



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**MODELO DE PREDICCIÓN DE
TRÁFICO DE VOZ EN TELEFONÍA
MÓVIL**

Autor: Jiménez Dariana
C.I:24.474.272

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES**

**MODELO DE PREDICCIÓN DE TRÁFICO DE VOZ EN TELEFONÍA
MÓVIL**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES

Autor:

Jiménez Dariana C.I: 24.474.272

Tutor:

Ing. Rainier Blanco

San Diego, octubre de 2019.



FI-T -004 -2019-2CE

Valencia, 18 de Julio de 2019

Ciudadanos:
Dariana Jiménez
C.I:24.474.272
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 01-2019 de fecha 18-07-2019 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **MODELO DE PREDICCIÓN DE TRAFICO DE VOZ EN TELEFONÍA MÓVIL** Presentado por usted como requisitos para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones.

Se ratifica la designación del Ing. Ranier Blanco C.I:11.556.607 y la Ing. Alicia De Pizzela C.I: 4.598.880 como Tutores Académicos y Metodológicos que los asesoraran en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Prof. Luis Lira

Decano de la Facultad de Ingeniería



c.e. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

L/lc



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ing. Rainier Blanco, portador de la cédula de identidad N°11.556.607, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por la ciudadana Dariana Jiménez, portadora de la cédula de identidad N° 24.474.272, titulado **MODELO DE PREDICCIÓN DE TRÁFICO DE VOZ EN TELEFONÍA MÓVIL.**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero de Telecomunicaciones, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 02 días del mes de octubre del año dos mil diecinueve.

Ing. Rainier Blanco
C.I.: 11.556.607

AGRADECIMIENTO

Jiménez A., Dariana N.

Le agradezco a Dios, por llenarme de oportunidades, darme los mejores regalos que la vida puede dar, abrirme caminos, guiarme, y darme luz en los momentos que he necesitado.

A mi tutor Rainier Blanco, por su asesoría, apoyo y tiempo invertido, así como a los demás profesores que hicieron parte de mi formación. A Yaismil Villamizar, por su amistad y dedicarme parte de su tiempo en culminar este trabajo. A Carlos Arias, y Alexander Arellano por su apoyo.

A la Universidad de Carabobo, por ser la base e inicio de esta historia, a la Universidad José Antonio Páez por ayudarme a culminarla.

A los compañeros que estuvieron en algún momento de este camino, mis amigos, futuros colegas, los que desde hace tanto luchamos por lograr este sueño. Gracias por estar ahí. En especial mis amigos: Reyes, Samuel, Andreina, Humberto, Fernando, Yorfrank, Yueng, Eliud, Ramon, sin saberlo han significado mucho en cada etapa del camino.

A quienes están en la distancia, pero siempre presente, esas personas que han añadido valor a mi vida y siempre tendrán un lugar en mi corazón, en especial a mis amigos: Eladio, Mariluz, Michelle, Joely y Ángel.

Gracias a mi familia, por hacer de mi lo que hoy soy, darme valores, apoyo, incondicionalidad, acompañarme en alegrías y tristezas, por demostrarme lo sana y hermosa que una familia puede ser, tíos, primos, abuelos.

A mi novio, Luis Aurelio, por ser pieza fundamental, por apoyarme, acompañarme, quererme y ser el más oportuno llegando en el momento indicado a mi vida, ayudándome cada día de cualquier forma posible. Gracias mi amor.

A mi hermana Daniela, que estando aquí, o en la distancia, significa para mí más que una motivación más para seguir adelante y lograr esta meta, parte de mi corazón está junto a ti.

Finalmente, a mis padres, ya que sin ellos nada sería posible, por ser mi pilar y ejemplo, enseñarme y guiarme, por esforzarse cada día, luchar incansablemente, y darme su apoyo incondicional para llegar a donde hoy estoy. Gracias, los amo.

DEDICATORIA

Jiménez A., Dariana N.

A Carmen, mi madre,
por darnos su infinito amor y ser todo lo que una madre debe ser.

A Frank, mi padre,
por darme la mejor versión de la vida y apoyarme en todo momento.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pp.
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
RESUMEN INFORMATIVO	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del problema.....	8
1.3. Objetivos	8
1.3.1 Objetivo General.....	8
1.3.2 Objetivos Específicos	8
1.4 Justificación de la Investigación.....	8
1.5 Alcance	9
1.6 Limitaciones	9
II MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la investigación	10
2.2 Bases teóricas	12
2.2.1 Sistema telefónico.....	12
2.2.2 Tráfico Telefónico	14
2.2.3 Modelos de tráfico	20
2.3 Bases Legales	24
2.4 Definición de términos básicos	25
III MARCO METODOLÓGICO	
3.1 Tipo de investigación	27
3.2 Diseño de la investigación.....	27
3.3 Nivel de la investigación	28
3.4 Población y muestra	29
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos	30
3.5.1. Observación directa	30
3.5.2. Entrevista	30
3.6 Fases de la Investigación.....	31

IV RESULTADOS

4.1. Fase I. Diagnóstico de las razones del congestionamiento por tráfico de voz en troncales telefónicas. 32

4.2. Fase II. Identificación de las variables y formulas estadísticas que definen del tráfico de voz. 37

4.3. Fase III. Elaboración del modelo de predicción de tráfico de voz en telefonía móvil basado en análisis estadísticos 40

