar prueba de sistema. Se hace según sea necesario y conveniente en cada iteración. Se realizan luego de una satisfactoria integración.
- ✓ Evaluar una prueba. Evaluar los esfuerzos de la prueba en una iteración. Se comparan los resultados, con los objetivos trazados. Para las pruebas se evalúan qué tan completa ha sido una prueba y su fiabilidad. Según estos resultados se decide: Hacer nueva prueba, una adicional, una menos rigurosa o probar partes independientemente.

#### **4.5.2 Productos.**

- ✓ Procedimiento de prueba  
Especifica como realizar una o varias pruebas o parte de ellas (manual, utilizando una herramienta, generando un ejecutable). Estos procedimientos pueden usarse en varios Casos de Uso similares, solo cambiando las entradas y se parecen a describir flujo de eventos.
- ✓ Plan de pruebas: describe las estrategias, recursos y planificación de la prueba.  
Estrategia: tipo de prueba por iteración y objetivos, porcentaje de pruebas, cobertura.
- ✓ Defecto: Anomalía en el sistema, síntoma de fallo. Utilizado para mirar la respuesta y diseñar el control hacia un evento de esa clase.
- ✓ Evaluación de prueba: evaluación de los resultados de los esfuerzos de prueba: cobertura de las pruebas y el estado de los defectos.

## 4.6 FLUJO DE EXPERIMENTACIÓN

Es el más importante hacia las fases de construcción y transición porque permite verificar el cumplimiento de los objetivos fijados durante la fase de inicio y llena las expectativas del cliente con el desarrollo de la simulación.

- ✓ Diseñar un experimento. Con base en los objetivos planteados en la fase de inicio se determinan todas las posibles variables para el modelo de simulación. Ejemplo si se desea observar la respuesta de un enlace ante determinada capacidad de tráfico, entonces se varían las probabilidades de tráfico de las fuentes para incrementar el tráfico a través de este enlace y ver su forma de trabajo. Cualquier experimento que se diseñe va orientado a cumplir objetivos dados; sin embargo esto no es un limitante para realizar cuantos experimentos sean posibles, con el fin de sacar conclusiones del sistema real.
  
- ✓ Realizar un experimento. Al momento de tener ya diseñado el experimento se ejecuta en la herramienta, incluso variando las condiciones de la herramienta (ver anexo 2), para obtener múltiples respuestas con el mismo diseño de experimento.
  
- ✓ Conclusiones de un experimento. Gracias a los resultados que se obtienen a través de los reportes el cliente puede sacar conclusiones acerca del sistema real y tomar decisiones en beneficio del mismo según considere. Incluso con base en las respuestas obtenidas diseñar nuevos experimentos.

## ANEXO No 5. ARQUITECTURA MODULAR Y CODIFICACIÓN

El objetivo de este anexo es mostrar de manera específica el proceso de desarrollo de la simulación de cada una de las iteraciones de las iteraciones durante la fase de construcción. Se describe principalmente el flujo de implementación el cual está basado en la descripción del nodo de red de Telecom en Popayán, dada en el capítulo III. A continuación se muestra la implementación de cada una de las iteraciones.

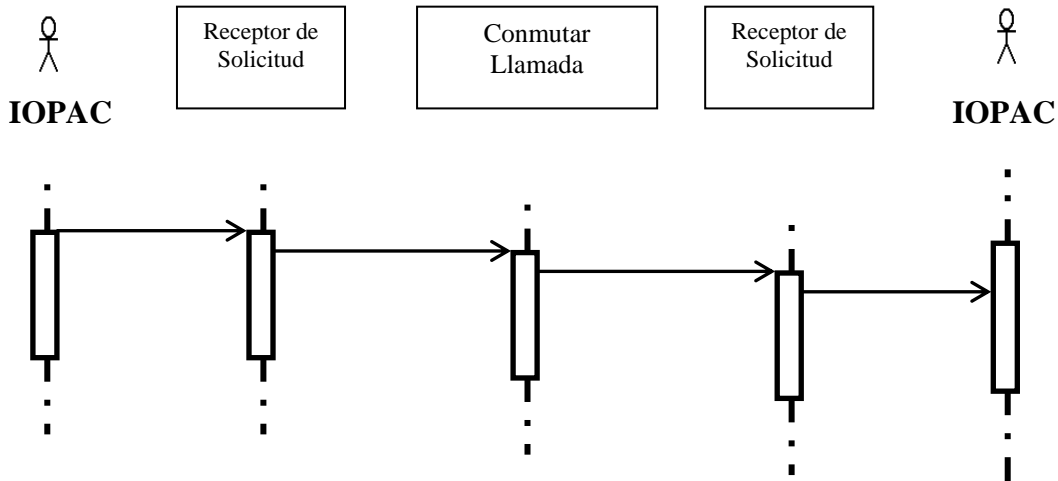
### 5.1. ITERACIÓN 1: PROCESAMIENTO DE LLAMADA INTERNA

**5.1.1 Flujo de trabajo de los requisitos y análisis.** Para estos flujos de trabajo se debería recopilar los restantes requisitos y así finalizar la captura de estos; pero según el desarrollo del proyecto no se tiene adiciones en este flujo de trabajo.

**5.1.2 Flujo de trabajo de Diseño.** Con base en la planeación de la iteración 1 dada en la fase de elaboración se tiene para esta instancia el Diseño del Caso de uso procesamiento y conmutación DMS, interactuando con los actores IOPACS. Para lo cual se diseñará las siguientes actividades que realiza el caso de uso: enrutamiento de llamadas locales que se contempla en esta primera iteración.

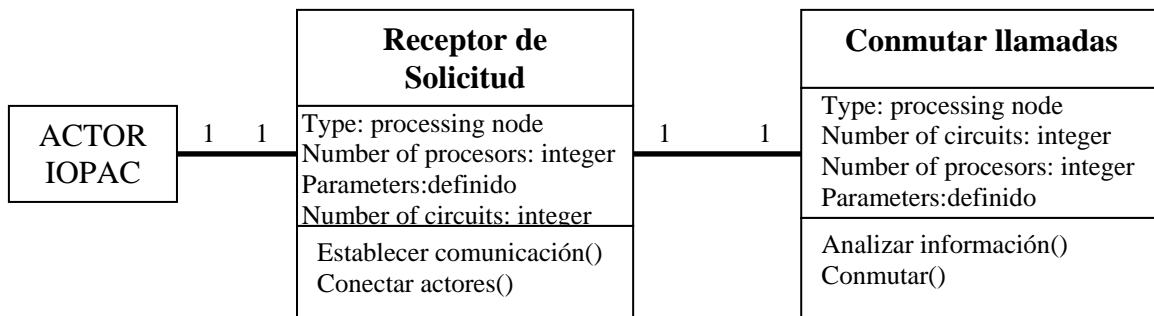
*Diseño del caso de uso.* De la anterior fase se tiene cuatro clases identificadas: clase de Diseño Receptor de Solicitud, Clase de Diseño Procesamiento de Información. Clase de diseño Conmutar llamada y clase de diseño Mediar comunicación. Cuando una llamada interna es generada se envía a la clase Receptor de solicitud, la cual manda la solicitud a la Clase Conmutar llamada y de esta nuevamente a otro objeto de la clase receptor de solicitud, para que vaya al actor IOPAC correspondiente según la solicitud. Ver figura 30.

**Diagrama de Secuencia para una Llamada interna del caso de uso Procesamiento y conmutación DMS (PCD).**



*Figura 30. Diagrama de secuencia para una llamada interna*

*Diseño de las clases*



*Figura 31. Diagrama de Clases para una llamada interna del caso de uso PCD.*

El actor IOPAC por las características de la herramienta de simulación en esencia se constituye en dos clases de diseño. Una clase como nodo de convergencia de llamada de los distintos abonados conectados a ella y otra como una clase de diseño fuente de llamada, que representa a los abonados. Para su posterior diseño se llamarán: Clase de diseño IOPAC y clase de diseño Fuente de llamada. Ver figura 32.

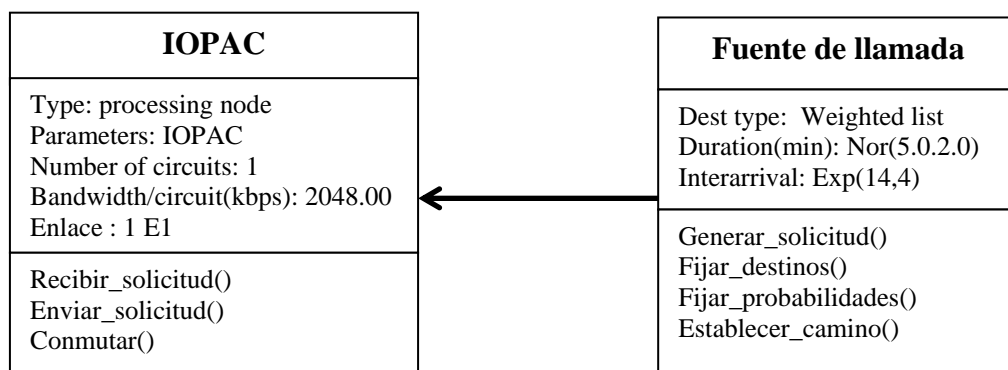


Figura 32. Diagrama de composición de la clase de diseño IOPAC

**5.1.3 Flujo de Implementación.** Este es el flujo principal de la fase de construcción. Los mayores esfuerzos serán concentrados aquí, pero depende fundamentalmente de la información consignada en el capítulo III. La implementación de la arquitectura fue realizada en la fase anterior y la implementación de un subsistema será el resultado de varias iteraciones. Las clases mostradas en el flujo de diseño toman el nombre de componentes al pasar al flujo de implementación. Las actividades siguientes se describen a continuación.

5.1.3.1 Preparación de las construcciones. A continuación se establecen los atributos para la implementación de los componentes que tienen una traza directa con las clases diseñadas, para lo cual se toma como base también el diagrama de secuencias y la información del nodo ya conocida.

- ✓ Componente recibir y enviar una solicitud. Este se representa por un nodo de procesamiento que contiene los siguientes atributos:
  - Type: processing node
  - Number of procesors: 1
  - Parámetro. Se adiciona uno con el Nombre CONMUTADORES
  - Number of circuits: 150 de 10Mbps

Este componente cumple las funciones del ILGC de la central DMS.

- ✓ Componente conmutar llamadas que representa la sección ENET de la central DMS. Se implementa por un nodo de procesamiento con los siguientes atributos:



- Type: processing node
- Number of procesors: 1
- Parameters: CONMUTADORES
- Number of circuits: 150 de 10Mbps
- ✓ Componente IOPAC. Las 26 IOPACS, contienen los mismos atributos de la clase de diseño. Y se representan por un nodo de procesamiento y por un enlace.
- Type: processing node
- Parameters: Se adiciona uno nuevo con el nombre IOPAC
- Number of circuits: 1
- Bandwidth/circuit(kbps): 2048.00
- Enlace : Se adiciona uno nuevo con el nombre 1 E1 y capacidad 1 circuito de 2048 Mbps.
- ✓ Componente fuentes de mensaje. Son 26 con las características siguientes:
  - Dest type: Weighted list Los destinos que se adicionan son las 26 IOPACS hasta ahora implementadas con los datos de probabilidad de la tabla 1.
  - Duration(min): Nor(5.0.2.0)
  - Interarrival: Exp(14,4) para todas las fuentes de mensaje de las IOPACS.

Una vez definidas las características se implementa cada componente en la herramienta y se interconectan entre sí. Para observar con detalle la implementación ver el anexo No 5.

5.1.3.2 Implementación de componentes. Con base en los datos de la preparación de componentes se ubicarán y conectarán los íconos en el área de trabajo de la herramienta Comnet III. Para una mejor distribución y entendimiento de ésta área de trabajo se agrupa las 26 IUPACS con sus enlaces, mas las 26 fuentes de mensaje y el ILGC respectivo en una subred y luego esta subred se conecta al conmutador a través de una nueva representación del ILGC (ILGC2) como aparece la figura 33. El área sombreada en la figura indica que esta es una parte de la central DMS.

Como no se encuentran disponibles todos los posibles destinos que tiene una llamada, por cuanto estamos en la primera iteración, la sumatoria de las probabilidades en el parámetro

Weighted list de las fuentes de mensaje no será de 1. Por tanto en el momento de verificar el modelo generará errores. Por lo tanto para poder trabajar se crea un nodo ficticio que represente esos destinos restantes, el cual se conecta a través de un enlace a la clase de conmutar llamadas, como se observa en la figura 34.

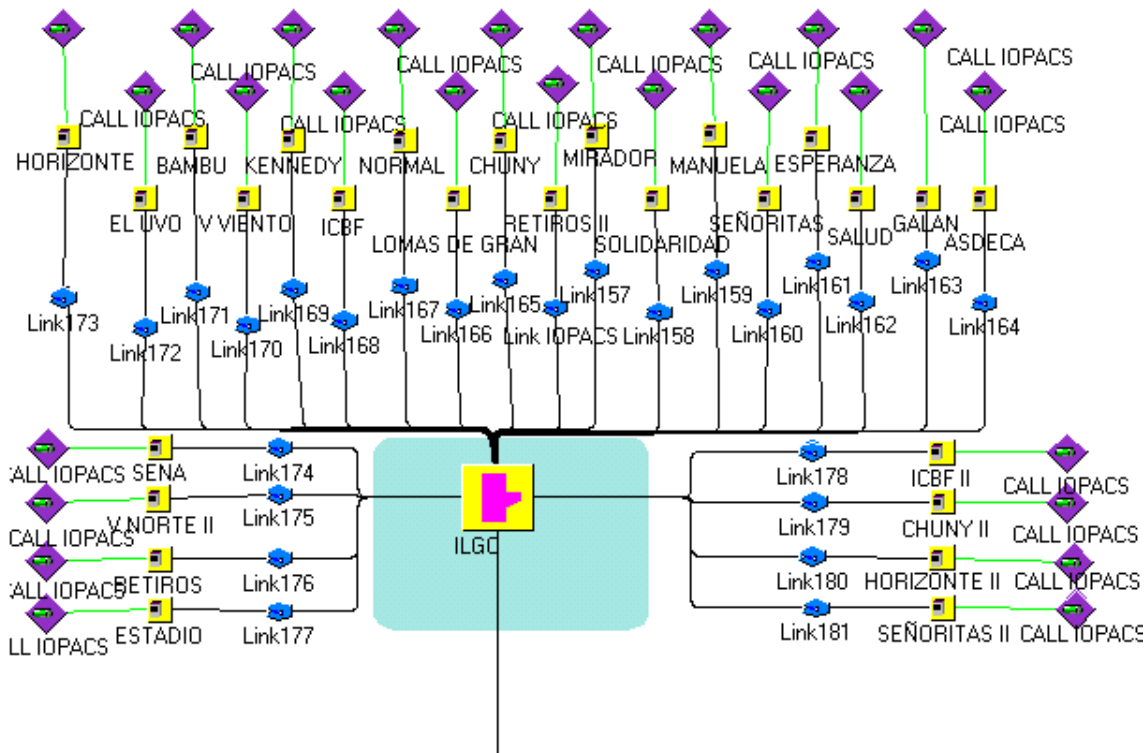


Figura 33. Distribución de las IOPACS en el nivel de subred

Por las características de Comnet III solo se pueden tener en el área de trabajo módulos que representen algún tipo de funcionalidad. Por tanto para poder realizar la simulación es necesario desmontar las partes de la arquitectura que aún no se vayan a utilizar. Por ello en la figura 34 no se muestran todas las partes que se habían mostrado como constituyentes de la arquitectura.

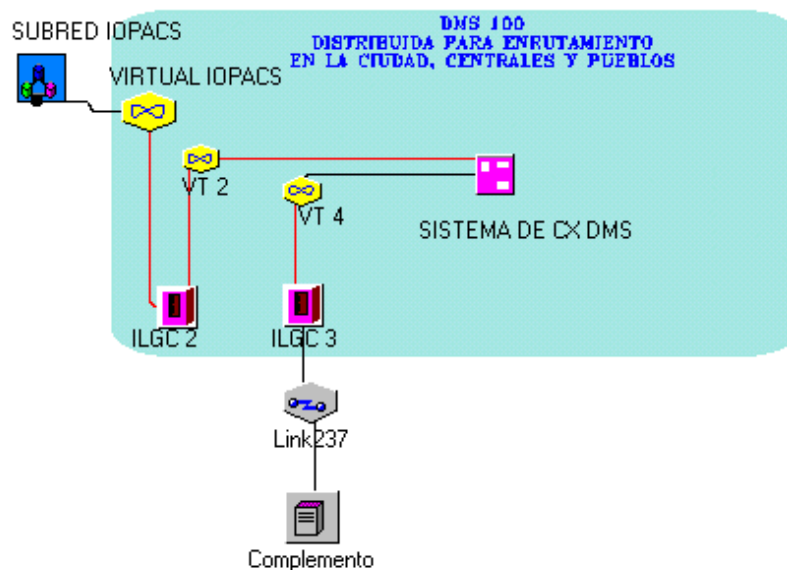


Figura 34. Implementación de la Iteración 1.

**5.1.4 Flujo de Pruebas.** Luego de la implementación se realizará las pruebas correspondientes planeadas y cuyos resultados se encuentran recopilados en el anexo 3.

1. Verificación de respuesta a las solicitudes de llamadas locales. Del reporte No 1 en el anexo 3 se observa que en un tiempo de simulación de 60 minutos cada IOPAC realiza alrededor de 240 llamadas, las cuales poseen la probabilidad de destinos mostrada en la tabla 1 del capítulo III.
2. Se observa que efectivamente corresponde el número de llamadas totales realizadas por las IOPACS, en el tiempo de simulación. De la información de tráfico de la central DMS se tiene que una IOPAC recibe una llamada cada 14.4 segundos equivalente a 240 llamadas en una hora; como son 26 IOPACS se tiene 6240 llamadas en una hora. El reporte No 1 muestra 6362 llamadas que es un valor aproximado y equivalente.
3. Se observa que llegan a los múltiples destinos configurados hasta ahora en la lista de destinos de la fuente de llamada. Cada fuente de llamada tiene como destinos hasta ahora las otras IOPACS, de tal forma que en el reporte se observa llamadas alcanzando todos los destinos entre sí.

Con estos resultados se comprueba el buen funcionamiento de la construcción del modelo de simulación hasta la iteración 1.

### 5.1.5 Flujo de experimentación

Diseño y ejecución de un experimento. Los experimentos que hasta el momento se puede realizar son:

1. Modificar la probabilidad de llegada de llamada entre dos IOPACS para observar como se afectan los enlaces y su capacidad de trabajo bajo condiciones extremas de tráfico a través de ellos.

Se modifica la probabilidad de llegada de una llamada de una IOPAC a otra. Ejemplo llamada de la IOPAC Mirador a la IOPAC Lomas de Granada se le incrementa la probabilidad de llegada en 0.01 y se observa en el reporte No 1b del anexo el incremento de llegada de llamadas hacia ese destino desde IOPAC Mirador. En el reporte 1b también se observa que el enlace No 166 de Lomas de Granada tiene incrementado 3 llamadas con respecto al reporte No 1, (de 266 pasó a 269) que es consecuencia del aumento de llamada desde el IOPAC Mirador. Aumentando la probabilidad en la fuente de llamada de esta IOPAC no se incrementa el número de llamadas salientes, sino el número de llamadas que llegan a determinado destino.

2. Modificar las probabilidades de bloqueo entre dos determinados destinos. Se observa en el reporte 1c entre dos destinos como incrementan las llamadas perdidas.

En el reporte No 1c se incrementó la probabilidad en 0.02 del IOPAC Mirador al IOPAC Lomas de Granada y se observa entonces el incremento de llamadas a 14, igualmente por el enlace 166 de Lomas de Granada pasaron 277 llamadas y de igual manera el incremento de utilización del enlace pasó de 64,88% en el reporte No 1 a 67,65% en este reporte. En la parte del enlace se nota 157 se observa el aumento de esta probabilidad de bloqueo a 0.01 respecto el reporte 1, incluso 3 llamadas perdidas debido a la congestión que surge por el canal.

3. Disminución de la capacidad de un enlace y se puede observar como se aumenta el porcentaje de utilización del mismo y la probabilidad de bloqueo. Modificando la capacidad del enlace 158 de la IOPAC Solidaridad de 1 E1 a 15 canales de 64K, se obtiene en el reporte 1d, que para las mismas condiciones de simulación tenidas en el reporte No 1, el porcentaje de utilización pasó de 63,61% a 88,97% y de 196 llamadas realizadas 31 se perdieron, aumentando la probabilidad de bloqueo a 0.16.

4. Se adiciona un servicio de información que necesita un ancho de banda mayor y se observa como aumenta la utilización del canal. Al IOPAC Normal Señoritas se le adiciona una llamada de Vídeo con las siguientes características: Interarrival(Exp 50,0), Duration(min):Nor(10,0,5,0), Dest type=Random List, Destino Priority=5, Routing Class= se crea una nueva clase de video con Bandwidth 256 k. (Ver anexo No 2). En el reporte No 1e se observa el incremento del porcentaje de utilización del enlace 158 del IOPAC Normal de señoritas de 63,61% a 87,68% por la presencia del nuevo servicio.
5. Para este modelo también se puede aumentar la cantidad de tráfico entre las fuentes, modelando así una hora pico de llamadas, modificando el parámetro “traffic scale” a 1.5 en las características de ella. En el reporte No 1f se observa el nivel de utilización de algunos enlaces y el incremento de llamadas comparado al reporte No 1.

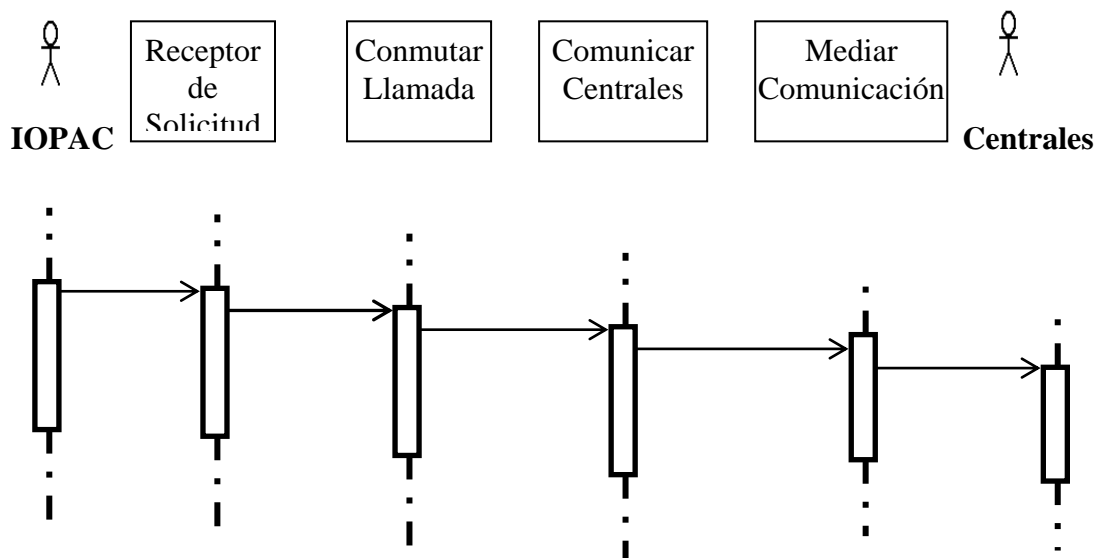
Como conclusión de la experimentación se tiene el seguimiento que el modelo de simulación hace a las variaciones realizadas durante la ejecución de los experimentos, y su buen desempeño ante la variación de condiciones.

## **5.2 ITERACIÓN 2: PROCESAMIENTO DE LLAMADA LOCAL DESDE Y HACIA LAS CENTRALES LOCALES**

**5.2.1 Flujo de trabajo de los requisitos y análisis.** Partiendo de igual manera no se trabajará sobre el flujo de los requisitos. Para el flujo de análisis se debe observar que la central DMS realiza comunicación con las centrales a través del PDTC (Ver capítulo III) el cual se comunica con estas centrales a través de una instancia del subsistema de transmisión- recepción recibiendo colaboración así de este. Por tanto para esta instancia de la realización del caso de uso procesamiento y conmutación DMS se tendrá dos clases adicionales Clase de diseño comunicar centrales y la clase mediar comunicación, del sistema de transmisión. Es con la implementación de esta clase mediar comunicación como se inicia paralelamente la construcción del subsistema de transmisión- recepción, hasta que en la última iteración, se habrá terminado simultáneamente la construcción del subsistema procesamiento de llamada larga distancia y el subsistema transmisión –recepción.

**5.2.2 Flujo de trabajo de Diseño.** Basados en la planeación de la iteración No 2 dada en la fase de elaboración se tendrá para esta instancia el Diseño del enrutamiento de llamada local saliente hacia otras centrales y proveniente de ellas.

### 5.2.2.1 Diseño del caso de uso



*Figura 35. Diagrama de Secuencia para llamada local saliente o entrante hacia y desde una central local, en el caso de uso PCD.*

Cuando una llamada proveniente de una clase IOPAC es generada con destino de una central, se envía a la clase Receptor de solicitud, la cual se comunica con la Clase Conmutar llamada, esta a su vez la envía a la clase comunicar centrales y de esta a través de la clase Mediar Comunicación se dirige a cualquiera de las centrales según el destino.

Lo contrario también es posible. Una llamada originada en una de las centrales con destino a un abonado conectado a la clase IOPAC, llega a la clase comunicar centrales a través de la clase mediar comunicación, y desde allí a la clase conmutar llamada, luego a la clase Receptor de solicitud y después al objeto de la clase IOPAC correspondiente.

## 5.2.2.2 Diseño de las clases

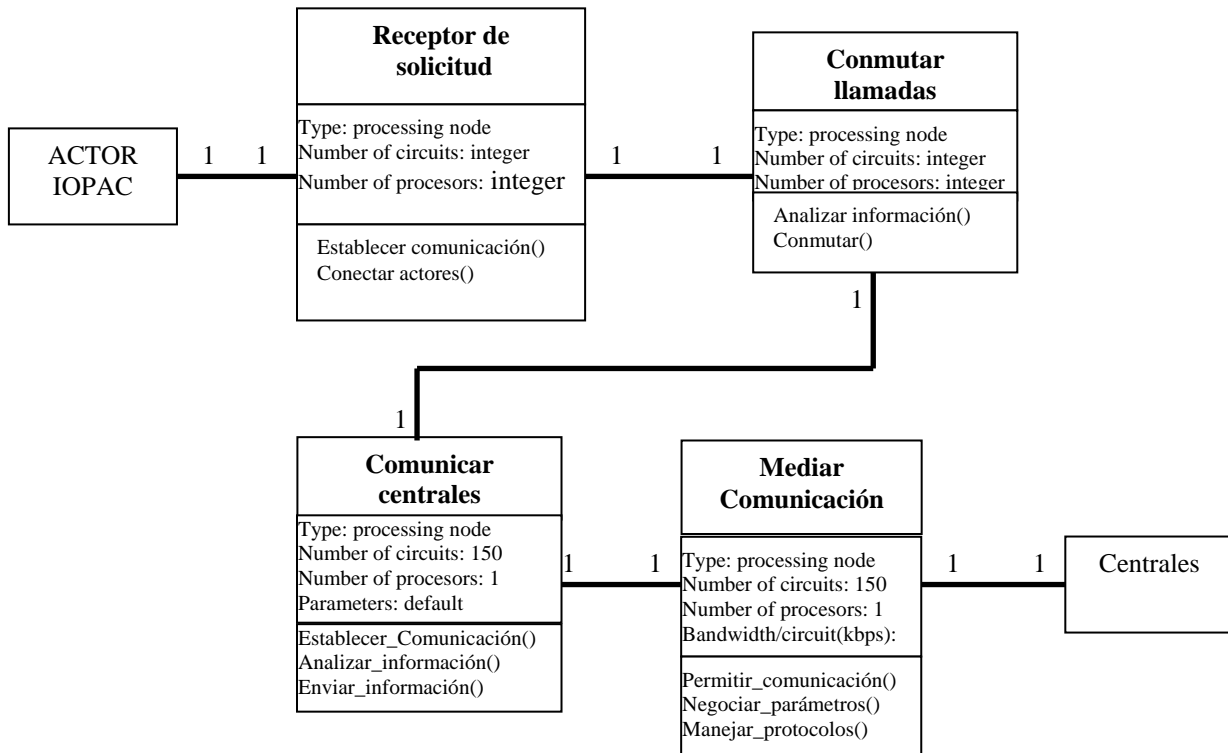


Figura 36. Diagrama de clases de la llamada local saliente o entrante, del caso de uso PCD.

El actor Centrales igual que en el caso del actor IOPAC se constituye en dos clases de diseño. Una clase que es el nodo de convergencia de llamada de los distintos destinos posibles hacia ella y otra clase fuente de llamada, que representa a los abonados que solicitan llamadas. Para su posterior diseño se llamarán: Clase de diseño Centrales y clase de diseño Fuente de llamada.

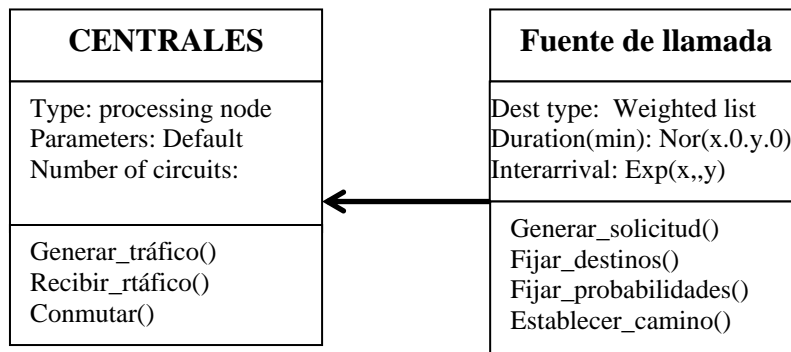


Figura 37. Diagrama de composición de la clase de diseño que representa al actor centrales.

La clase mediar comunicación es una instancia del subsistema transmisión- recepción, del cual se dijo que se diseñaría e implementaría a medida que transcurran las distintas iteraciones y a medida que se necesite de sus servicios. Para esta instancia es necesario mostrar el diagrama de composición de esta clase, la cual está formada por una clase equipo transmisión- recepción y una clase enlace.

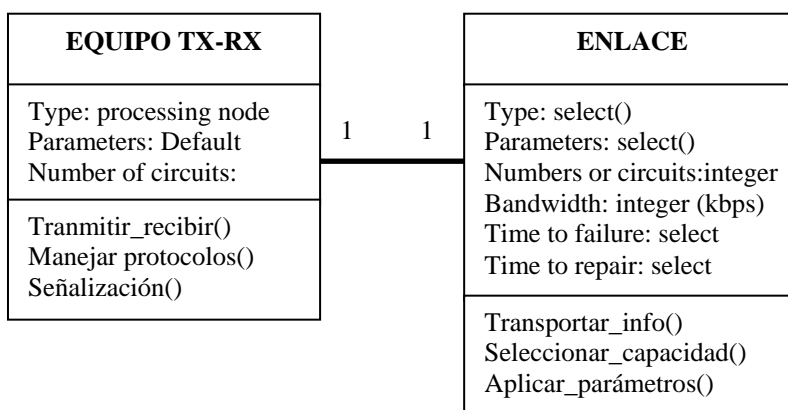


Figura 38. Diagrama de composición de la clase de diseño mediar comunicación

### 5.2.3 Flujo de Implementación.

5.2.3.1 Preparación de la construcción. Continuando con la implementación de los componente, se tendrá para esta iteración la implementación de las centrales locales las cuales se definen por la clase de diseño dada en el flujo anterior. Con base en el diagrama de secuencias se tiene lo siguiente:

- ✓ El Componente conmutar llamadas ya fue implementada
- ✓ Se crea un nuevo componente para implementar la clase comunicar centrales que es el equivalente al PDTC de la central DMS. Su implementación se hace con un nodo de procesamiento. Los atributos de este componente son los siguientes:
  - Type: processing node
  - Parameters: default
  - Number of circuits: 150
  - Number of procesors: 1
- ✓ Implementación del componente centrales. Se representan por un nodo de procesamiento con los siguientes atributos:



- Type: processing node
  - Parameters: default
  - Number of circuits: 150 de 10Mbps.
- ✓ Implementación del componente fuente de mensaje.
- Dest type: Weighted list Los destinos que se adicionan son las IOPACS hasta ahora implementadas con los datos de probabilidad de la tabla 1 del capítulo III.
  - Duration(min): Nor(x.0.y.0)
  - Interarrival: Exp(x,y)
- Adicionalmente a las fuentes de mensaje de las IOPACS implementadas en la iteración anterior se les adiciona en el parámetro Weighted list, los nuevos destinos que son las centrales locales con la probabilidad dada en la tabla 1.

En este momento de la iteración se comienza también la construcción del subsistema de transmisión- recepción con la implementación de los primeros objetos de la clase mediar comunicación:

- ✓ Implementación del Componente Equipo Tx-Rx. Se implementa a través de un nodo de procesamiento con las siguientes características.
  - Type: processing node
  - Parameters: Se adiciona uno nuevo con el nombre IOPAC
  - Number of circuits: 150 de 10Mbps.
- ✓ Implementación del Componente Enlace
  - Type: Point to Point
  - Parameters: se crea un nuevo parámetro de acuerdo a la capacidad del enlace con cada central y se le da un nombre.
  - Numbers or circuits: Según la central es el número de circuitos
  - Bandwidth: 2048 (kbps)
  - Time to failure: none (se puede variar para la etapa de transición)
  - Time to repair: none.

5.2.3.2 Implementación de componentes. Continuando con la implementación se adicionan los componentes que permiten el desarrollo de esta instancia del caso de uso procesamiento y conmutación DMS.

- ✓ Las centrales a implementar son tres: La central Caucatel, la central Emtel Centro y la central Emtel Santa Clara. Para una mejor distribución del área de trabajo estas se encuentran dentro de una subred llamada Centrales Locales, donde también se encuentra el componente enlace de cada una de ellas. Ver figura 39.
- ✓ El parámetro interarrival para las fuentes de llamada de las centrales se encuentra consignado en la tabla 2
- ✓ También se implementa en esta iteración el componente Equipo Tx-Rx que por idénticas razones se encuentra también en el nivel de subred Centrales Locales, junto con los componentes enlace que forman parte del subsistema transmisión recepción. El parámetro “Numbers or circuits” (capacidad del enlace) es de 8 E1 para las centrales Caucatel y Emtel Centro y 4 E1 para la central Santa Clara, con un parámetro “Bandwidth” de 2048.

En el área de trabajo principal se encuentra un recuadro que simboliza el subsistema de transmisión recepción. Ver figura 40. Del punto de acceso a la subred se desprende un enlace que pasa por esta área, llamado fibra centrales; este enlace representa la vinculación que tienen las centrales con el subsistema de transmisión- recepción y contiene una capacidad equivalente a los tres enlaces con las centrales. En la práctica no existe, pero para la simulación es necesario colocarlo para realizar interconexión con la subred, teniendo en cuenta que no afecta a las condiciones reales del nodo y en nada a los resultados de la simulación. Dentro del nivel de subred se encuentra un área demarcada con el mismo color que el área de trabajo principal del subsistema de transmisión- recepción, indicando que esta sección es parte de él. Ver figura 39.

- ✓ El ícono complemento que se encuentra en el área de trabajo sigue representando la funcionalidad dada en la iteración anterior.