CONCLUSIONES 47

RECOMENDACIONES 49

REFERENCIAS 50

ANEXOS 52

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Suscriptores de telefonía móvil en Venezuela (2017-2018).....	5
Figura 2. Distribución del mercado de telefonía móvil en Venezuela.....	5
Figura 3. Tráfico de voz originado en telefonía fija local, telefonía móvil y mensajes de texto en Venezuela (2017-2018)	6
Figura 4. Concepto de tráfico.....	14
Figura 5. Tráfico telefónico diario.	17
Figura 6. Distribución de Poisson.....	22
Figura 7. Modelo Erlang-C.....	27
Figura 8. Datos Caso 1.....	41
Figura 9. Gráfico canales solicitados vs en servicio Caso 1.	42
Figura 10. Gráfico Cap. ofrecida vs Cap. solicitada de Datos Caso 1.....	42
Figura 11. Probabilidad de Bloqueo y Espera de Datos Caso 1.....	43
Figura 12. Datos Caso 2.....	43
Figura 13. Probabilidad de Bloqueo y Espera de Datos caso 2.	44
Figura 14. Probabilidad de Bloqueo de Datos Caso 3.1.	44
Figura 15. Probabilidad de Bloqueo de Datos Caso 3.2.	44

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Entrevista.	33
Tabla 2. Entrevista.	34
Tabla 3. Entrevista.	35
Tabla 4. Datos para ajuste de probabilidad de Poisson.	39
Tabla 5. Ajuste de probabilidad de Poisson.	39



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

MODELO DE PREDICCIÓN DE TRÁFICO DE VOZ EN TELEFONÍA MÓVIL

Autor:

Jiménez A. Dariana N.

Tutor: Ing. Rainier Blanco

Fecha: octubre 2019

RESUMEN

La siguiente investigación estará desarrollada en 3 fases metodológicas y tiene como objetivo general, elaborar un modelo de predicción y análisis de tráfico de voz para operadoras de telefonía móvil, con la finalidad de facilitar la elaboración de reportes y el control de calidad del servicio, estudiando el tráfico mediante análisis estadísticos con datos aleatorios basados en el comportamiento de estadísticas reales, ya que no se puede predecir cuándo un abonado iniciará y terminará una llamada. Se puede establecer mediante observaciones, que tan probable es que las llamadas sean bloqueadas o queden en espera dependiendo del tráfico y la capacidad ofrecida. Se destacarán conceptos como la distribución de Poisson y el “Erlang” como medida de dicho tráfico. Por otra parte, este estudio contribuirá a las compañías telefónicas a evitar la pérdida de clientes debido a servicios ineficientes por la posibilidad de mejora de los mismos, lo que a su vez se entiende como un aporte social a los clientes quienes podrían obtener comunicaciones con menos limitación.

Descriptores: Tráfico telefónico, Erlang, Tráfico de voz, Telefonía.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de telefonía móvil están orientados a proporcionar servicios de voz, (aunque no exclusivamente), presentándose como un factor importante la participación del tráfico telefónico. Según Carrión Hugo, (2012) el tráfico es, en esencia, el tiempo de ocupación de los equipos de telecomunicaciones que realiza el usuario para lograr comunicarse, por esta razón cuando se optimiza una red celular, la evaluación de tráfico de voz en operadoras de telefonía móvil juega un papel muy importante al momento de planificar redes, diseñar soluciones y dimensionar equipos.

El tráfico depende de los usuarios, pero, es responsabilidad de la empresa, contar con los caminos adecuados para lograr éxito en la comunicación, es decir, los diseños en las instalaciones telefónicas deberían poseer probabilidades de comunicación efectiva muy altas.

En este sentido, conocer el tráfico brindará la posibilidad de evaluar la calidad de comunicación, teniendo en cuenta que el correcto uso de un sistema de telecomunicaciones no solo tiene relevancia en el ámbito técnico, sino también consecuencias en el ámbito económico y social. Para tal fin, existen modelos habitualmente utilizados para el dimensionado y evaluación de sistemas de telefonía móvil, modelos matemáticos y estadísticos que nos ayudarán con su caracterización, así como la presencia del **“Erlang” como unidad de medida estadística del volumen del tráfico.**

Realizar estudios en este ámbito lleva a la búsqueda de soluciones, las cuales estén destinadas a mejorar un servicio y disminuir el colapso de las redes a través del comportamiento de las variables de tráfico y reflejando estos resultados en atender con mayor énfasis las debilidades que sean vistas en el sistema.

Para alcanzar el objetivo, el trabajo de grado se encuentra integrado en cuatro (4) capítulos.

En el **Capítulo I** se abordará el planteamiento del problema, donde se indican las situaciones ideales, actuales y las causas del problema, los objetivos específicos de la investigación, la justificación, alcance y limitaciones, que presentará el proyecto.

A continuación, en el **Capítulo II**, se hará referencia a las investigaciones y proyectos de la misma índole que se hayan hecho con anterioridad, así como también las bases teóricas las cuales se presentan como un soporte en la realización del proyecto para sustentar teóricamente el estudio.

Más adelante, en el **Capítulo III**, se describirá la metodología utilizada para realizar el proyecto, el tipo de investigación y el procedimiento, constanding además de 3 fases a seguir para lograr cumplir los objetivos planteados en la investigación.