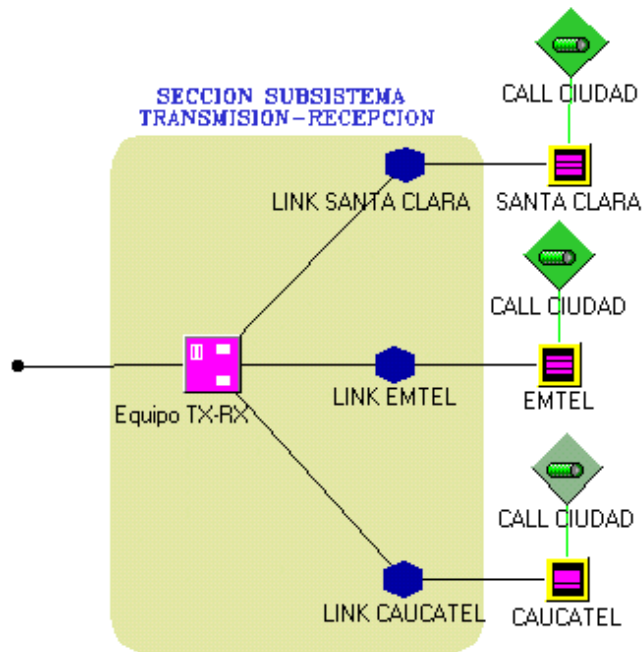


Figura 39. Subred Centrales Locales

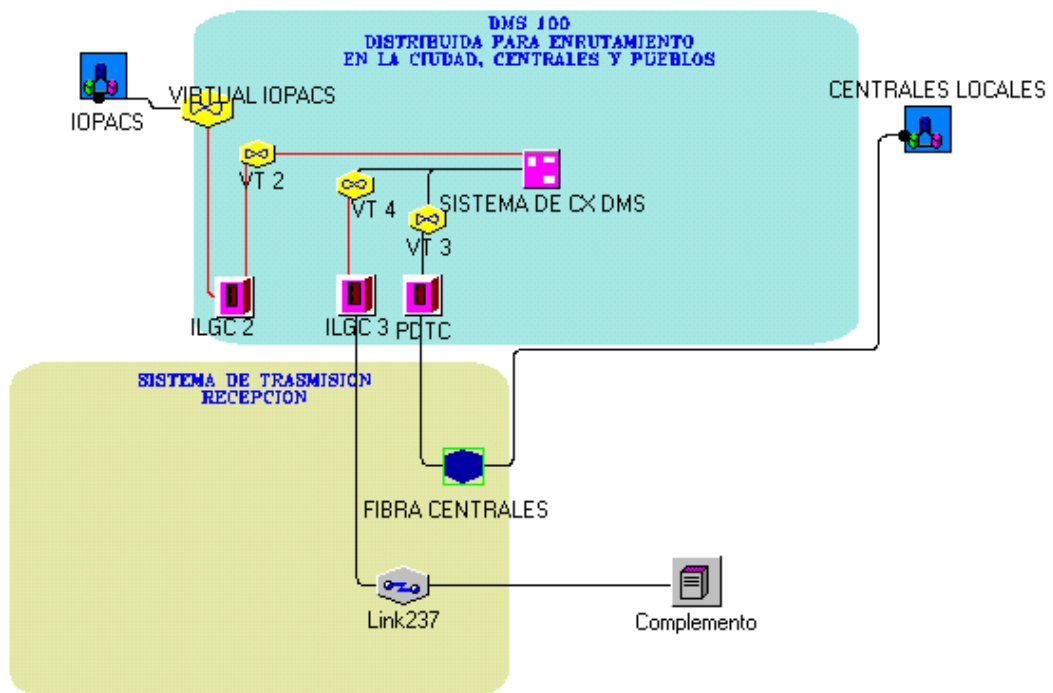


Figura 40. Implementación de la Iteración 2.

**5.2.4 Flujo de Pruebas.** Luego de la implementación se realizará las pruebas correspondientes planeadas y cuyos resultados se encuentran recopilados en el anexo 3.

1. Verificación de respuesta a las solicitudes de llamadas locales. El reporte No 2 en el anexo 3 se observa para un tiempo de simulación de 60 minutos cada Central realiza llamadas a las IOPAC y viceversa con base en la probabilidad de destinos mostrada en la tabla 1 del capítulo III. Y viceversa se observa en el reporte la llegada de llamadas desde las IOPACS hacia las diferentes centrales.
2. Se observa que efectivamente corresponde el número de llamadas realizadas, en el tiempo de simulación corresponde a los datos suministrados. Ejemplo para un tiempo de 20,488 seg. de salida de cada llamada de la central Caucatel equivale a 175 llamada en una hora; en el reporte No 2 se observa que la central Caucatel realizó 180 llamadas, lo que es equivalente.
3. Realización de pruebas de integración. Se observa del reporte No2 que llegan a los múltiples destinos configurados hasta ahora en la lista de destinos de la fuente de llamada incluyendo los de la iteración anterior

**5.2.5 Flujo de experimentación.** Se diseñan experimentos y se analizan los resultados obtenidos después de la simulación ya trabajando con los actores centrales.

1. Aumento de probabilidad de comunicación entre dos destinos. Se modifica la probabilidad de llegada de una llamada de una IOPAC a una determinada central. Ejemplo llamada de la IOPAC Mirador a la central Caucatel. En el reporte No 2a se muestra el incremento de llamada desde IOPAC Mirador a la central Caucatel de 23 en el Reporte No 2 a 46 en este reporte, así como el aumento de llamadas en el enlace de Caucatel (link ca) de 961 a 984 y el porcentaje de utilización del canal de 23,6% a 24,21%.

En sentido contrario también se puede realizar incrementando la probabilidad de llegada de llamadas de Central Caucatel a IOPAC Mirador en 0.1 y con respecto al reporte No 2, en el reporte No 2b se observa un aumento de 3 a 30 el número de llamadas llegando al IOPAC Mirador provenientes de la Central Caucatel. Así también la utilización del enlace No 157 de IOPAC Mirador incrementó de 67% a 72.4 %, 2 llamadas perdidas y la probabilidad de bloqueo de 0.01.

2. Bloqueo de comunicación entre dos destinos. Se modifican también las probabilidades de bloqueo entre dos determinados destinos. Se observa en el reporte No 2c entre los destinos Mirador – Caucatel, incrementando simultáneamente la probabilidad de llegada de llamada entre ellos la utilización del enlace sube a 72.51%, 2 llamadas perdidas y probabilidad de bloqueo en 0.01.
3. Disminución de la capacidad de un enlace. El enlace con la Central Emtel se disminuyó su capacidad de 10 E1 a 8 E1 y se observa en el reporte No 2d su incremento de 20,04% a 40,09% con respecto al reporte No 2. Aunque no tiene probabilidad de bloqueo esta aparecería al disminuir mas la capacidad del enlace.
4. Nuevo servicio. Se adiciona un servicio de información que necesita un ancho de banda mayor como el de la iteración anterior. Ejemplo: se le adiciona la fuente de llamada video a la IOPAC Mirador y se le da destino de llamada central Santa Clara. En el reporte No 2e se observa el incremento de la utilización del enlace Emtel Santa Clara (link Santa Clara) de 32,09% en el reporte No 2 a 35,82% en este reporte. Consecuentemente el enlace No 157 de la IOPAC Mirador se muestra bastante utilizado subiendo su porcentaje a 87,63%. La probabilidad de bloqueo en las llamadas de IOPAC Mirador a la Central Santa Clara aumentó a 0.357.

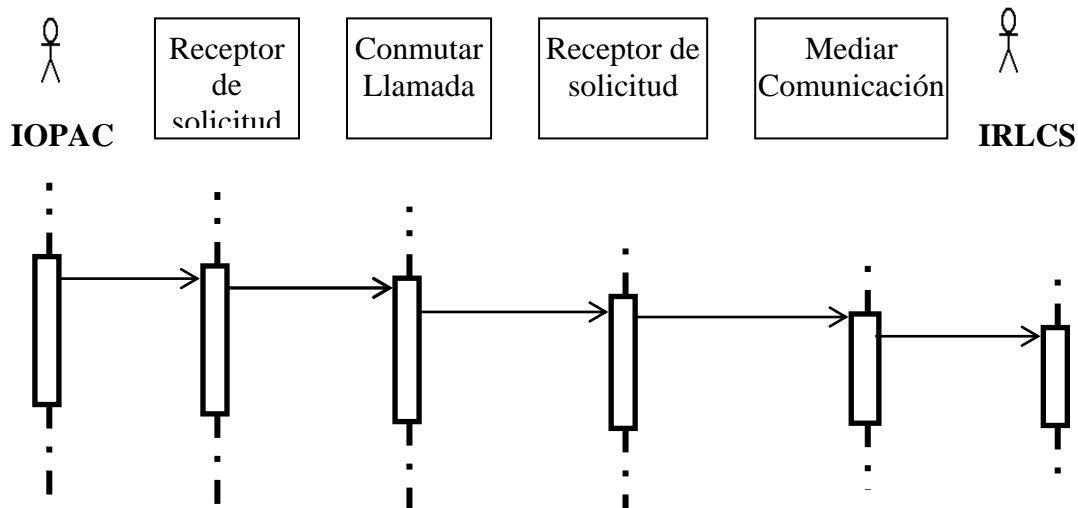
Hasta el momento el modelo de simulación ofrece respuesta a las variaciones de condiciones presentadas y permite observar las consecuencias de estas con respecto la comunicación.

### **5.3 ITERACIÓN 3. PROCESAMIENTO DE LLAMADA A MUNICIPIOS RELACIONADOS CON LA CENTRAL DMS**

**5.3.1 Flujo de trabajo análisis.** Para el flujo de análisis se debe observar que la central DMS realiza comunicación con las IRLCS remotas a través del ILGC, usando el subsistema de transmisión- recepción. Para esta instancia de la realización del caso de uso procesamiento y conmutación DMS solo se tendrá cambio en los actores, mas no en las clases involucradas.

**5.3.2 Flujo de trabajo de Diseño.** Basados en la planeación de la iteración No 3 dada en la fase de elaboración se tendrá el Diseño del enrutamiento de llamadas salientes hacia los IRLCS remotos y provenientes de ellos tanto hacia las IOPACS como a las centrales locales. Es necesario tener en cuenta que estos IRLCS están ubicados en municipios y que la comunicación con ellos es una instancia de una llamada larga distancia, pero que se hace a través de la central DMS porque se encuentran directamente conectados a ellos. Cuando una llamada proveniente de una central va dirigida hacia un IRLCS no se hace directamente comunicación con la central DMS sino que esta comunicación es a través de la central NEAX y se toma como una llamada larga distancia.

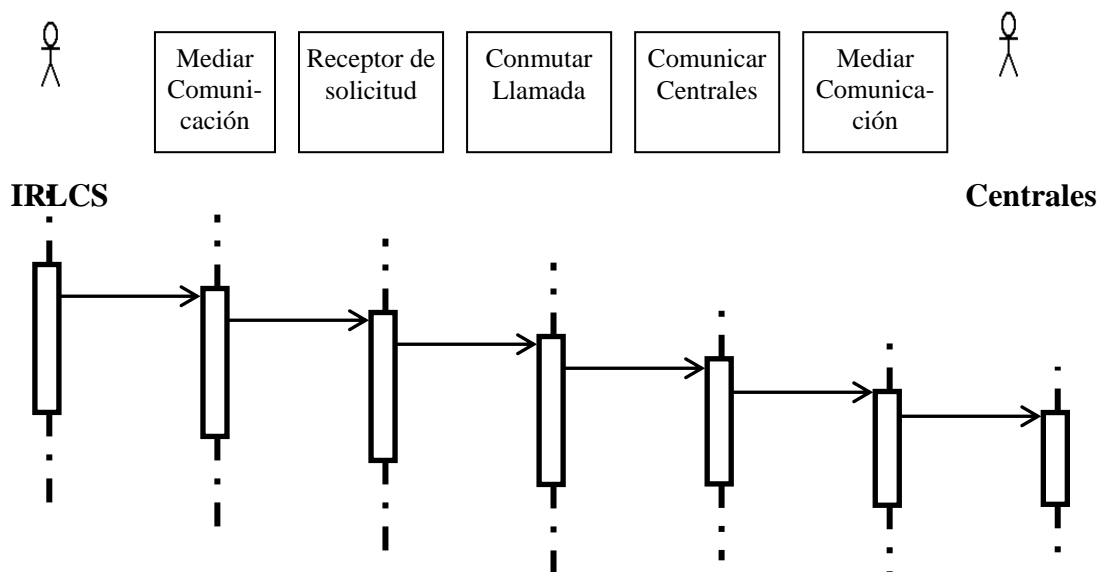
#### 5.3.2.1 Diseño del caso de uso



*Figura 41. Diagrama de Secuencia de Llamada desde y hacia un IRLCS, enviada por un IOPAC, en el caso de uso PCD.*

Cuando una llamada proveniente de una clase IOPAC es generada con destino de un IRLCS, se envía a la clase Receptor de solicitud, la cual se comunica con otra instancia de la Clase Receptor de solicitud, y de esta a través de la clase Mediar Comunicación se dirige al IRLC correspondiente. Nuevamente aquí se aporta también al diseño del subsistema transmisión- recepción, con la clase Mediar Comunicación.

Lo contrario también se realiza. Una llamada originada en un IRLCS con destino a un abonado conectado a la clase IOPAC, llega a la clase Receptor de solicitud a través de la clase mediar comunicación, y desde allí a la clase conmutar llamada, luego a la clase Receptor de solicitud y después al objeto de la clase IOPAC correspondiente.



**Figura 42. Diagrama de Secuencia para la realización de llamada hacia una Central desde un IRLCS en el caso de uso PCD.**

Cuando una llamada proveniente de una clase IRLCS es generada con destino una Central, se envía a la clase Mediar Comunicación y de ahí a la clase Receptor de solicitud. La información pasa luego a la clase Conmutar llamada, después a la clase Comunicar Centrales y luego a Mediar Comunicación, para luego ir a la Clase Centrales. Cuando la comunicación es en sentido contrario no se hace de manera inversa como en los otros caso, sino que una clase central que quiere comunicarse con una clase IRLCS debe usar el subsistema de llamada larga distancia. Esto con el propósito de que allí se realice operaciones de tarificación.

## 5.3.2.2 Diseño de las clases

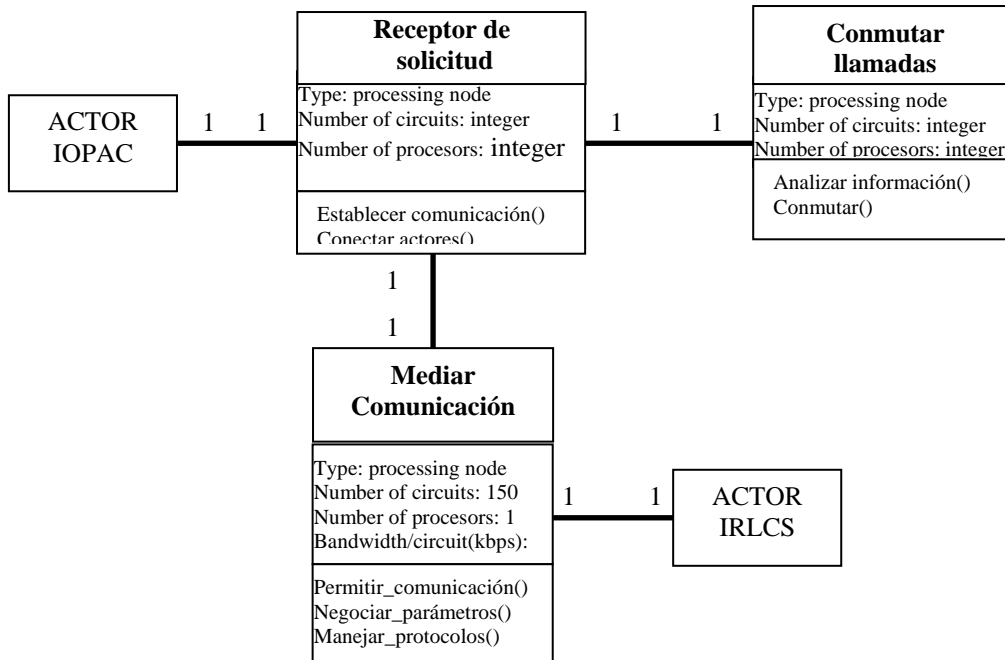


Figura 43. Diagrama de clases para la realizaci3n de Llamada IOPAC-IRLCS en el caso de uso PCD.

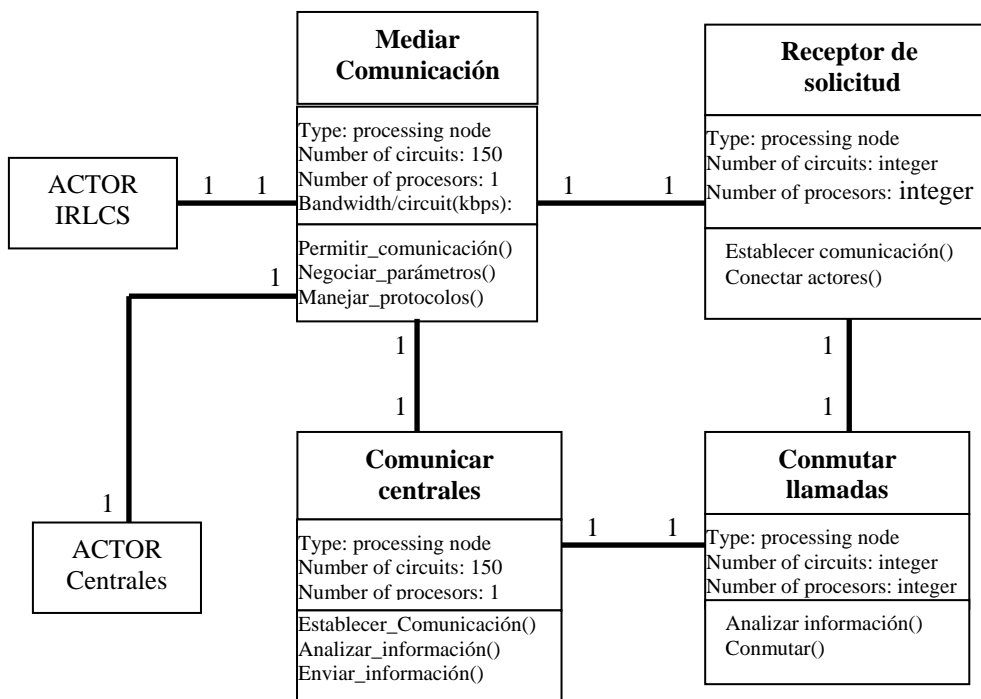
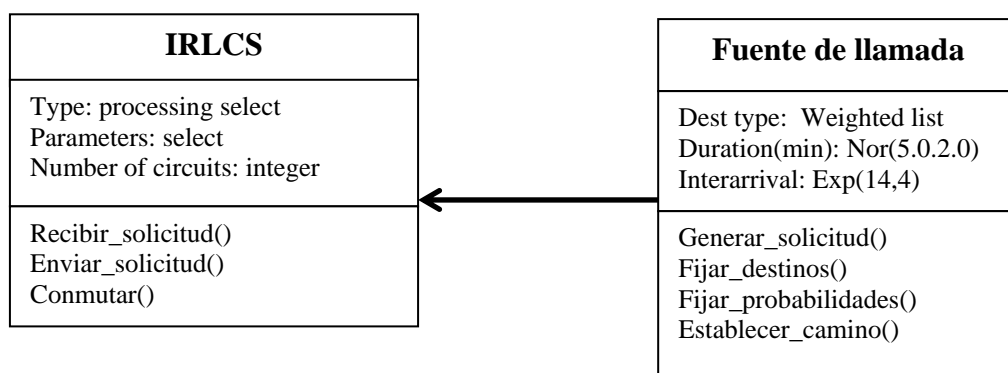


Figura 44. Diagrama de clases para la realizaci3n de llamada Central-IRLCS en el caso de uso PCD.



De manera similar el actor IRLCS constituido en una clase de diseño se describe como la composición de dos clases: una el nodo que recibe llamadas provenientes de distintos destinos y otra la clase de diseño fuente de llamada, quien genera tráfico para distintos destinos, con las probabilidades dadas en la tabla 1.



**Figura 45.** Diagrama de composición de la clase de diseño que representa al actor IRLCS.

### 5.3.3 Flujo de Implementación.

5.3.3.1 Preparación de la construcción. Se continúa el flujo de implementación centrado en los nuevos componentes que en cada iteración se van agregando según las nuevas funcionalidades. Para esta iteración se implementan los componentes IRLCS según los atributos de la clase de diseño IRLCS, junto con su respectiva fuente de mensaje.