Finalmente, el **Capítulo IV** estará conformado por los resultados mediante el desarrollo de las fases metodológicas, donde se describirán las actividades llevadas a cabo para el cumplimiento de los objetivos.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La telecomunicación como sistema comienza a partir del siglo XIX, convirtiéndose en un sector que posee relevante importancia a nivel mundial como base fundamental en las relaciones, siendo el teléfono y la telefonía (cableada, celular, inalámbrica, entre otros), quienes revolucionaron los sistemas de telecomunicaciones, con una posibilidad de transmisión y alcance mucho mayor a las de sus antecesores, permaneciendo en la actualidad con el desarrollo de ideas, tecnologías e innovaciones, orientados a brindar cada vez más satisfacción a los suscriptores de este servicio.

De este modo, el campo de la telefonía exige un servicio óptimo en su funcionamiento, ya que existe un canal telefónico en el cuál la ocupación de éste debe ser adecuada y no ocasione deterioro en la calidad de la comunicación, teniendo en cuenta que a través del tiempo el crecimiento de suscriptores no se detiene. Esa "ocupación" del canal es conocida como tráfico telefónico y su intensidad es medida en "Erlang", llamado así después que el matemático A.K Erlang se convirtiera en la primera persona en abordar el problema de las redes telefónicas y fundara la teoría del tráfico en 1917, que, a pesar de ser considerado un modelo sencillo, los estudios matemáticos para este campo en la actualidad todavía están basados en ese trabajo.

UIT-T, sector de normalización de las telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) expresa en su recomendación E.501, de la serie E, con respecto a la estimación del tráfico ofrecido, que para planificar el desarrollo de la red deben estimarse magnitudes a partir de medidas efectuadas y que estas magnitudes se estiman normalmente a partir de medidas de tráfico cursado y los intentos de llamada en la hora cargada, pero hay varios factores que quizás haya que tener en cuenta en los procedimientos de medida y estimación, como cuando persisten

niveles elevados de congestión durante un periodo prolongado (muchos días), es posible que algunos usuarios eviten efectuar llamadas durante el periodo congestionado de cada día. Esta reducción aparente del tráfico ofrecido se denomina tráfico suprimido, y debe tenerse en cuenta en la planificación pues el tráfico ofrecido aumentará cuando se amplíen los equipos.

Por otra parte, la industria de las telecomunicaciones en Venezuela tomó grandes impulsos desde de inicios del siglo pasado, adaptándose e implementando las mejoras en el sector, y actualmente según cifras del ente regulador de telecomunicaciones CONATEL, para los años 2017-2018 se estiman 65 líneas en uso del sistema de telefonía móvil por cada 100 habitantes, contando con más de 20 millones de suscriptores. Así mismo, según estas cifras se estima también que el tráfico de voz presente en telefonía móvil supera al originado en telefonía local.

En la actualidad las operadoras del país tratan a través de una supervisión continua, mantener la calidad en las comunicaciones de voz, pero la falta de inversión y mantenimiento, pueden originar que estas compañías telefónicas presenten dificultades para ofrecer un servicio óptimo y de calidad, generando como consecuencia que los clientes deban experimentar el colapso y congestionamiento de las redes por el alto tráfico que se presenta debido a la poca capacidad en los canales existentes, si esto sucede, la operadora no está cumpliendo con su responsabilidad al no invertir de la forma correcta en la ampliación de estos, ya conociendo que determinados grupos troncales se encuentran congestionados.

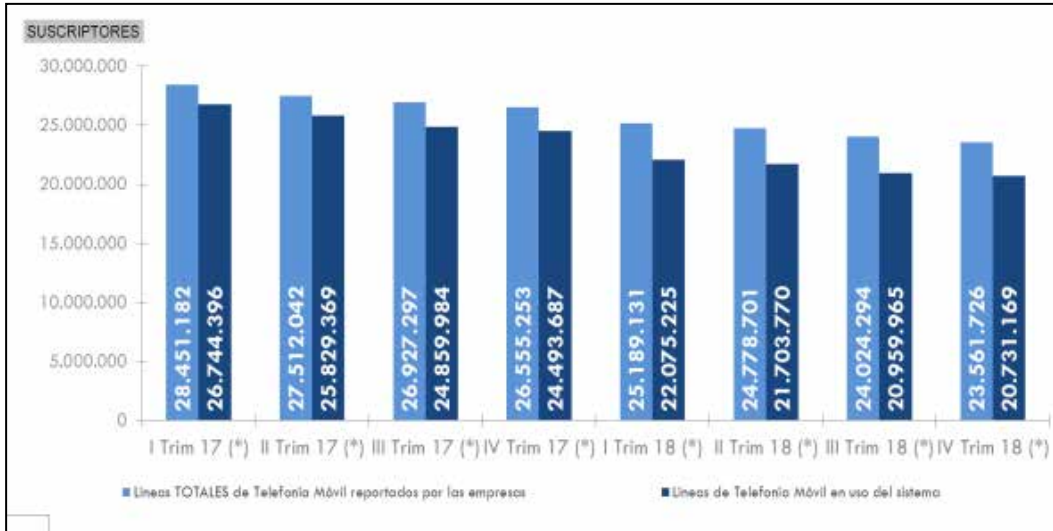


Figura 1. Suscriptores de telefonía móvil en Venezuela (2017-2018)
Fuente: CONATEL