- ✓ Implementación del componente IRLCS. Se representan por un nodo de procesamiento con los siguientes atributos:
  - Type: processing node
  - Parameters: default
  - Number of circuits: 150 de 10Mbps.
  
- ✓ Implementación del componente fuente de mensaje.
  - Dest type: Weighted list Los destinos que se adicionan son las IOPACS y las centrales locales hasta ahora implementadas con los datos de probabilidad de la tabla 1.
  - Duration(min): Nor(x,0,y,0)

➤ Interarrival: según el IRLCS.

Adicionalmente para todas las fuentes de mensaje ya implementadas se debe actualizar en el parámetro “Weighted list” los destinos IRLCS con base en la probabilidad que ellos tienen en la tabla 1.

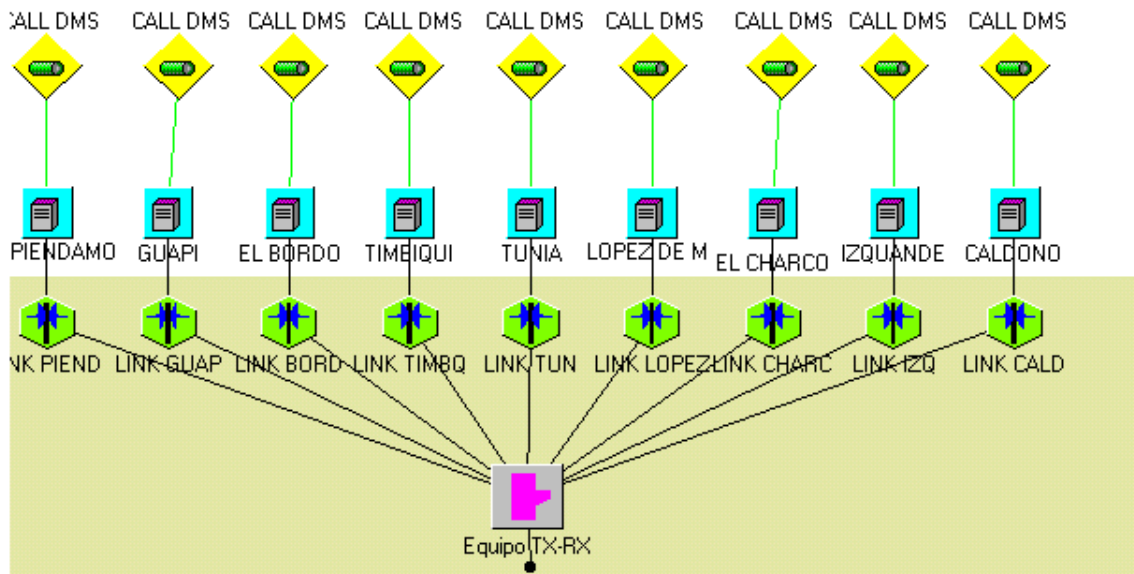
- ✓ Implementación del componente Equipo TX-RX. Para la comunicación de los IRLCS se dispone de otro componente con iguales atributos como el que comunica las centrales. En la realidad es el mismo equipo, pero para objeto de la simulación se puede fraccionar en varios que tengan las mismas características con una capacidad distribuida entre ellos y no afectará los resultados de la simulación.
- ✓ Implementación del componente enlace. Para la comunicación con los IRLCS se dispone de un enlace por cada uno de ellos y su capacidad está dada en la tabla 3. Los atributos de este componente son similares a los enunciados en la iteración anterior variando solamente:
  - Numbers or circuits: Según el municipio enlazado es el número de circuitos
  - Bandwidth: depende también del municipio.(kbps). Ver tabla 3.

5.3.3.2 Implementación de componentes. Con esta iteración se termina la implementación del subsistema procesamiento y conmutación DMS; queda así la implementación de los IRLCS ubicados en algunos municipios del departamento del Cauca. Las actividades a desarrollar serán las siguientes:

- ✓ Implementación del componente IRLCS. Son nueve los municipios que se comunican. De igual manera estos se agrupan en una subred llamada MUNICIPIOS DMS, colocando en ella nueve IRLCS con sus fuentes de mensaje configuradas de acuerdo a la tabla 2 donde se especifica el parámetro interarrival para cada uno de los municipios. Ver figura 46.
- ✓ Implementación del componente enlace. En este nivel de subred también se colocan los enlaces que cada municipio establece con el subsistema de transmisión- recepción de acuerdo a la capacidad que tienen, según la tabla 3. Nuevamente a través del enlace

Microondas DMS ubicado en el área principal de trabajo, se agrupan los enlaces que vienen de la subred y se conecta a un nuevo componente receptor de solicitud llamado ILGC 1 en el área principal de trabajo. Este ILGC 1 tiene las mismas características del ILGC 2 de la primera iteración. Ver figura 47.

- ✓ Dentro de la subred Municipios DMS se encuentra demarcada un área con igual color del área del subsistema de transmisión- recepción, indicando que los elementos contenidos allí forman parte de este. Ver figura 46.



*Figura 46. Subred Municipios DMS.*

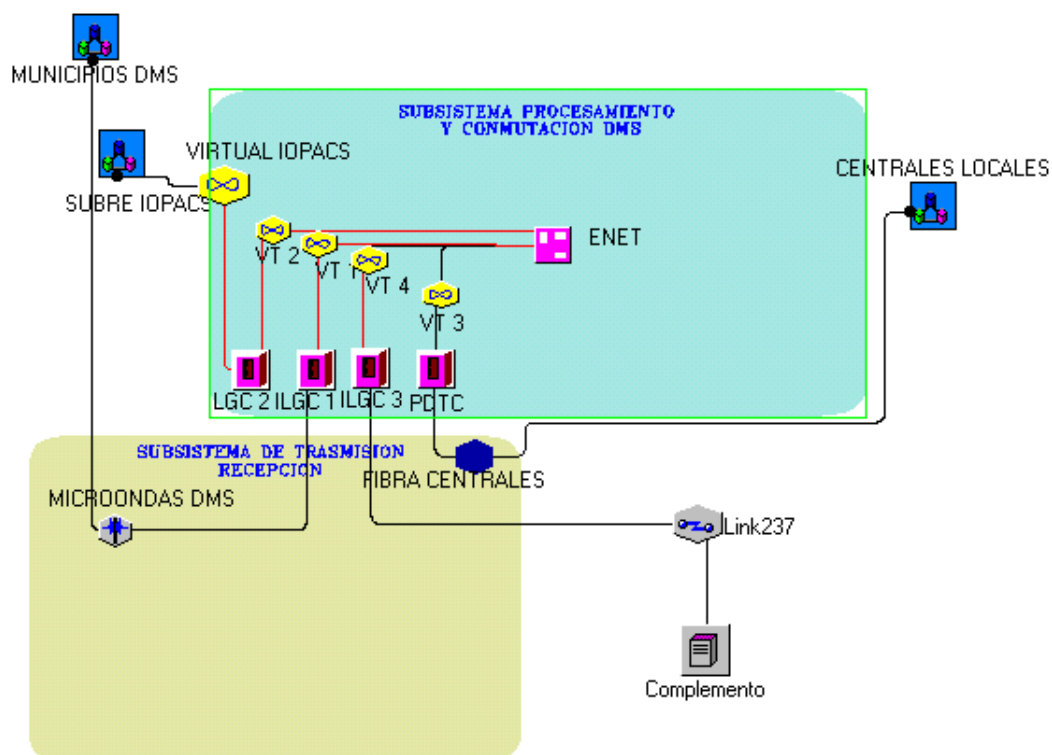


Figura 47. Implementación de la Iteración 3

### 5.3.4 Flujo de Pruebas

1. Verificación de respuesta a las solicitudes de llamadas. El reporte No 3 en el anexo No 3 se observa que en un tiempo de simulación de 60 minutos cada IOPAC realiza llamadas con destino a los IRLCS. Y viceversa se observa en el reporte la llegada de llamadas desde los IRLCS hacia las diferentes IOPACS con base en la probabilidad mostrada en la tabla 1 del capítulo III.
2. Verificación de respuesta a las solicitudes de llamadas hacia las centrales. El reporte No 3 muestra llegadas llegando desde los IRLCS a estas. Basándonos en la probabilidad descrita en la tabla se observa que se está obteniendo el número correspondiente de llamadas. Ejemplo: De IRLCS Tunía con un tiempo de 71,14 seg. entre llamada saliente se prevee 50.6 llamadas en una hora. El reporte muestra 47 llamadas, que es un valor equivalente.

3. Pruebas de integración. Se observa en el reporte No 3, que llegan las llamadas de los IRLCS a los múltiples destinos configurados hasta ahora en la lista de destinos de la fuente de llamada y con base en la tabla de probabilidades.

### 5.3.5 Flujo de experimentación

Se diseñan los experimentos y se realiza la simulación para observar los resultados.

1. Variación de probabilidad hacia un destino. Se modifica la probabilidad de llegada de una llamada de un IRLCS a una determinada central. Ejemplo llamada del IRLCS Bordo a la central Caucatel y de IRLCS El Bordo a la IOPAC Uvo. Los resultados se observan en el reporte No 3a, respecto al reporte No 3. Aumentando la probabilidad de llegada de llamadas del IRLCS a la central Caucatel en 0.1 y del IRLCS El Bordo al IOPAC Uvo en 0.02. se observa que de IRLCS El Bordo a Central Caucatel incrementó de 9 a 16 llamadas. El porcentaje de utilización del enlace aumentó de 12,72% a 12,79%. El número de llamadas en el enlace de Caucatel aumentó también de 996 a 1003 por el aumento de la Probabilidad de llegada a la Central Caucatel.  
También se observa que en el reporte No 3 del IRLCS El Bordo a la IOPAC Uvo no reporta llamadas realizadas, ahora en el reporte No 3a se observa 2 llamadas realizadas y además el incremento de utilización del enlace con la IOPAC Uvo que es el 172, de 71,75% a 72,16%.
2. Generar Bloqueo entre dos destinos. Se modifican también las probabilidades de bloqueo entre dos determinados destinos disminuyendo la capacidad de un enlace. Ejemplo el enlace de la IRLCS El Bordo de 4 E1 se disminuye a 1 E1 y se observa el reporte No 3b el aumento de la utilización del canal de 12,72% a 50,89%. Aunque la probabilidad de bloqueo aun se mantiene en cero si se disminuye aún más está capacidad aparecería un valor en ella y además llamadas perdidas.
3. Nuevo servicio. Se adiciona el servicio de información de vídeo mostrado en las otras iteraciones. Ejemplo: se coloca esta fuente de vídeo a la IRLCS El Bordo y en el reporte No 3c se observa la el aumento del porcentaje de utilización de 12,72% a 35,95%. Los destinos configurados para llegar de este servicio de video fueron los mismos del punto

anterior, para lo cual se muestra la probabilidad de bloqueo para el enlace 172 con la IOPAC Uvo de 0.576 debido a la alta utilización de su enlace (85,53%); lo mismo a la central Caucatel también se incremento la utilización de su enlace de 24,82% a 31,75%.

Igual que en la iteración anterior, los reportes permiten observar la reacción del modelo de simulación ante las variaciones que se realizan, demostrando lo que pasaría en el modelo real bajo esas mismas condiciones.

#### **5.4 ITERACIÓN 4. PROCESAMIENTO DE LLAMADA A LAS CENTRALES DE MUNICIPIOS INDEPENDIENTES**

**5.4.1 Flujo de trabajo análisis.** Aquí se empieza a implementar el caso de uso PROCESAMIENTO Y CONMUTACIÓN NEAX. Para poder interactuar con él se debe tener conectados por lo menos un actor para poder interactuar con él debido a su modo de trabajo como Central Tamden. Por tal razón el primer actor que trabajará será Municipios.

**5.4.2 Flujo de trabajo de Diseño.** Basados en la planeación de la iteración No 4 dada en la fase de elaboración y en el diagrama de casos de uso, se tendrá el Diseño del enrutamiento de llamadas Entrantes desde el subsistema enrutamiento de llamada local hacia los municipios del departamento y desde ellos hacia cualquier destino posible en la central DMS. A partir de aquí empieza a trabajar el caso de uso PROCESAMIENTO Y CONMUTACIÓN NEAX.

#### 5.4.2.1 Diseño del caso de uso PROCESAMIENTO Y CONMUTACIÓN NEAX.

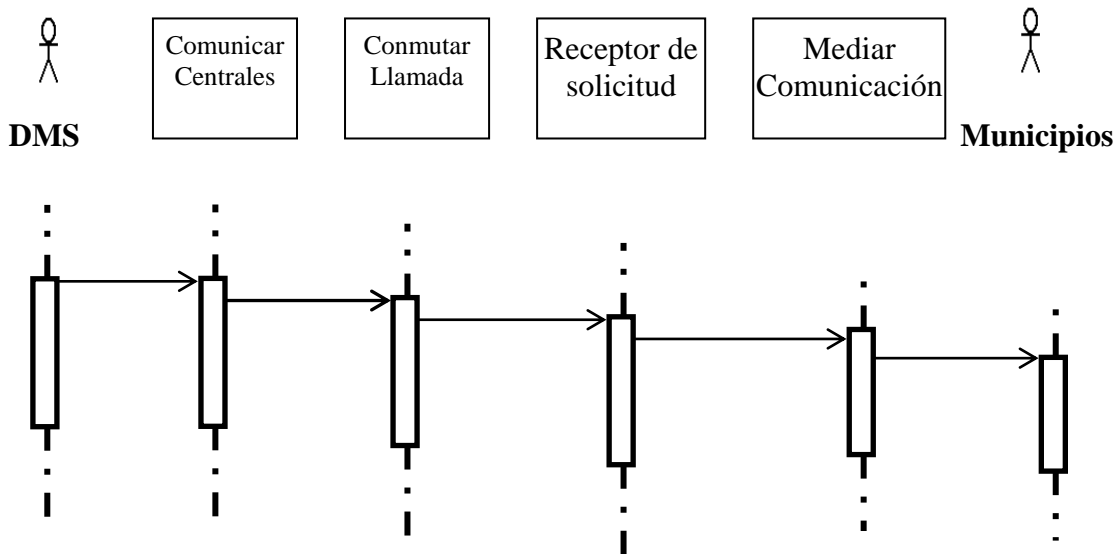
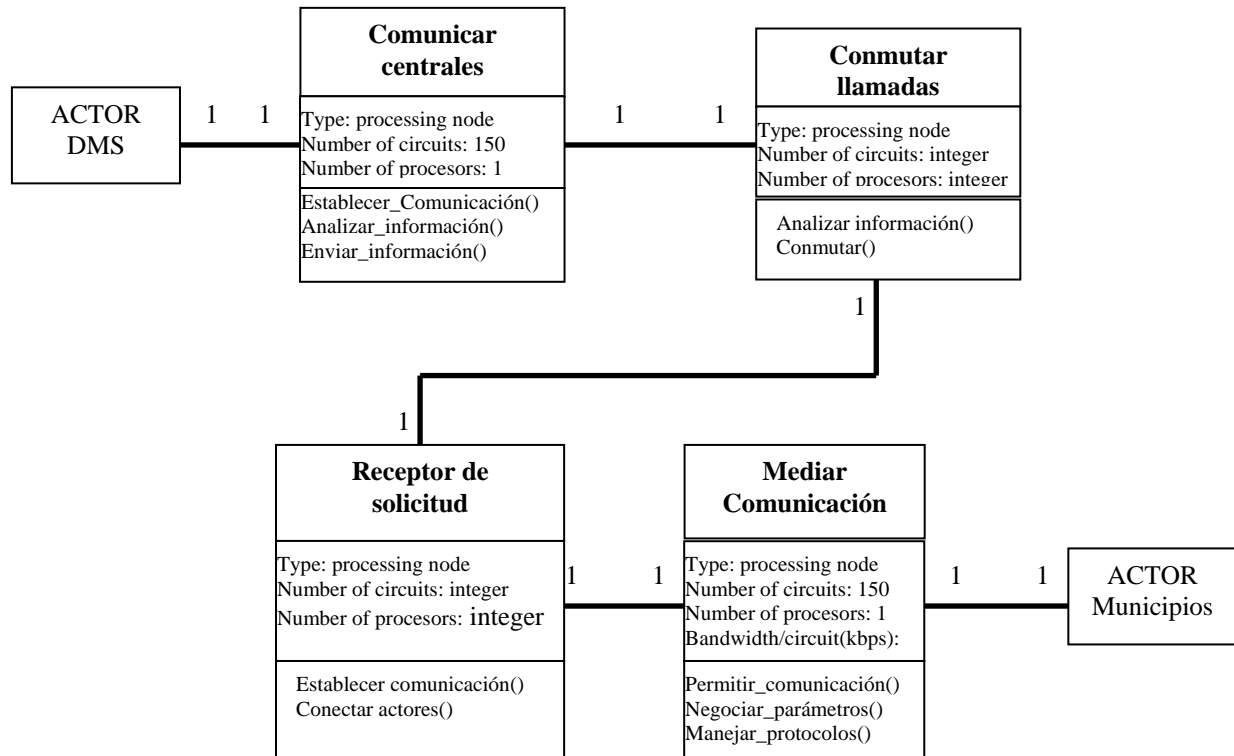


Figura 48. Diagrama de Secuencia para la realización de llamadas DMS- Municipios en el Caso de uso PROCESAMIENTO Y CONMUTACIÓN NEAX (PCN).

Para este caso de uso el actor DMS (Subsistema de enrutamiento de llamada local) se convierte en un subsistema que invoca el caso de uso Procesamiento y conmutación NEAX para que le resuelva todas sus necesidades de larga distancia. Entre el subsistema enrutamiento de llamada local y la central NEAX no se necesita la clase mediar comunicación, como con las otras centrales. Cuando hay una solicitud de llamada desde el actor DMS, esta es atendida por la clase Comunicar centrales, la cual la pasa a la Clase Conmutar Llamada, luego va a la Clase Receptor de solicitud, después a la clase Mediar comunicación, para luego ir al actor Municipios. Un requerimiento a la inversa también invierte el flujo anteriormente descrito.