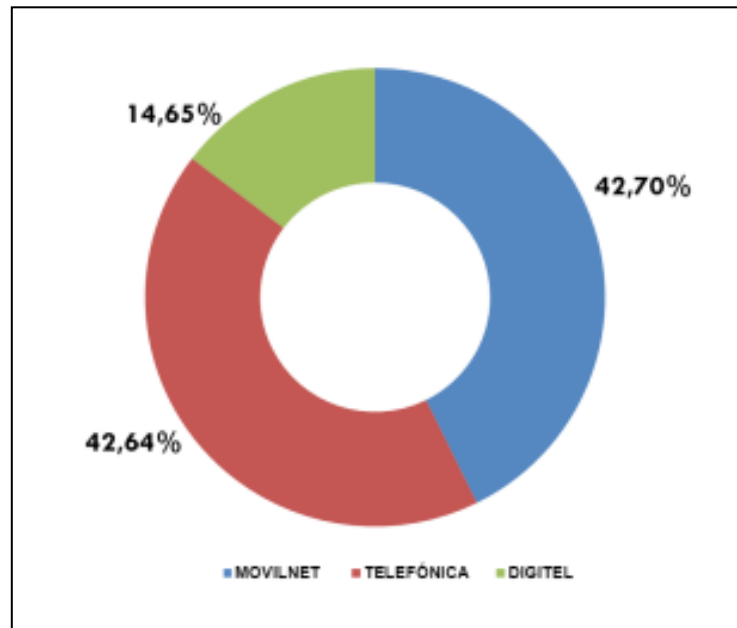


Figura 2. Distribución del mercado de telefonía móvil en Venezuela (2017-2018)
Fuente: CONATEL

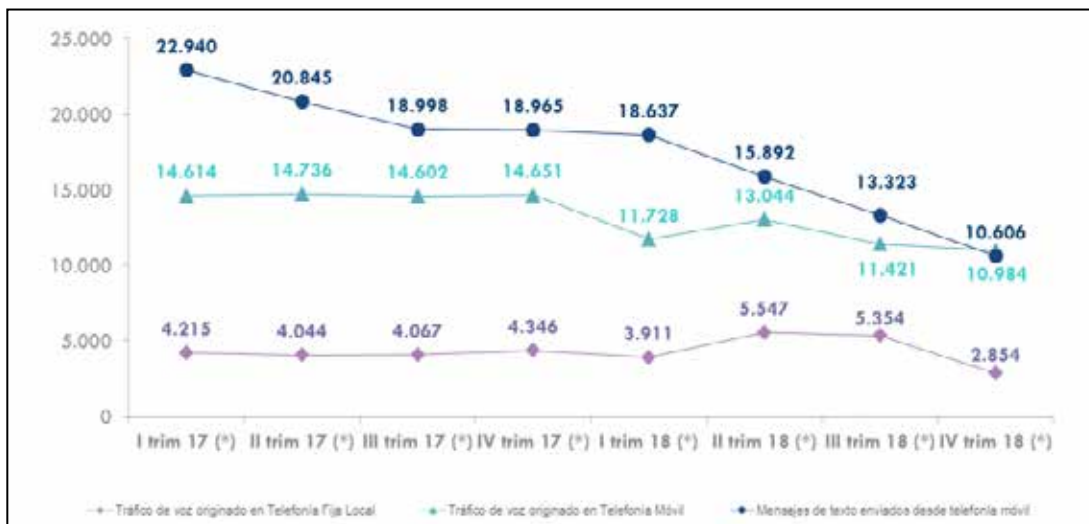


Figura 3. Tráfico de voz originado en telefonía fija local, telefonía móvil y mensajes de texto en Venezuela (2017-2018)

Fuente: CONATEL

El factor del tráfico es medible en términos de tiempo, el cual depende del número de comunicaciones y de la duración de las mismas. Se debería entonces, poseer un conocimiento que se administre al estudio del tráfico y estadísticos que permitan observar su comportamiento y combatir la problemática, adoptando medidas que se orienten a disminuir las incapacidades de la red para atender las necesidades de comunicación y del comportamiento de los usuarios, proporcionando una plataforma capaz de soportar la demanda. Se puede deducir entonces, que un problema particular en el diseño de una red de comunicaciones es determinar cómo conectar cada par de centrales con el número óptimo de circuitos (canales) de interconexión, sin sobredimensionar ni subdimensionar ninguno de ellos.

Cuando se va a instalar una central de conmutación, esta, debe estar dotada con una determinada cantidad de circuitos telefónicos o canales suficientes para llevar todo el tráfico generado por los usuarios que demandan el servicio, para evitar, hasta donde sea posible pérdidas por insuficiencia de circuitos o troncales. En Ingeniería de tráfico telefónico se le denomina “Troncal” a un circuito que lleva una llamada telefónica.

Para proporcionar un buen servicio, el sistema debe poseer los medios o recursos adecuados en donde los operadores deberán estructurar la red a través de la teoría del tráfico con un número limitado de trayectorias de conexión, prestando atención a aquellos elementos donde se deban dedicar más recursos para asegurar que el proceso de transmisión y comunicación posea la mayor fluidez posible (los equipos de transmisión y conmutación son costosos, por lo tanto, deben ser eficientemente utilizados).

Por lo antes mencionado, se analiza un elemento de amplia importancia para la optimización de una red celular, considerando que en ciertos momentos es probable que no se pueda establecer una llamada por falta de trayectorias libres de por lo que se requiere de un alto rendimiento para que en los intentos de conexión se obtenga una respuesta satisfactoria, tomando en cuenta que en un sistema de telecomunicaciones la necesidad de comunicación que puede existir por parte de un usuario es oscilante y solo se puede predecir de forma aproximada.

La venta masiva de equipos, la ausencia de correctivos en los servicios ya existentes, sea por falta de mantenimiento, inversión o presupuesto, generan un alto tráfico contenido en las compañías celulares, ocasionando una baja eficacia en el sistema, un colapso en la red y por lo tanto un deterioro en la comunicación que experimentan los usuarios.

Si no se provee de un servicio adecuado donde la red de telefonía funcione en condiciones óptimas de costo y calidad de servicio, se tendrá como resultado la insatisfacción de los clientes en el servicio recibido. Para las compañías telefónicas en general, evaluar el tráfico de una red mediante análisis estadísticos, tiene como fin obtener herramientas que permitan comparar el tráfico existente, con lo que se exige.

1.2. Formulación del problema.

¿Cómo se podrá reducir el congestionamiento en las operadoras de telefonía móvil?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Desarrollar un modelo de tráfico de voz para una troncal en la red de telefonía móvil.

1.3.2. Objetivos Específicos

- 1.- Diagnosticar las razones de congestionamiento por tráfico de voz en las troncales telefónicas.
- 2.- Identificar las variables y formulas estadísticas que definen el tráfico de voz.
- 3.- Elaborar un modelo de predicción de tráfico de voz en telefonía móvil basado en análisis estadísticos.

1.4. Justificación de la Investigación

El aporte e importancia de este trabajo radica en el conocimiento sobre el estudio de la capacidad de los canales telefónicos con respecto al tráfico. Actualmente, por diversos factores, las comunicaciones se ven limitadas, frustrando a los usuarios del servicio. Se presenta un aporte del tipo tecnológico que permitirá a las compañías telefónicas concientizar sobre cuáles son los factores determinantes de su competitividad, y las posibilidades de mejorar su posicionamiento y servicio en el mercado de la telefonía móvil si se predice y estudia de manera oportuna el comportamiento de tráfico telefónico, además de plasmar la presente necesidad de contar con predictores de tráfico para poder dimensionar bien sea el centro de conmutación (central telefónica) , bien sea a nivel de la red de acceso (BTS).

Por otra parte, este estudio contribuirá a las compañías telefónicas a evitar la pérdida de clientes debido a servicios ineficientes por la posibilidad de mejora de los servicios, lo que a su vez se entiende como un aporte social a los clientes quienes podrían obtener comunicaciones con menos limitación.

De igual forma, los resultados de esta investigación podrán fortalecer conocimientos de estudiantes de la materia sobre los factores que generan tráfico y la forma de estudiarlo para su correcto funcionamiento. El estudio correspondiente a la elaboración de un modelo de predicción de tráfico de voz en telefonía móvil, proporcionará además al autor un grado mayor de confiabilidad sobre cómo se manejan los conceptos y sistemas de comunicación en los canales de telefonía.

1.5. Alcance del estudio

Para este trabajo especial de grado se realizará la investigación pertinente para culminar con la elaboración de un modelo de predicción de tráfico de voz con la finalidad de apoyar en el dimensionado oportuno para el ambiente de la telefonía móvil.

1.6 Limitaciones del estudio

Para la realización del modelo planteado las limitaciones principales estarán orientadas a las limitaciones en cuanto variables que presente el software utilizado.

CAPITULO II

MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL

El marco teórico tiene el propósito de situar el problema dentro de un conjunto de conocimientos, que permita orientar la búsqueda y ofrezca una conceptualización adecuada de los términos que serán utilizados por el investigador. En este sentido Méndez, (2012) define el marco referencial “como uno de los elementos de la teoría que será directamente utilizado en el desarrollo de la investigación (p.65).

2.1 Antecedentes de la Investigación

A continuación, se presentan algunos trabajos de investigación realizados por otros autores, que sirven de antecedentes para la realización de este estudio y ayudan a delimitar la línea a seguir para cumplir el objetivo de este trabajo:

Rosa Carolina García (2006) expuso una investigación ante la Universidad Rafael Beloso Chacín titulada “**Evaluación de tráfico de voz y datos en las redes celulares**” la cual tendría como propósito evaluar el tráfico de voz y datos contenido en la red de una operadora de telefonía móvil ubicada en Maracaibo estado Zulia, mediante la comparación de la data de tráfico en bruto obtenida y sus niveles estándares correspondientes. El tipo de estudio fue descriptivo y el diseño no experimental, pues comprende el registro, análisis y descripción de la naturaleza actual de los datos concretos con el fin de presentar una interpretación confiable de los mismos.

La investigación antes presentada determinó el tráfico de voz, así como la transferencia de datos a través de las transmisiones efectivas de los abonados, registradas en los equipos ubicados en el punto de presencia de la empresa objeto de estudio, y estableció comparaciones mediante análisis estadísticos en diseños completamente aleatorios para el tráfico de voz, temas los cuales serán pertinentes para la presente investigación.

Ávila Sandra y Mestanza Luis (2002), presentaron la tesis de grado titulada **“Diseño de un sistema para el análisis y la predicción del tráfico dentro de las celdas celulares de una operadora de telefonía móvil celular en la república del Ecuador”** ante la Escuela superior politécnica del litoral, para obtener el título de ingeniero en electricidad en la especialización de electrónica y telecomunicaciones. Este proyecto, con un tipo de investigación descriptivo, consistía en desarrollar el diseño de un sistema el diseño de un sistema que permita el análisis y predicción del tráfico en celdas celulares de una operadora de telefonía móvil, facilitando de esta manera la elaboración de reportes y estadísticas para llevar un control de la calidad de servicio, y conocer el número de canales y circuitos que se tiene que aumentar o disminuir en una celda determinada.