## 5.4.2.2 Diseño de las clases

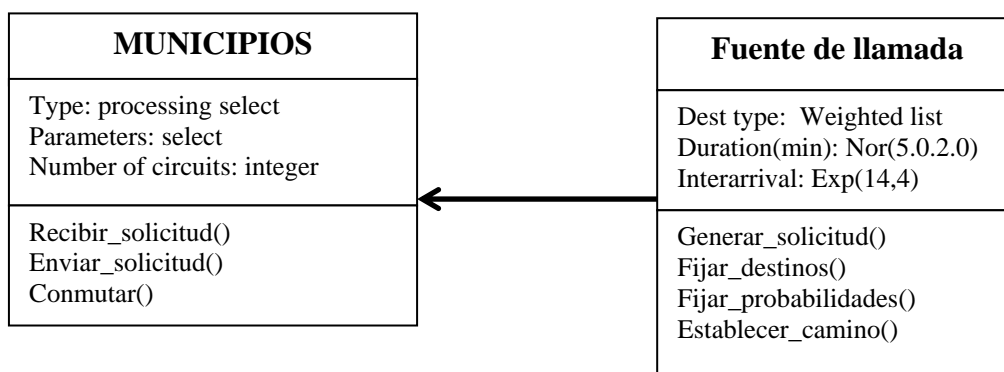


*Figura 49. Diagrama de Clases la realización de llamadas DMS- Municipios y viceversa, en el Caso de uso PCN.*

La Clase mediar comunicación constituye una instancia adicional del subsistema transmisión –recepción y tiene el mismo diseño mostrado en la figura 38, pero con diferentes parámetros para la implementación.

El actor Municipios se representa por las clases de diseño Municipio y la clase de diseño fuente de llamada. La primera que recibe tráfico entrante al actor y la segunda para generar tráfico hacia diferentes destinos.





*Figura 50. Diagrama de composición de la clase de diseño que representa al actor municipios*

### 5.4.3 Flujo de Implementación.

5.4.3.1 Preparación de la construcción. Durante cada flujo de implementación la simulación agrega nuevas funciones haciéndose cada vez más compleja. A partir de esta iteración comienza a implementarse el subsistema procesamiento y conmutación NEAX, trayendo consigo el enrutamiento larga distancia. Los principales componentes a implementar son:

- ✓ El Componente conmutar llamadas es ahora un nuevo elemento ubicado en la central NEAX, el cual tiene iguales atributos que el Componente conmutar llamadas de la central DMS.
- ✓ El componente enviar y recibir solicitud estará representado por un nuevo objeto. Se pretende comunicar las centrales DMS y NEAX, las cuales utilizan para intercambiar información un módulo en particular. La central DMS utiliza el ILGC como componente comunicar centrales (ya implementado) y la central NEAX utiliza el DTI. Cada uno se representa por un nodo de procesamiento que tiene iguales características del ya implementado en la iteración 2.
- ✓ Implementación del componente centrales de municipios. Se representan por un nodo de procesamiento con los siguientes atributos:
  - Type: processing node
  - Parameters: default
  - Number of circuits: 150 de 10Mbps.

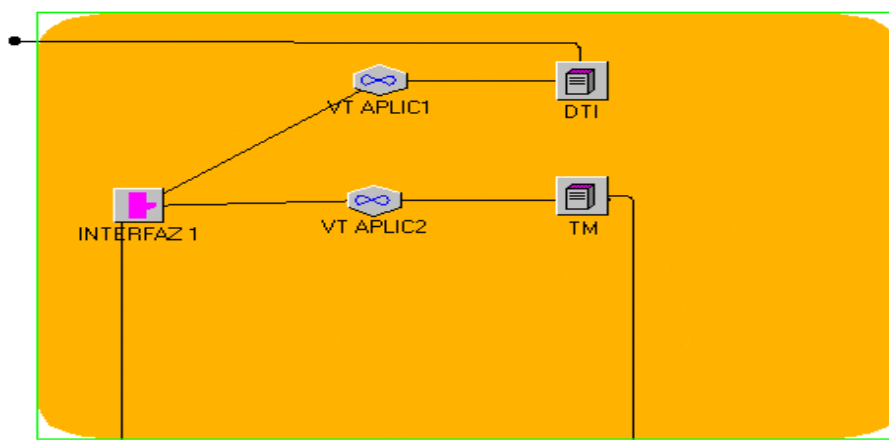
- ✓ Implementación del componente fuente de mensaje. Para cada central en los municipios se tiene una fuente llamada con los siguientes atributos.
  - Dest type: Weighted list Los destinos que se adicionan son las IOPACS y municipios DMS. hasta ahora implementadas con los datos de probabilidad de la tabla 1.Las centrales se adicionan un una nueva iteración.
  - Duration(min): Nor(x.0.y.0)
  - Interarrival: Exp(x,y)

5.4.3.2 Implementación de componentes. Aquí comienza la implementación de funciones para la central NEAX y con ella nuevos destinos y la posibilidad de enrutamiento larga distancia. Lo primero que se realiza es la implementación de la central y luego a esta se le agrega la función de comunicar a los municipios que tienen centrales independientes, con los municipios de la central DMS y con los abonados locales conectados a las IOPACS.

- ✓ En el subsistema procesamiento y conmutación DMS se adiciona un componente a través del cual la central DMS se comunica con la central NEAX. Este se representa por un nodo de procesamiento llamado ILGC 3. Con idénticas características de los otros ILGC.
- ✓ Se implementa con un nodo de procesamiento el componente conmutar llamada, principal componente de la central NEAX.
- ✓ Con base en el capítulo III se sabe que la central NEAX se compone de varios módulos de aplicación. Para organizar mejor el área de trabajo se crea una subred llamada Aplicación, la cual a través de las iteraciones agrupará los componentes que se adicionen. Ver figura 51.
- ✓ Inicialmente sobre la subred aplicación se crea el componente Recibir y enviar comunicación que para este caso intercambia información con la central DMS. Este componente se representa por un nodo de procesamiento llamado DTI.
- ✓ Implementación del componente enviar y recibir solicitud para que atienda a las centrales de los municipios. Este componente se representa a través de un nodo de procesamiento denominado TM con las características ya descritas en el capítulo IV. Tanto el componente DTI como el componente TM deben conectarse al componente

Conmutar llamada para que este realice la conmutación de las solicitudes de llamada que llegan a través de ella. Para su comunicación se implementa un nodo llamado interfaz 1, el cual ayuda a la comunicación a través de la subred. Ver figura 51.

- ✓ Implementación de los componentes centrales de municipios. Se crea una nueva subred y en ella 14 centrales para los municipios correspondientes y 14 fuentes de llamada con base en los parámetros de la tabla 2 (interarrival). Ver figura 52.
- ✓ Implementación de los componentes del subsistema de transmisión- recepción. Se crea 14 enlaces para estos municipios(dentro de la subred) con las características de capacidad mostradas en la tabla 3 los cuales se conectan al equipo Tx-Rx y través de este se establece la comunicación con la central NEAX buscando el respectivo enrutamiento de las solicitudes de llamada. En el área principal de trabajo se observa la comunicación de la subred municipios con la subred aplicación de la central NEAX a través del enlace Microondas Munic. Mostrando así la dependencia del subsistema de transmisión recepción. Ver figura 53.
- ✓ A todas las fuentes de mensaje de las IUPACS y de los municipios DMS se debe actualizar el parámetro Weighted list, adicionando los municipios de acuerdo a la probabilidad establecida en la tabla 2.
- ✓ Para esta iteración el ícono complemento sigue cumpliendo las mismas funciones descritos, pero conectándolo ahora al conmutador de la central NEAX solamente por una mejor distribución del área de trabajo.



*Figura 51. Subred aplicación de la central NEAX.*

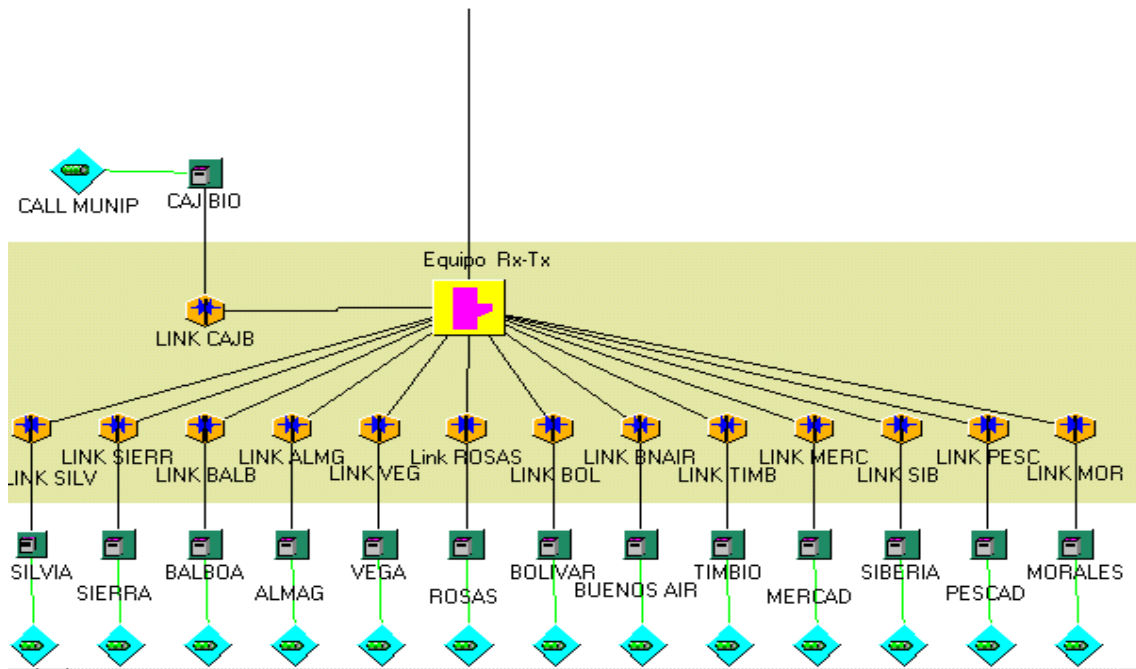


Figura 52. Subred municipios Independientes

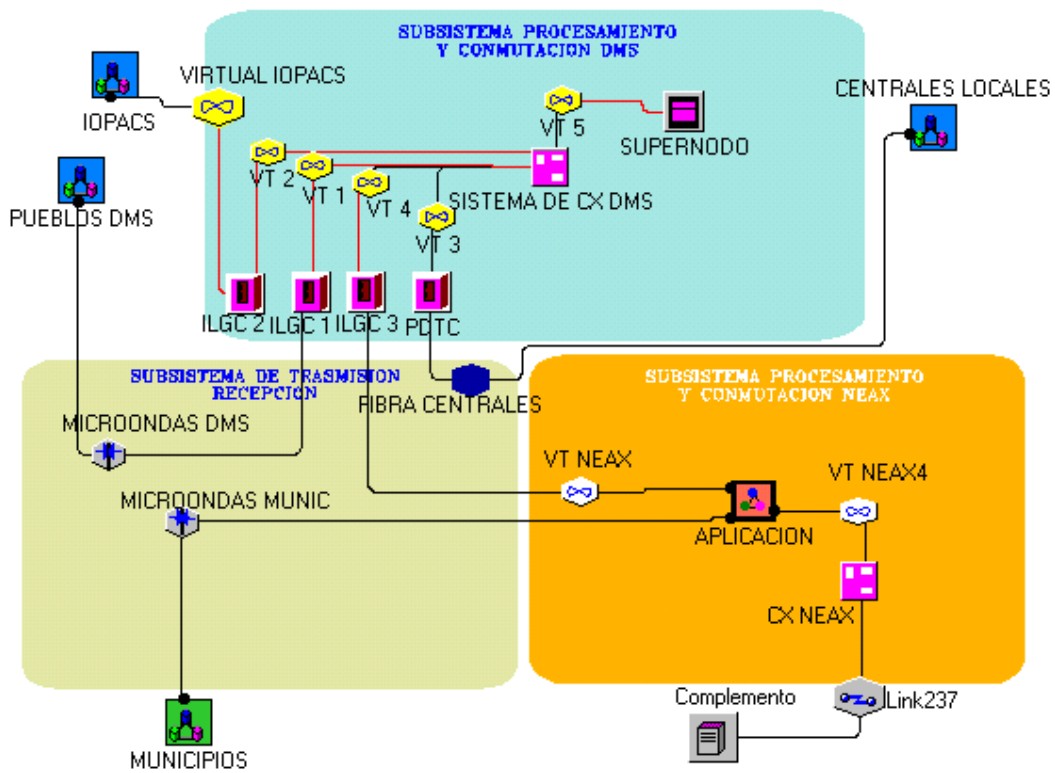


Figura 53. Implementación de la iteración 4.

#### **5.4.4 Flujo de Pruebas**

1. Verificación de respuesta a las solicitudes de llamadas. El reporte No 4 en el anexo No 3 muestra un tiempo de simulación de 60 minutos, con llamadas del subsistema de enrutamiento y conmutación DMS, llegando hacia los municipios y viceversa.
2. Verificar la llegada de llamadas. Comparando las probabilidades descritas en la tabla 1 se observa una correspondencia de la cantidad de llamadas con la probabilidad establecida. Ejemplo el Municipio de Timbío que tiene una llamada saliente cada 35,75 seg. teóricamente realiza 100.7 llamadas en una hora. En el reporte 4 se observan 108 llamadas, lo cual es equivalente.
3. Realización de pruebas de integración. Con la llegada de mensajes del subsistema de enrutamiento y conmutación DMS hacia los municipios y viceversa en la primera prueba; se verifica que ha habido una buena integración entre la central DMS y la central NEAX. Ejemplo: llamadas provenientes desde la IOPAC Bambú llegando a los Municipios.

#### **5.4.5 Flujo de experimentación**

Con la central NEAX trabajando, se realiza experimentación con el tráfico larga distancia que sale y entra al nodo Telecom Popayán.

1. Variación de probabilidad entre dos destinos. Se modifica la probabilidad de llegada de una llamada de un destino de la central DMS, hacia un determinado municipio: Ejemplo. De la IOPAC Bambú al municipio de Timbío y Piendamó, aumentando la probabilidad en 0,1. En el reporte No 4a comparado con el reporte No 4 e observa el incremento de llamadas de la IOPAC Bambú al municipio de Timbío de 5 a 30 y de la IRLCS Piendamó al municipio de Timbío de 2 a 13 llamadas. Así también la utilización del enlace Timbío aumentó de 12,44% a 14,79%.
2. Generación de Bloqueo. Se modifican también las probabilidades de bloqueo entre dos determinados disminuyendo la capacidad de un enlace. Ejemplo: se modifica la capacidad del enlace de Timbío de 4 E1 a 1 E1 y se observa en el reporte No 4b el aumento del porcentaje de utilización del enlace de 12,44% a 49,76%. Si disminuimos

la capacidad a menos de 1 E1 (15 canales de 64kbps) se puede mirar el aumento del bloqueo. En el reporte No 4c se observa que pasó el bloqueo de 0 a 0.11, y se muestra incluso 20 llamadas perdidas y utilización de enlace del 84,09%.

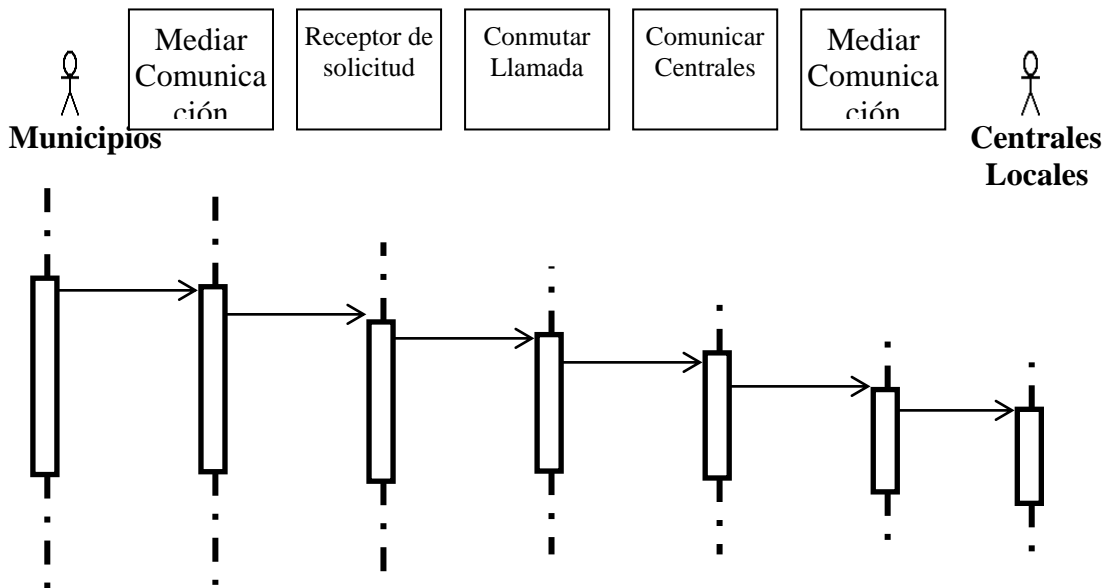
3. Nuevo servicio. Se adiciona al municipio de Timbío el servicio de video ya descrito y se observa en el reporte No 4d un aumento en el porcentaje de utilización del canal de Timbio con respecto al reporte No 4, de 12,44% a 34,03% y la probabilidad de bloqueo en el enlace aumento de 0 a 0,09 mostrando 28 llamadas perdidas..

## **5.5 ITERACIÓN 5: PROCESAMIENTO DE LLAMADA LARGA DISTANCIA DESDE Y HACIA LAS CENTRALES LOCALES**

**5.5.1 Flujo de trabajo análisis.** Con base en la planeación de esta iteración se debe tener en cuenta la necesidad de incluir la clase Mediar comunicación entre la central NEAX y las centrales locales.

**5.5.2 Flujo de trabajo de Diseño.** Se tiene para este flujo el diseño del enrutamiento de llamadas Entrantes desde el subsistema enrutamiento de llamada local hacia las centrales locales y viceversa; sin embargo es necesario tener en cuenta que las únicas fuentes de mensajes provenientes de dicho subsistema hacia las centrales locales a través de la central NEAX son las llamadas provenientes de los municipios adscritos a la central DMS, porque para atender las demás fuentes de llamada la central DMS consta de comunicación directa con ellas. Para esta iteración es más importante la comunicación entre las centrales locales y los municipios del departamento, y viceversa.

### 5.5.2.1 Diseño del caso de uso PROCESAMIENTO Y CONMUTACIÓN NEAX.



*Figura 54. Diagrama de Secuencia para la realización de una llamada Municipios-Centrales Locales en el caso de uso PCN.*

Cuando hay una solicitud de llamada desde un municipio para una central local esta es atendida por la clase Mediar comunicación, la cual la pasa a la Clase Receptor de solicitud, luego va a la Clase Conmutar, después a la clase Comunicar Centrales, para luego ir a la clase Mediar comunicación que sí es necesaria en este caso y ahora sí a la clase Centrales que ya se había implementado en una iteración anterior. Para esta iteración no se tendrá diseño de clases porque ninguna es nueva.