El trabajo antes mencionado desarrolla detalladamente un sistema que para su operación utilizó el programa Visual Basic basado en mediciones obtenidas de todos los parámetros que involucran el tráfico, para luego procesarlo y obtener el grado de servicio, eficiencia, y predicción del mismo.

Barceló Francisco (2012) presentó un trabajo titulado **“Tráfico de telefonía móvil: Caracterización e implicaciones del tiempo de ocupación del canal”** ante la Escola técnica superior d'enginyeria de telecomunicación de Barcelona, con un tipo de investigación descriptiva, donde se introducían conceptos relativos al tráfico telefónico, junto a los modelos habitualmente utilizados para el dimensionamiento y evaluación de sistemas de telefonía móvil.

A lo largo de ese trabajo de investigación se consideró como sistemas de telefonía móvil aquellos cuya finalidad primordial, aunque no exclusiva, es la de proporcionar servicios de voz. De ese modo, contemplando la posibilidad de que la voz coexista en ellos junto a otros servicios. Todos estos conceptos sirvieron de apoyo en cuanto la teoría del tráfico presente en esta investigación.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Sistema telefónico

Como lo plantea Carrión Hugo, (2012), el sistema telefónico es un conjunto de dispositivos físicos para suministrar el servicio de comunicación telefónica a comunicación a distancia Para proporcionar adecuadamente el servicio, es necesario que el sistema contenga los medios y recursos adecuados para conectar a los dispositivos telefónicos al principio de la llamada y desconectarlos una vez que ésta se termine.

Conmutación.

Identificación y conexión de los abonados a una trayectoria de comunicación adecuada. Se entiende por conmutación en un nodo, a la conexión física o lógica, de un camino de entrada al nodo con un camino de salida del nodo, con el fin de transferir la información que llegue por el primer camino al segundo. Un ejemplo de redes conmutadas son las redes de área extensa (Carrión, 2012).

Conmutación de Circuitos.

Es el procedimiento por el que dos nodos se conectan, permitiendo la utilización de forma exclusiva del circuito físico durante la transmisión. En cada nodo intermedio de la red se cierra un circuito físico entre un cable de entrada y una salida de la red. La red telefónica es un ejemplo de conmutación de circuitos (Carrión, 2012).

Abonados.

Dispositivos que se conectan a la red. La mayoría de los dispositivos son teléfonos convencionales (fijo y móvil) aunque el porcentaje de tráfico de datos sigue incrementándose. (Herrera, 2000).

Línea de abonado.

Enlace entre el abonado y la red (generalmente por par trenzado e interfaz aire) asignada a un abonado específico. (Herrera, 2000).

Centrales.

Centros de conmutación de la red a los que se conectan directamente los abonados (central final). La interconexión de centrales finales se realiza a través de un dispositivo denominado “conmutador intermedio”. (Carrión, 2012).

Capacidad.

Se refiere a la cantidad de usuarios que se pueden atender simultáneamente. Es un factor de elevada relevancia, pues del adecuado dimensionamiento de la capacidad del sistema, según demanda de servicio, depende la calidad del servicio que se preste al usuario. (Carrión, 2012).

Diseño de las celdas.

Según García, Rosa Carolina y Rojas, Luis (2006), la estructura de las redes inalámbricas se diseña teniendo presente la necesidad de superar los obstáculos y manejar las características propias de la radio propagación. Disponer de un radio enlace directo para cada suscriptor, predecir las características de la señal en zonas urbanas donde la densidad de suscriptores es alta y las edificaciones tienen gran influencia en la propagación, son factores que establecen limitaciones fundamentales en el diseño y ejecución de los sistemas inalámbricos orientados a las necesidades personales y empresariales.

Calidad.

Uno de los parámetros a tener en cuenta para establecer las diferencias entre un sistema u otro, se refiere a la medida de calidad del servicio prestado.

Las consideraciones que un usuario debe tener en cuenta a la hora de suscribirse a un servicio de telefonía móvil tienen que ver con el precio y las características de operación del dispositivo portátil, la disponibilidad de una variedad de servicios, la cobertura geográfica y la posibilidad de disfrutar el servicio en áreas diferentes a la que está inscrito, así como una confiable calidad de transmisión de voz y datos. (García y Rojas 2006)

2.2.2 Tráfico telefónico

Como lo indica Carmona (2003), en el momento de planificar la red se debe realizar una caracterización del tráfico, para de esta manera establecer la carga esperada y cumplir así mismo las necesidades de comunicación en los usuarios.

En cuanto al tráfico telefónico Díaz (2002), lo define como el agregado de llamadas sobre un grupo de circuitos o troncales con respecto a la dirección de la llamada y a su cantidad. La teoría de tráfico está basada en el estudio de la congestión, las llamadas perdidas y el grado de servicio.

El tráfico corresponde a uno de los análisis más importantes dentro del mantenimiento de las redes celulares, de su estudio depende el diseño de las redes de comunicación e incluso de la ubicación de las antenas.

En el momento de planificar la red se debe realizar una caracterización del tráfico, para de esta manera establecer la carga esperada y cumplir así mismo las necesidades de comunicación en los usuarios. (Carrión, 2012).

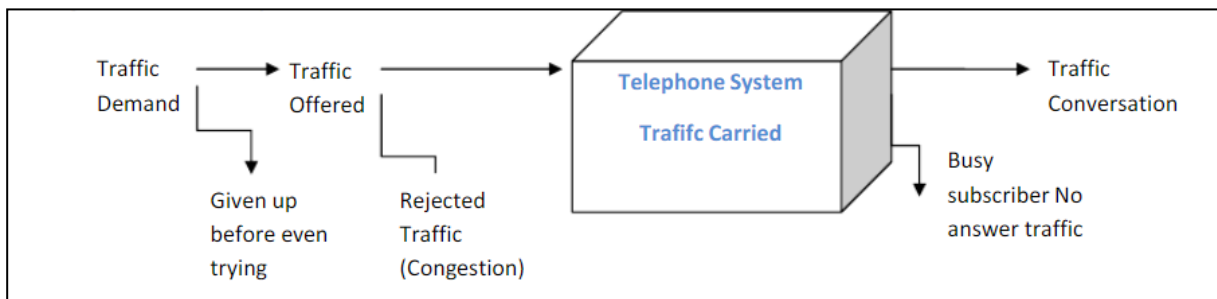


Figura 4. Concepto de tráfico
Fuente: Teoría de tráfico telefónico. Díaz, Gabriel (2010)

Tráfico de desbordamiento

Se designa como tráfico de desbordamiento al tráfico rechazado cuando se haya previsto la posibilidad de enviar las ocupaciones rechazadas a otro grupo de líneas (grupo de desbordamiento); si no existe esta posibilidad, se llama tráfico perdido al tráfico rechazado. (Carrión, 2012).

Erlang

Erlang es una medida de estadística utilizada para calcular la ocupación de recursos compartidos aplicable, entre otros casos, a la ocupación de enlaces telefónicos. El tráfico de un Erlang corresponde a un recurso (circuito, canal, entre otros.) utilizado de forma continua, o dos recursos utilizados al 50%, y así sucesivamente. El tráfico medido en Erlangs es usado para calcular el nivel de servicio o grado de servicio (GOS). Hay diferentes fórmulas para calcular el tráfico entre ellos, Erlang B, Erlang C

Congestión

La congestión puede definirse como la incapacidad de la red o de sus componentes para atender una llamada o servicio en un momento determinado. Un equipo en congestión se percibe como una falla de comunicación de los usuarios; la congestión se presenta entonces cuando existen N ocupaciones simultáneas. (García y Rojas 2006)

Tiempo de Ocupación.

Lapso durante el cual una línea de salida está ocupada sin interrupción. (Carrión, 2012).

Tiempo medio de ocupación.

Tiempo durante el cual se emplean por término medio las líneas de salida para una ocupación (Carrión, 2012).

Intensidad de tráfico.

Carrión, Hugo (2012) explica que la intensidad del tráfico es una magnitud sin dimensión, que se representa siempre en la unidad Erlang (abreviada Erl), indicando este valor la cantidad de ocupaciones que en promedio existen simultáneamente. Una sola línea ocupada constantemente equivale, por lo tanto, a un tráfico con la intensidad 1 Erl. Además de la unidad Erlang se utilizan algunas otras.

El concepto de intensidad de tráfico se puede comparar con el de intensidad eléctrica que mide la cantidad de corriente eléctrica, la unidad es el amperio y equivale al paso de un culombio por segundo por una determinada superficie. El concepto de densidad eléctrica, que es el valor de la intensidad eléctrica que atraviesa la unidad de

superficie y que se la designa con la letra J y que se mide en A/m^2 ; se ha trasladado a la teoría de tráfico telefónico como densidad de tráfico y que muchas veces se la confunde con la intensidad de tráfico. Esta densidad de tráfico es igual a la intensidad de tráfico multiplicada por el período de observación. En relación con el tratamiento del tráfico por un grupo de salida es usual emplear los términos ocupación e intensidad de tráfico en un sentido más amplio. La intensidad del tráfico, por definición, es el promedio de llamadas realizadas simultáneamente durante un periodo particular de tiempo.

El valor numérico de la intensidad de tráfico indica cuántos abonados, en promedio, están simultáneamente ocupados en llamadas; o cuántas líneas en promedio están ocupadas. En la ecuación p es una medida de la magnitud del tráfico telefónico de este abonado específico. Con n abonados, el producto np da la magnitud del tráfico total que genera n abonados.

Hora Cargada u Hora Pico.

Como los abonados, que son las fuentes de tráfico, inician generalmente sus pedidos de comunicación casualmente y sin depender unos de otros, sosteniendo conferencias de diferente duración, el número de líneas de salida ocupadas simultáneamente de un grupo de líneas fluctuará permanentemente. No obstante, puede observarse ciertas regularidades periódicas, debidas, p. ej., a las temporadas o las estaciones del año, así como también diferencias entre los distintos días de la semana. Sin embargo, las fluctuaciones más marcadas son las que se presentan en el curso de un día. Debido a que el tráfico telefónico es producido por abonados que originan llamadas según sus necesidades y gustos, se producen grandes variaciones durante el transcurso de un día y en los diferentes días de la semana. La producción de tráfico por los abonados está íntimamente relacionada con los horarios de trabajo y la intensidad comercial e industrial del sector servido, por lo que se da al tráfico un carácter periódico cuando se consideran períodos largos. (Ojeda y Silva, 2012).