La variante del diagrama de secuencia sucede cuando la una solicitud de llamada proviene de un municipio perteneciente a la central DMS; para lo cual se cambiaría el actor Municipios y suprimimos la clase Mediar Comunicación.

El actor centrales ya fue implementado como una clase anteriormente; la única modificación para esta clase en esta iteración consiste en aumentar destinos a la tabla de enrutamiento. De igual manera la clase mediar comunicación sólo varía en cuanto sus parámetros.

### 5.5.2.2 Diseñar una clase

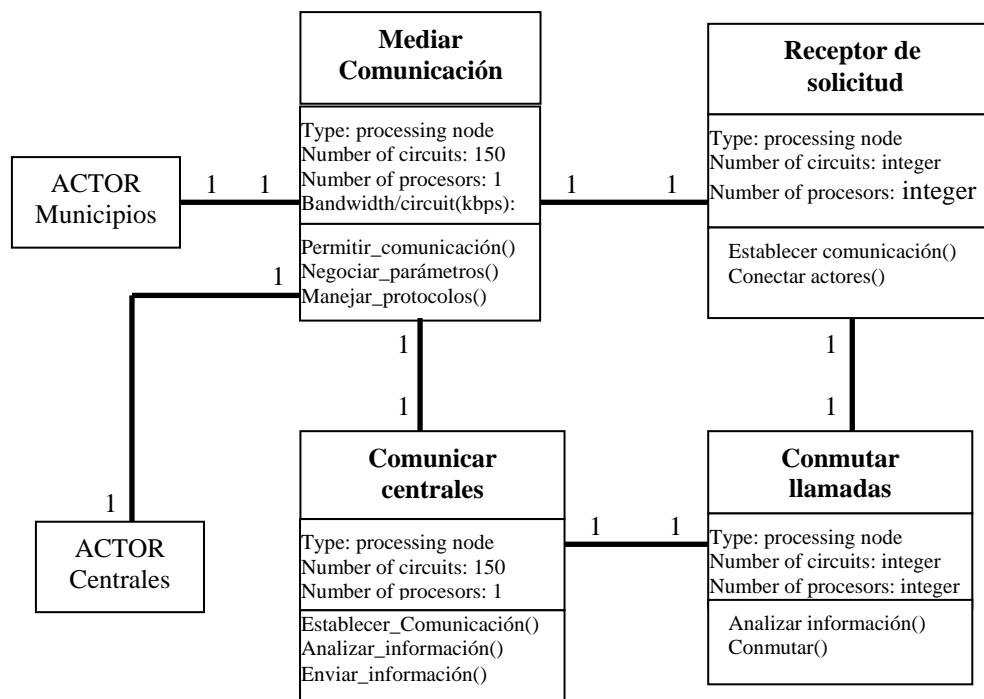


Figura 55. Diagrama de clases para la realización de una llamada municipios- centrales locales, en el caso de uso PCN.

### 5.5.3 Flujo de Implementación.

5.5.3.1 Preparación de la construcción. Llegada esta instancia se implementará la comunicación larga distancia con los actores centrales que ya se tenía, para completar su funcionalidad y conseguir que los actores municipios implementados en la iteración alcancen estos destinos. Por tanto para agregar esta funcionalidad se conectan las centrales a través del subsistema de transmisión- recepción.

- ✓ Implementación del componente Equipo Tx-Rx. Ya se hizo implementación de este componente en iteraciones anteriores; se agrega entonces un nuevo objeto ubicándolo en la subred centrales locales.
  - Type: processing node
  - Parameters: Conmutadores
  - Number of circuits: 150 de 10Mbps.



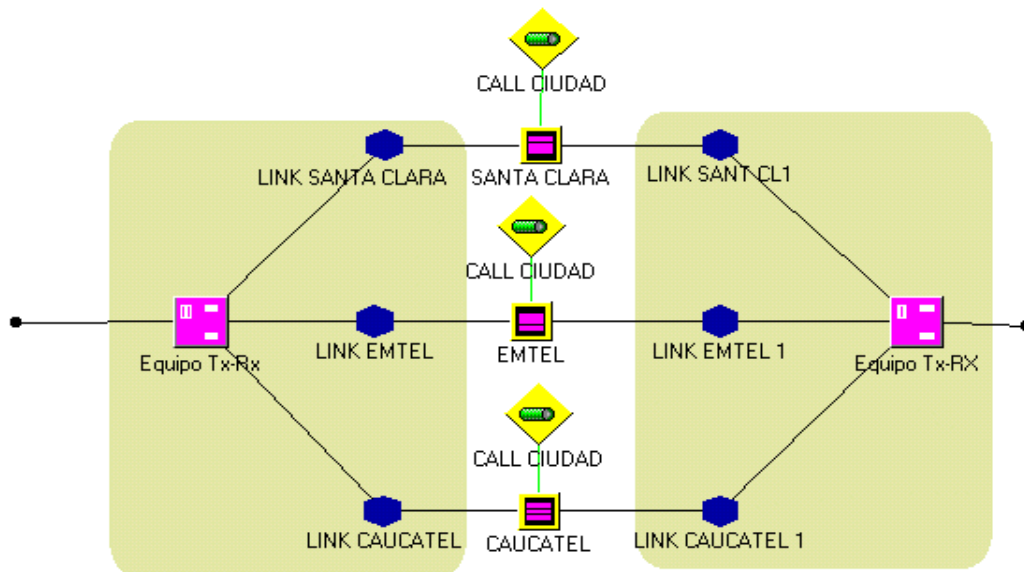
- ✓ Implementación del componente Enlace. Las centrales se comunican también con la central NEAX a través de otros enlaces; estos unen a estas con el equipo Tx-Rx dentro de la subred y la subred a través de un punto de acceso se comunica con la central NEAX.
  - Type: Point to Point
  - Parameters: se crea un nuevo parámetro de acuerdo a la capacidad del enlace con cada central y se le da un nombre.
  - Numbers or circuits: Según la central es el número de circuitos
  - Bandwidth: 2048 (kbps)
  - Time to failure: none
  - Time to repair: none.

5.5.3.2 Implementación de componentes. El trabajo de implementación para esta iteración se limita a implementar un componente equipo TX-RX y los enlaces, que comuniquen a las centrales locales con el subsistema procesamiento y conmutación NEAX. Ver figura 56. Sin embargo es de vital importancia, porque es a través de estos componentes como las centrales locales alcanzarán en las iteraciones posteriores los destinos larga distancia.

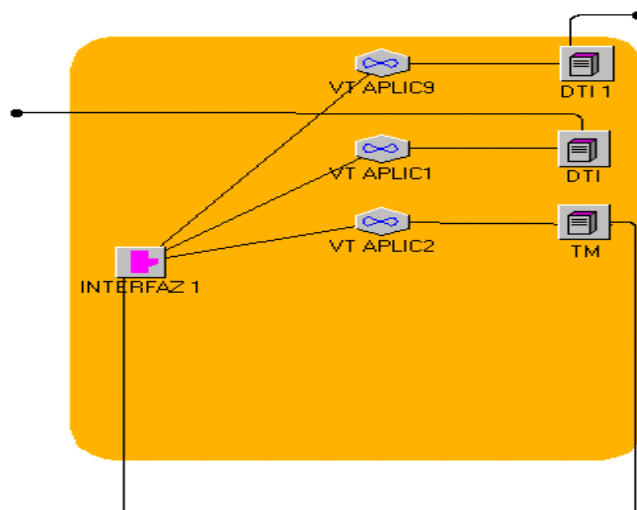
También es necesario que el parámetro Weighted list de las fuentes de llamada de los municipios independientes adicionen la posibilidad de comunicarse con las centrales locales, estableciendo la probabilidad de llegada mostrada en la tabla 1. De igual manera en las fuentes de llamada en las centrales se adiciona a la lista la probabilidad de llegada a cada uno de los 14 municipios.

Es fundamental tener en cuenta que la central NEAX utiliza para su comunicación con las centrales utiliza el componente DTI; por tanto es necesario dentro del nivel de subred de aplicación de la central NEAX crear un nuevo objeto llamado DTI 1 con iguales características al DTI ya creado, para que atienda a las centrales locales. Ver figura 57.

En el área de trabajo principal se observa la comunicación entre la subred centrales y la subred aplicación a través del enlace FIBRA NEAX-CENT, mostrando así la dependencia que tiene este tipo de comunicación del subsistema de Transmisión- recepción.



*Figura 56 Subred Centrales Locales para la iteración 5.*



*Figura 57. Subred Aplicación para la iteración 5.*

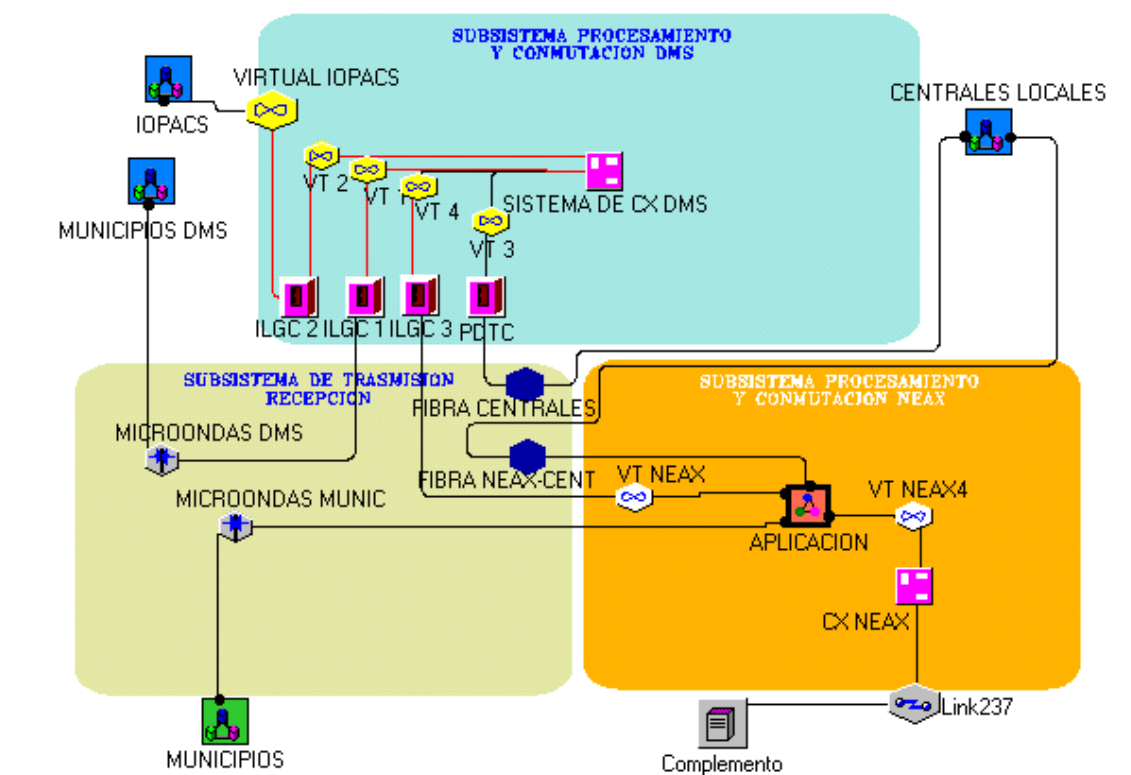


Figura 58. Implementación de la Iteración 5

#### 5.5.4 Flujo de Pruebas

1. Verificación de respuesta a las solicitudes de llamadas. El reporte 5 en el anexo No 3 muestra en un tiempo de simulación de 60 minutos llamadas provenientes de los municipios, y llegando a las centrales locales y viceversa.
2. Verificar las variaciones de condiciones. Se modifica la probabilidad de llegada de una llamada de un destino central local hacia un determinado municipio: Ejemplo. De la central Emtel Santa Clara al municipio de Bolívar, incrementando la probabilidad de llegada en 0.1. Comparando el reporte No 5a con el reporte 5, se observa que el número de llamadas entre estos dos destinos subió de 9 a 53 llamadas; aunque la probabilidad de bloqueo y el porcentaje de utilización del enlace Santa Clara no se afecta gracias a su buena capacidad, el enlace del municipio de Bolívar se aumenta su utilización de 11,73% a 14,29%.

3. La verificación de la integración del sistema no es necesaria para esta iteración por que las centrales poseen otro enlace independiente con la central DMS y la integración entre estas fue probada en la iteración No 2.

#### **5.5.5 Flujo de experimentación**

1. Variación de probabilidad de bloqueo. Se modifican también las probabilidades de bloqueo entre dos determinados destinos variando la capacidad de los enlaces. Se disminuye la capacidad del enlace larga distancia de Santa Clara de 10 E1 a 1E1 y en el reporte No 5b se observa que el porcentaje de utilización se aumenta a 15,79% con respecto al mostrado en el reporte No 5, en el cual era de 1,78%. Por el bajo tráfico en este enlace, no se alcanza a apreciar bloqueo aún con esa reducción.
2. Nuevo servicio. Se adiciona un servicio de video (descrito anteriormente) a la central Santa Clara con un destino cualquiera en la NEAX, que necesita un ancho de banda mayor. En el reporte No 5c comparado con el reporte No 5 se observa que la utilización del enlace Emtel Santa Clara aumenta su utilización a 14,8% debido a este nuevo servicio.

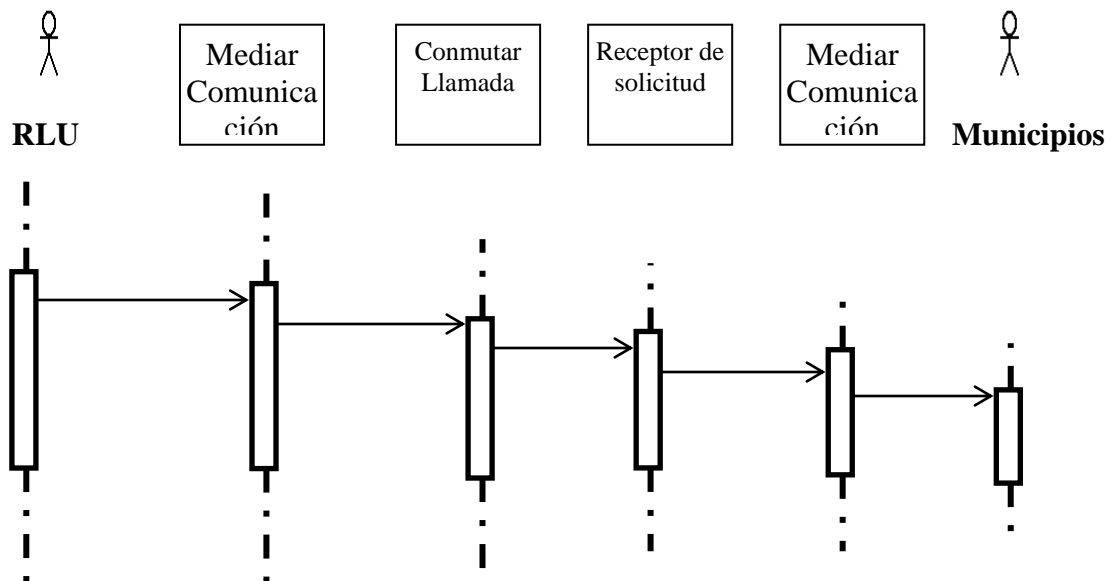
### **5.6 ITERACIÓN 6: PROCESAMIENTO DE LLAMADA A LOS MUNICIPIOS RELACIONADOS CON LA CENTRAL NEAX.**

**5.6.1 Flujo de trabajo análisis.** Para esta iteración se incluirá el actor Municipios NEAX, trabajando con el sistema construido hasta el momento.

**5.6.2 Flujo de trabajo de Diseño.** Basados en la planeación de la iteración No 6. se tendrá entonces el manejo de las unidades remotas de línea (RLU). Llamadas que van desde estos municipios hacia las centrales locales, y demás municipios.

5.6.2.1 Diseño del caso de uso PROCESAMIENTO Y CONMUTACIÓN NEAX. A medida que se avanza en el desarrollo del proyecto surgen nuevos requerimientos. Esta es solamente una muestra de las diferentes interacciones que el actor RLU realiza con los

demás actores hasta el momento implementados. Con los municipios se comunica de la manera que la figura 59 muestra; a través de la clase mediar comunicación se comunica directamente con la clase conmutar llamada, luego con la clase receptor de solicitud, luego nuevamente con la clase mediar comunicación y por último con los municipios.



*Figura 59. Diagrama de Secuencia para la realización de llamadas desde RLU, en el Caso de uso PCN.*

Si el caso fuera una central local, después del conmutador el mensaje lo recibiría la clase Comunicar centrales, luego la clase mediar comunicación y por último la clase centrales locales como actor. Ahora si fuera con la central DMS sería de manera casi idéntica que con las centrales locales, solamente no llevaría la clase mediar comunicación.

## 5.6.2.2 Diseño de una clase

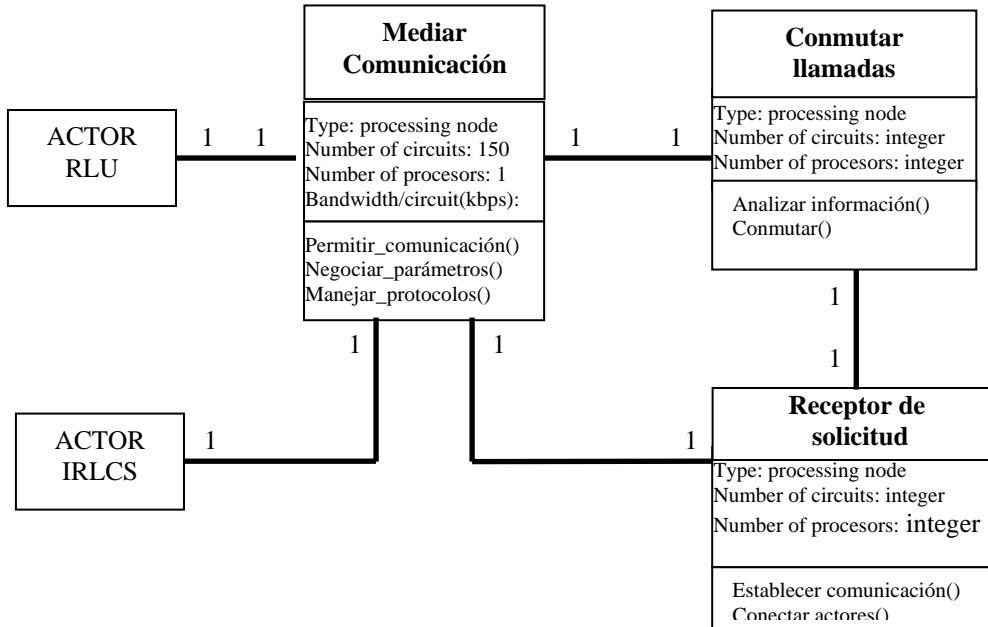


Figura 60. Diagrama de clases para la realización de llamadas desde RLU, en el Caso de uso PCN.

El actor RLU se representa por la composición de dos clases de diseño, las cuales cumplen idéntica función al diseño del actor IOPAC o centrales.

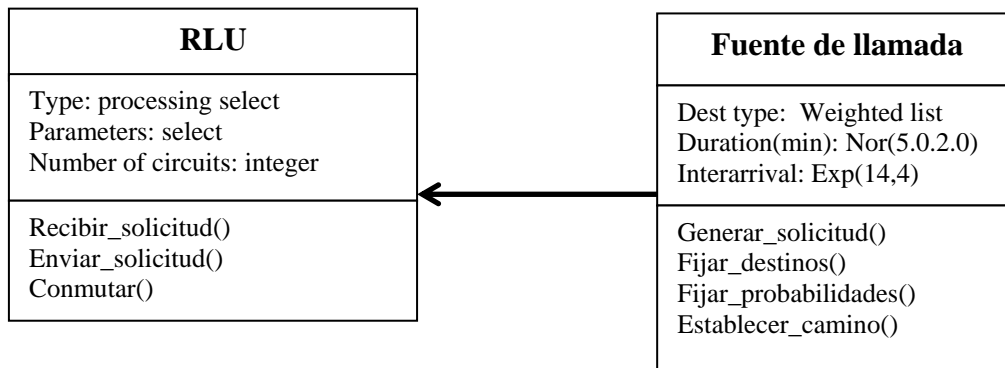


Figura 61. Diagrama de composición de la clase de diseño que representa al actor RLU.

### 5.6.3 Flujo de Implementación.

5.6.3.1 Preparación de la construcción. La implementación de los RLU agrega nuevos destinos posibles de comunicación incrementando los listados en las fuentes de llamada.

- ✓ Implementación Componente RLU. Se realiza con un nodo de procesamiento con las siguientes características:
  - Type: processing node
  - Parameters: IUPAC
  - Number of circuits: 1 de 2048 Mbps.
- ✓ Implementación Componente fuente de llamada. Se definen nuevas fuentes de llamada, los cuales tienen las siguientes características.
  - Dest type: Weighted list Los destinos que se adicionan son las IOPACS, Municipios DMS, Centrales locales y municipios independientes. Ver tabla 1.
  - Duration(min): Nor(x.0.y.0)
  - Interarrival: Exp(x,y)
- ✓ Implementación Componente Equipo Tx-Rx. Para esta iteración un nuevo equipo de transmisión- recepción aparece, juntamente con sus enlaces, los cuales tienen la capacidad dada en la tabla 3, y cuyas características ya han sido dadas en las iteraciones anteriores.

5.6.3.2 Implementación de componentes Para esta iteración se continúa el flujo de implementación adicionando nuevos componentes al área de trabajo. La agrupación de los nuevos municipios NEAX en una subred y el enlace de esta con la subred aplicación a través del enlace Microondas RLU del subsistema de transmisión- recepción, son los nuevos elementos que se agregan al área de trabajo. Ver figura 64.

- ✓ Se crea la subred Municipios NEAX y dentro de ella cinco nodos de procesamiento con cinco fuentes de mensaje que implementan a estos municipios. Las fuentes de mensaje deben tener adicionados todos los destinos posibles hasta ahora según los actores que están interactuando con el sistema hasta el momento y de acuerdo a la tabla 1 y tabla 2.
- ✓ Cada uno de los nodos se conecta a través de un enlace con el Equipo tx-rx del subsistema de transmisión- recepción ubicado dentro de la subred; definiéndose su capacidad según la tabla 3. Ver figura 62.

- ✓ A todas las fuentes de llamada creadas con anterioridad se les adiciona la posibilidad de comunicarse con los municipios NEAX, modificando su parámetro Weighted list.
- ✓ La subred de aplicación debe actualizarse para recibir la nueva conexión, adicionando un nodo de procesamiento llamado RLU, que tiene las mismas características que los RLU de la subred, y que se encarga de dar interfaz a estos con la central NEAX. Ver figura 63.

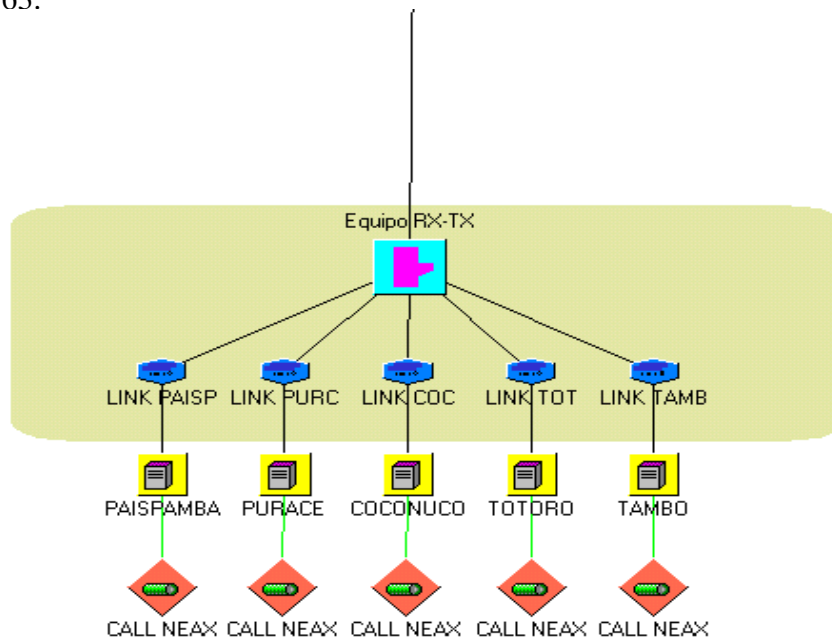


Figura 62. Subred Municipios NEAX

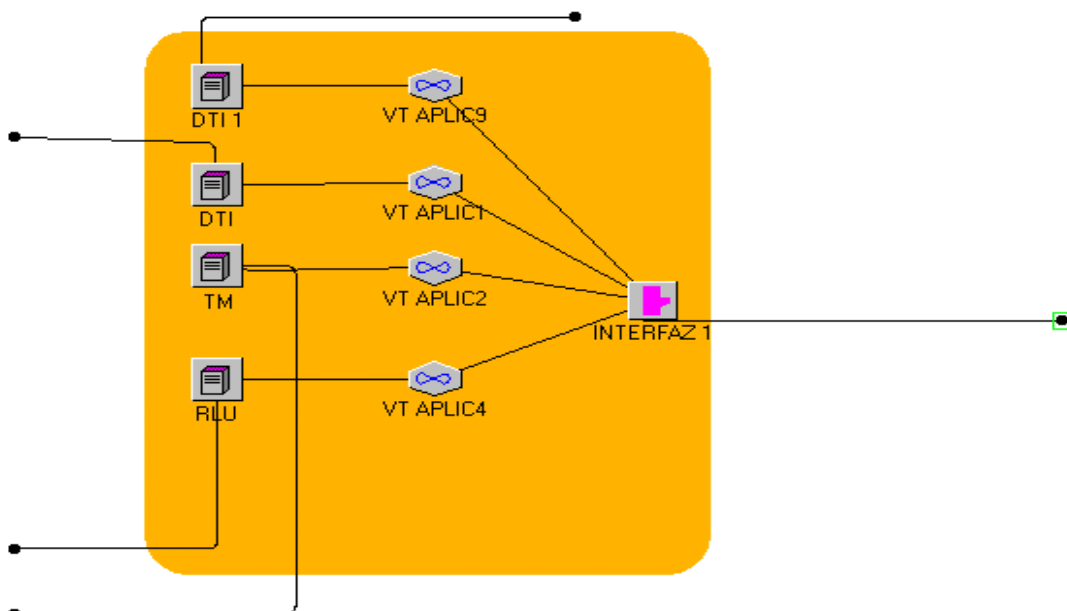




Figura 63. Subred Aplicación en la iteración No 6.

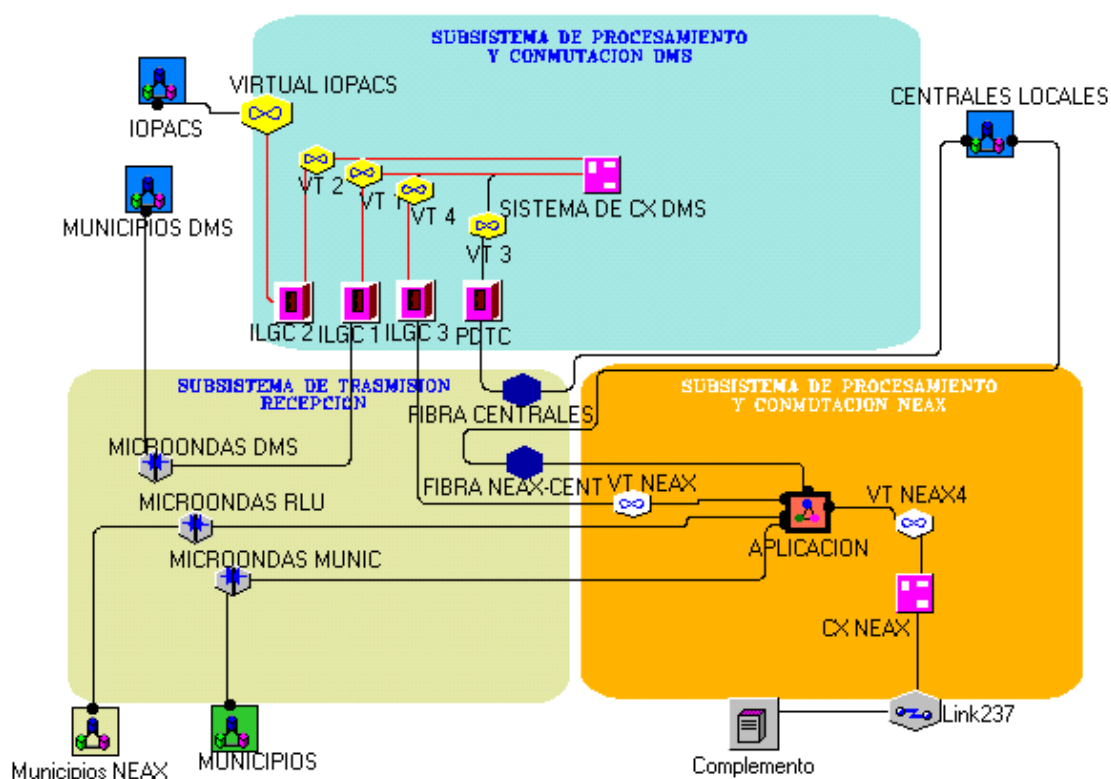


Figura 64. Implementación de la iteración 6.

#### 5.6.4 Flujo de Pruebas

- 1 Verificación de respuesta a las solicitudes de llamadas. El reporte No 6 en el anexo No 3 muestra llamadas provenientes de los municipios NEAX, y llegando a las centrales locales, municipios, distintos destinos en el subsistema enrutamiento de llamada local y también provenientes de estos hacia los RLU.
- 2 Verificar las variaciones de condiciones. Se modifica la probabilidad de llegada de una llamada de uno de estos pueblos NEAX a una central. Ejemplo del municipio del Tambo a la central Emtel Centro, aumentando la probabilidad de llegada a ese destino en 0.1. En el reporte No 6a comparado con el reporte 6 se observa el aumento en el No de llamadas del Tambo con destino Emtel Centro de 4 a 8 llamadas.

- 3 Verificación de la integración del sistema. En el reporte No 6 se observa llamadas realizadas desde los municipios NEAX hacia destinos en el subsistema de enrutamiento de llamada local y viceversa comprobando así la buena vinculación de estos al modelo de simulación.

#### **5.6.5. Flujo de experimentación.**

- 1 Variación de la probabilidad de bloqueo. Se modifican también las probabilidades de bloqueo entre dos determinados destinos variando la capacidad de los enlaces. Se disminuye la capacidad de un enlace con los municipios NEAX y se puede observar en el reporte No 6d como se aumenta el porcentaje de utilización del mismo y la probabilidad de bloqueo. Para este reporte se ha variado la capacidad del enlace del municipio del Tambo de 1 E1 a 15 circuitos de 64 kbps, y se observa en el reporte que la utilización del enlace aumentada en 83,52% y la probabilidad de bloqueo a 0,21 con respecto al reporte No 6, teniendo así 28 llamadas perdidas.
- 2 Nuevo servicio. Se adiciona el servicio de video ya trabajado, al municipio del Tambo, con destino por ejemplo al IRLCS Piendamó en el subsistema de enrutamiento de llamada local. En el reporte No 6c se muestra el aumento del porcentaje de utilización del enlace a 84,94% y un aumento de la probabilidad de bloqueo a 0,09 con 14 llamadas perdidas, cuando se envía esta fuente al municipio de Piendamó en la DMS; así también se esta corroborando la integración de la central DMS con la central NEAX..

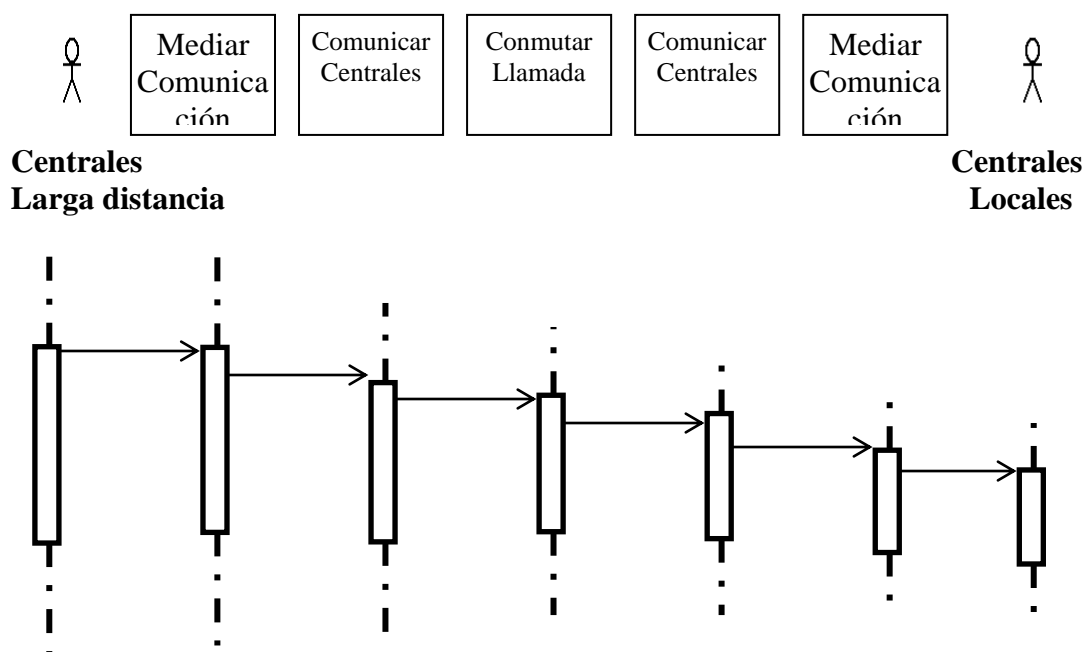
### **5.7 ITERACIÓN 7: PROCESAMIENTO DE LLAMADA DESDE Y HACIA LAS CENTRALES LARGA DISTANCIA.**

**5.7.1 Flujo de trabajo análisis.** Con base en la planeación hecha en la fase de elaboración, esta es la última iteración de la fase de construcción, donde se hará también las últimas pruebas de integración de sistema.

**5.7.2 Flujo de trabajo de Diseño.** En esta iteración se diseñará la forma de llamada hacia destinos fuera del departamento del Cauca, las centrales larga distancia ubicadas en la

ciudad de Cali y Pasto. Solicitudes de llamada que vienen y van hacia estas centrales, desde los diferentes actores hasta ahora implementados.

#### 5.7.2.1 Diseño del caso de uso PROCESAMIENTO Y CONMUTACIÓN NEAX.

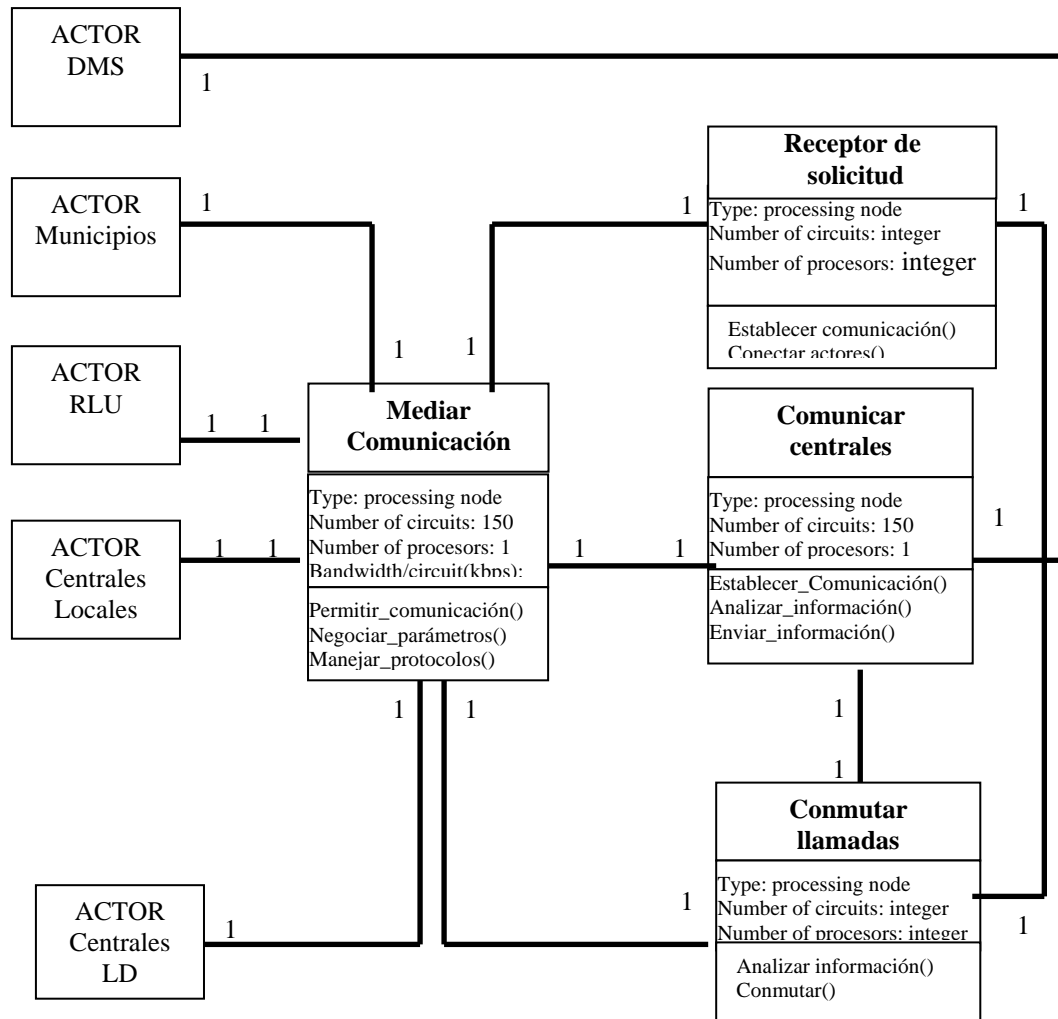


*Figura 65. Diagrama de Secuencia para llamadas de las centrales larga distancia, en el Caso de uso PCN.*

Este es quizá el principal enrutamiento que realiza el caso de uso procesamiento de llamada larga distancia, que implica la comunicación con el resto del país. En el diagrama anterior se muestra la comunicación de las centrales larga distancia con las centrales locales. Una solicitud entrante llega a través de la clase mediar comunicación, a la clase comunicar centrales, luego va a la clase Conmutar llamadas, luego a otra instancia de la clase comunicar centrales, nuevamente a otra instancia de la clase mediar comunicación y finalmente a la central local correspondiente. Con los demás actores la comunicación varía según la forma como se accede a los actores. Ejemplos para los municipios no iría a la clase comunicar centrales sino a la clase Recibir y enviar solicitud y luego sí a la clase mediar comunicación. Para un destino en la central DMS se suprimiría la clase mediar comunicación y directamente se enviaría la información a la clase receptor de solicitud del

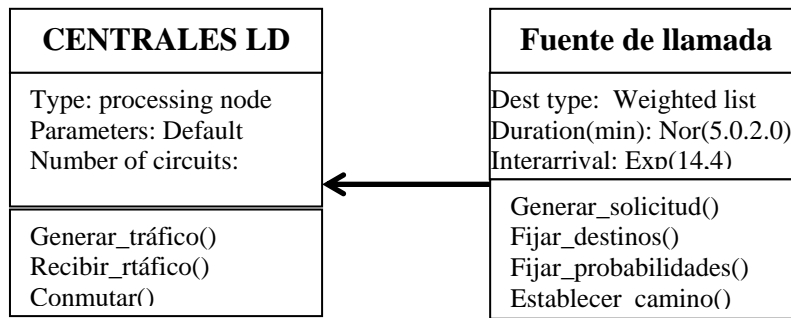
subsistema enrutamiento de llamada local. Para un destino municipio NEAX igualmente se suprime la clase Comunicar centrales.

### 5.7.2.2 Diseño de clases.



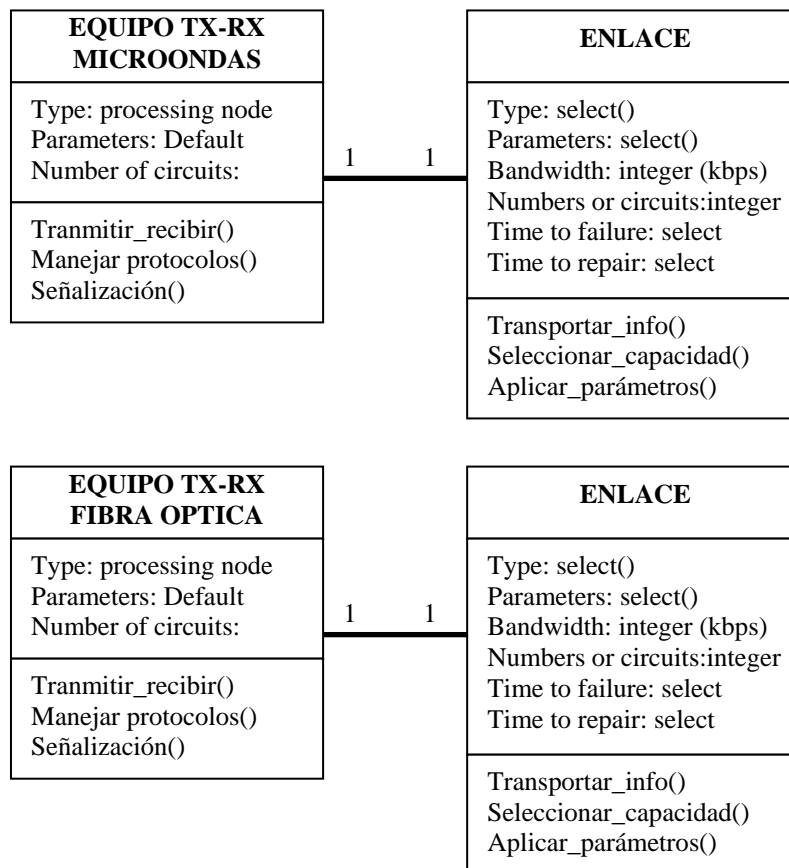
*Figura 66. Diagrama de clases para el enrutamiento de llamadas hacia las centrales larga distancia, en el Caso de uso PCN.*

El actor Centrales larga distancia igual que en el caso del actor Centrales se compone de dos clases de diseño. Una clase que es el nodo de convergencia de llamada y la otra la clase de diseño fuente de llamada.



*Figura 67. Diagrama de composición de la clase de diseño centrales larga distancia.*

Para esta instancia la clase mediar comunicación que pertenece al subsistema transmisión-recepción, sí varía su composición, porque se agrega otra clase de diseño que representa la comunicación por fibra óptica que existe para este enlace larga distancia. Por lo tanto para comunicarse con estos actores la central NEAX cuenta con dos caminos disponibles, lo cual no ocurre para con ninguno de los otros actores.



*Figura 68. Diagrama de composición de la clase de diseño Mediar comunicación en llamadas desde las centrales LD.*

### 5.7.3 Flujo de Implementación.

5.7.3.1 Preparación de la construcción. Con esta implementación se finaliza la fase de construcción; solamente queda por implementar los actores centrales larga distancia, los cuales varían con respecto a los demás por tener doble camino de comunicación con la central NEAX.

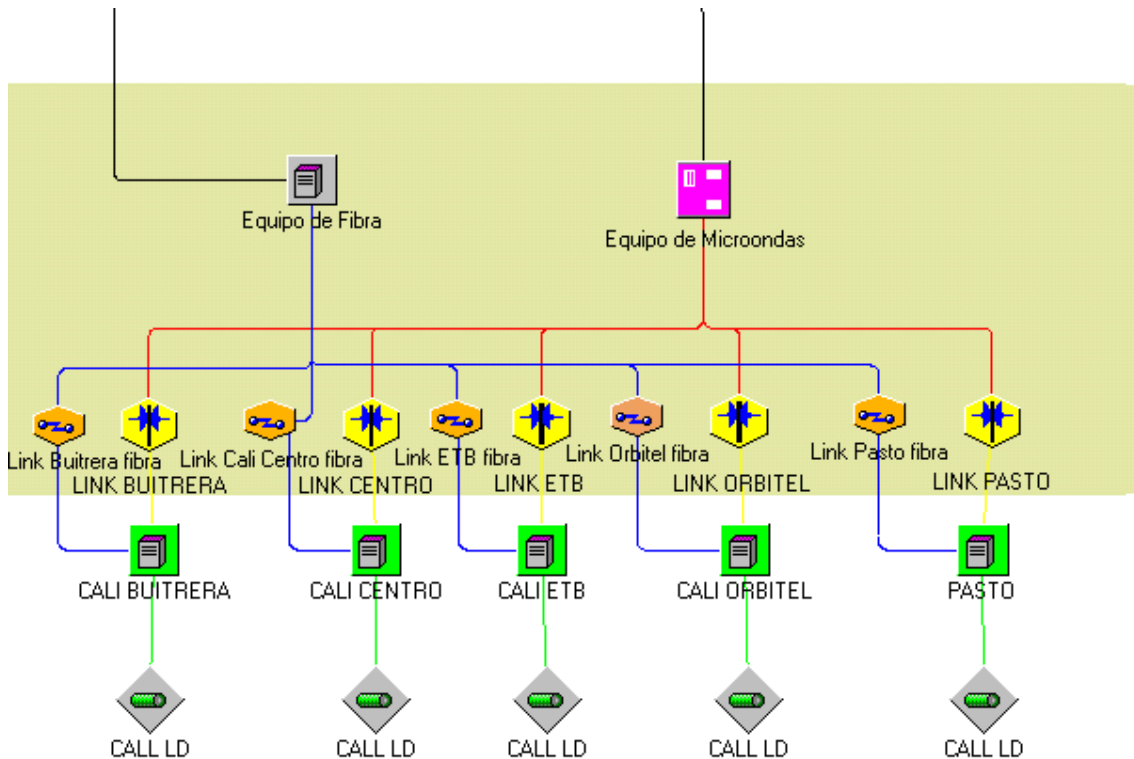
- ✓ Implementación de componente central larga distancia. Se realiza con un nodo de procesamiento que tiene los siguientes atributos:
  - Type: processing node
  - Parameters: default
  - Number of circuits: 150 de 10Mbps
- ✓ Implementación de componente fuente de llamada. Estas fuentes de llamadas se conectan a las centrales larga distancia y contienen los siguientes atributos.
  - Dest type: Weighted list Los destinos que se adicionan son las IOPACS, Municipios DMS, Centrales locales municipios NEAX y municipios independientes. Ver tabla 1 y 2 para los datos de probabilidad de destino, duration e Interarrival..
  - Duration(min): Nor(x.0.y.0)
  - Interarrival: Exp(x,y)
- ✓ Implementación de componente Equipo tx-rx Microondas. Se realiza con un nodo de procesamiento de las siguientes características:
  - Type: processing node
  - Parameters: se crea uno nuevo que soporte la capacidad de los enlaces de microondas de las centrales.
  - Number of circuits: 480 de 64K
- ✓ Implementación de componente Equipo tx-rx Fibra. Se realiza con un nodo de procesamiento de las siguientes características:
  - Type: processing node
  - Parameters: se crea uno nuevo que soporte la capacidad de los enlaces de fibra de las centrales.
  - Number of circuits: 260 de 64K

- ✓ Implementación de componente Enlace. Tiene dos objetos uno para comunicarse con el equipo de microondas y otro para comunicarse con el equipo de fibra. Sus características son:
  - Type: Point to Point
  - Parameters: se crea un nuevo parámetro de acuerdo a la capacidad del enlace con cada central y se le da un nombre Ver tabla 3.
  - Numbers or circuits: Según la central es el número de circuitos
  - Bandwidth: 2048 (kbps)
  - Time to failure: none
  - Time to repair: none.

5.7.3.2 Implementación de componentes. Para esta iteración se suprime el nodo complemento que se estaba utilizando, porque todos los destinos quedan ya disponibles. Se realiza la implementación de las centrales locales y se integra su funcionamiento a las otras construcciones, quedando así también los tres subsistemas implementados en su totalidad.

- ✓ Implementación del componente centrales LD. Se crea una subred llamada Subred Centrales LD, dentro de la cual se colocan cinco nodos de procesamiento que representan las centrales larga distancia.
- ✓ Conectados a los anteriores se implementan las fuentes de llamada a cada uno de ellos con base en la tabla 1, que contienen los parámetros necesarios. Además se actualizan los destinos posibles en el parámetro Weighted list de acuerdo a las probabilidades mostradas en la tabla 1.
- ✓ Implementación del componente Equipo Tx-Rx. En la subred se debe hacer diferenciación de dos equipos: el de microondas y el de fibra, gracias a las dos posibilidades que existen para comunicarse con las centrales larga distancia. Cada uno de ellos se conecta a través de un enlace a las centrales, para los cuales está definida su capacidad en la tabla 3. Ver figura 69. La parte sombreada en la figura muestra que estas dos secciones forman parte del subsistema de transmisión- recepción.

- ✓ La capacidad que se da a estos equipos Tx-Rx es de acuerdo a la capacidad de los enlaces que se ha establecido con las centrales. Para el equipo de fibra es de 260 canales de 64 Kbps y para el equipo de microondas es de 480 canales de 64 Kbps.
- ✓ En el área de trabajo principal aparece la Subred Centrales LD que se conecta al subsistema de procesamiento y conmutación NEAX a través de los enlaces FIBRA NX-LD y MICRONDAS NX-LD, representando los dos caminos de comunicación; estos enlaces se conectan directamente al conmutador de la central para que encamine al destino correspondiente. Ver figura 70.
- ✓ Las fuentes de llamadas de los otros actores que ya fueron implementados deben actualizar su parámetro Weighted list, adicionando la posibilidad de conectarse con las centrales larga distancia, de acuerdo a la probabilidad dada en la tabla 1.



*Figura 69. Subred Centrales Larga distancia.*



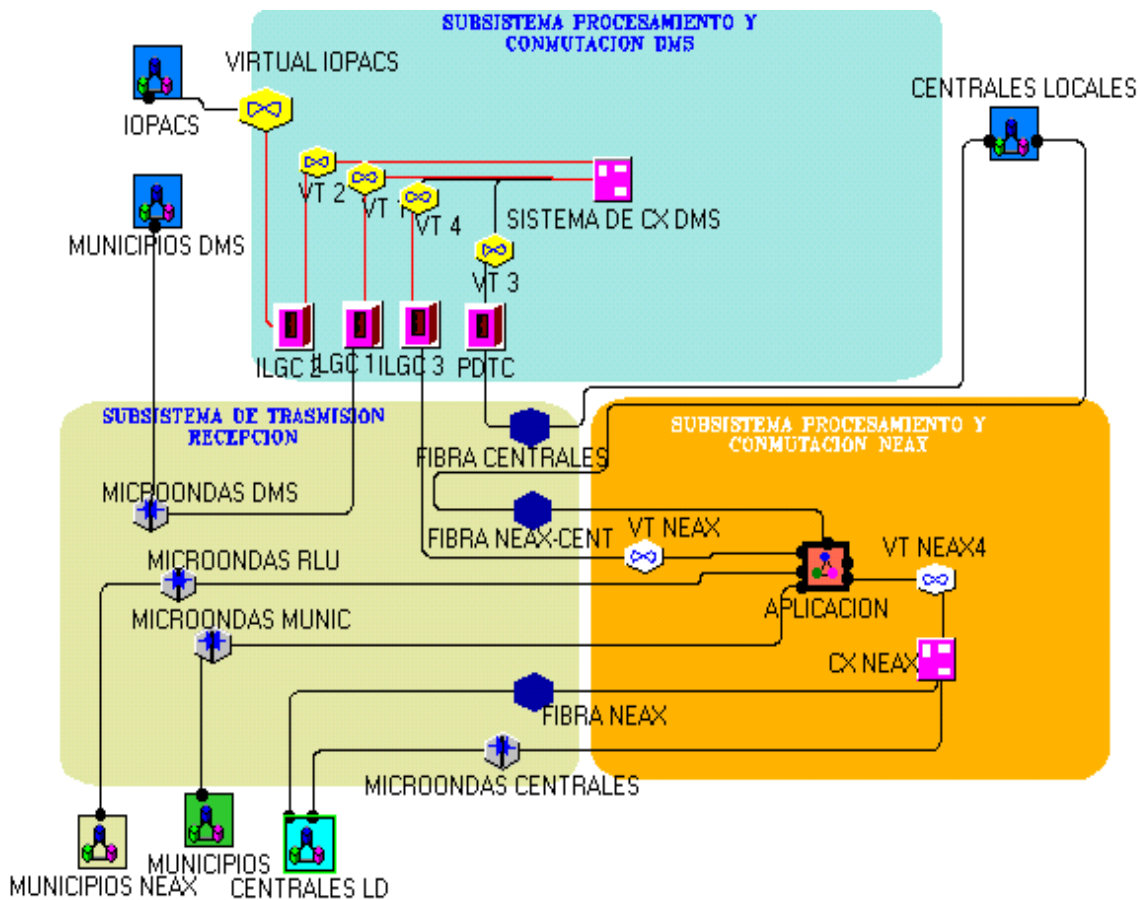


Figura 70. Implementación de la iteración 7.

#### 5.7.4 Flujo de Pruebas

1. Verificación de respuesta a las solicitudes de llamadas. El reporte No 7 en el anexo No 3 se muestra llamadas provenientes de las centrales larga distancia llegando a las centrales locales, municipios, Distintos destinos en el subsistema enrutamiento de llamada local y municipios NEAX.
2. Verificar las variaciones de condiciones. Se modifica la probabilidad de llegada de una llamada de un destino central larga distancia hacia uno de los municipios ya mencionados: Ejemplo. De la central Cali Buitrera al municipio de Bolívar. En el reporte No 7a se observa el incremento de llamadas entre esos dos destinos de 9 a 49 llamadas.

3. Verificación de la integración del sistema. En el reporte No 7 se observa llamadas realizadas desde las centrales larga distancia hacia destinos en el subsistema de enrutamiento de llamada local y viceversa. Ejemplo. De la central Pasto al municipio de Coconuco. Además también se observa esta integración en sentido contrario; llamadas del municipio de Piendamó en el subsistema de enrutamiento de llamada local, alcanzando los destinos larga distancia.
4. Pruebas de sistema. Una vez terminada la construcción se puede observar la red en su totalidad trabajando. Los resultados se encuentran consignados en el reporte No 8. Adicionalmente se puede observar la red trabajando en hora pico y los resultados están consignados en el reporte No 9, donde se observa el incremento en la cantidad de llamadas hechas entre los distintos destinos y el aumento en la utilización de los enlaces, probabilidades de bloqueo y llamadas perdidas, con respecto al reporte No 7.

#### **5.7.5 Flujo de experimentación.**

1. Variación de la probabilidad. Se modifican también las probabilidades entre dos determinados destinos para generar bloqueo y se varia la capacidad de los enlaces. Se disminuye la capacidad de los enlaces larga distancia tanto el de fibra como el de microondas y se observa el aumento en su utilización y probabilidad de bloqueo en el reporte 7b. Ejemplo: comunicación de Pasto a IOPAC Mirador. El porcentaje de utilización del enlace con Pasto por fibra subió de 0,63% a 3,7% y el enlace con pastos por microondas subió de 0,85% a 4,49%. Así también el enlace con la IOPAC Mirador aumentó su porcentaje de utilización a 90,62%, provocando alta probabilidad de bloqueo.
2. Nuevo servicio. Nuevamente conectando una fuente de servicio de video proveniente por ejemplo de Pasto y dirigiéndose a Piendamó se observa en el reporte 7C el aumento del porcentaje de utilización del enlace de fibra a 3,07% y el de microondas a 1,25%. Así también el enlace con la IRLCS Piendamó a 51,96%. El porcentaje de utilización en el enlace con Pasto es bajo debido a la buena capacidad que tiene este. Sin embargo es notable el aumento del porcentaje, mostrándose así la influencia del nuevo servicio.