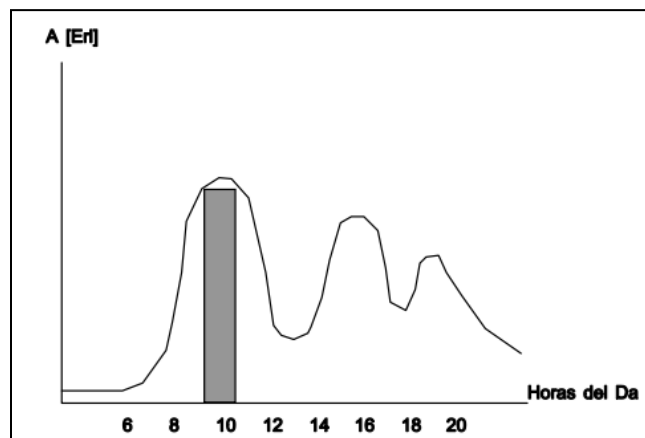


Figura 5. Tráfico telefónico diario.
Fuente: Ingeniería del tráfico. Carrión, H (2012)

Variaciones en el tráfico telefónico

Para determinar el dimensionamiento de las instalaciones telefónicas en concordancia con las necesidades requeridas por los subscriptores, se requiere conocer la naturaleza del tráfico telefónico y su distribución con respecto al tiempo y destino.

Los volúmenes de tráfico varían de estación a estación, de mes a mes, de día a día, de hora a hora y aún de minuto a minuto dentro de una misma hora. La duración de las conversaciones es otra importante variable a considerar. Aunque la duración de llamada puede variar considerablemente entre centrales y temporadas del año, se ha encontrado por mediciones reales, que tiempos de conversación de uno a tres minutos son relativamente frecuentes, en tanto que diez ó más minutos son ocasionales. (García y Rojas, 2006)

Grado de servicio

Ojeda y Silva (2012) expresan que el grado de servicio define la proporción de las llamadas que se permite fallar durante la hora de mayor ocupación debido a la limitación, por razones económicas, del equipo de conmutación de las plantas. En una oficina central con varias etapas de conmutación, existen grados de servicio para cada uno de dos que van desde 1 pérdida en 100 llamadas hasta 1 en 1,000. El grado de servicio total es aproximadamente igual a la suma de los grados de servicio parciales.

$$\text{Grado de servicio} = (\text{número de llamadas perdidas}) / (\text{número total de llamadas ofrecidas}).$$

El tráfico en una red de comunicaciones se refiere al acumulado de todas las solicitudes de los usuarios que la red está atendiendo. En lo que a la red se refiere, las solicitudes de servicio arriban aleatoriamente y usualmente requieren tiempos de servicio impredecible. El primer paso del análisis de tráfico es la caracterización de los arribos de tráfico y tiempos de servicio en un marco probabilístico. A partir de lo cual la red pueda ser evaluada en términos de cuánto tráfico transporta bajo cargas normales o promedio y con qué frecuencia el volumen de tráfico excede la capacidad de la red.

La impredecible naturaleza del tráfico telefónico es el resultado de dos procesos aleatorios subyacentes: El arribo de llamadas y los tiempos de retención. La aparición de un usuario particular se considera por lo general que ocurre completamente al azar y que es totalmente independiente de la presencia de otros usuarios Así que el número de arribos durante un intervalo de tiempo particular es indeterminado.

En la mayoría de los casos los tiempos de retención también se distribuyen aleatoriamente. En algunas aplicaciones este crecimiento de aleatoriedad se puede sustituir por considerar tiempos de retención constantes.

Calidad del tráfico.

La calidad de tráfico (calidad de curso de tráfico) es el grado de servicio con que se atiende al tráfico en lo que depende del cálculo del número de equipos de conmutación y líneas (Ojeda y Silva, 2012).

Demanda del tráfico.

Se llama demanda de tráfico al tráfico que los abonados de un sistema quieren generar según sus hábitos y necesidades. Es objetivo principal de una administración telefónica satisfacer esta demanda mediante un sistema apropiado y bien dimensionado que no permita congestiones considerables. Como se puede observar, la demanda viene a confundirse, en un sistema no congestionado, con el tráfico ofrecido a los selectores de línea de abonado. Sin embargo, cuando el sistema es impropio para cursar la demanda y existen congestiones considerables, los abonados con frecuencia no logran su comunicación en el primer intento debido a la escasez de órganos necesarios. Para lograr éxito en su comunicación los abonados realizan varios intentos repetitivos recargando el sistema, sobre todo los órganos de control común, con un intenso tráfico de repetición que viene a congestionar aún más el sistema, pudiéndolo llevar a un estado de bloqueo (congestión en cadena). En este caso, el tráfico ofrecido a los selectores de línea de abonado se infla debido al tráfico de repetición para alcanzar valores mayores a la demanda de tráfico normal requerida por los usuarios. Es por ello que en sistemas no congestionados el tráfico ofrecido se confunde con la demanda, pero al haber congestión se produce un tráfico de repetición que diferencia los dos parámetros. (Ojeda y Silva, 2012).

Forma en que cursa el tráfico

Según la forma en que se trate la demanda de comunicaciones en un sistema de conmutación al presentarse bloqueos, se distingue entre redes de conmutación que trabajan como sistemas de espera.

Por bloqueo se entiende el estado en que es imposible el establecimiento de una nueva comunicación bien por estar ocupadas todas las líneas del grupo de salida o bien porque en la red de conmutación no se puede establecer ninguna vía a una línea libre del correspondiente grupo de salida.

En un sistema de pérdidas se rechaza una ocupación ofrecida si la comunicación deseada no se puede establecer inmediatamente, debido a un bloqueo, recibiendo el abonado que llama la señal de ocupado. En cambio, en un sistema de espera puede mantenerse (esperar) una ocupación ofrecida que no pueda ser atendida inmediatamente debido a un bloqueo, hasta que se pueda establecer el enlace. Para las esperas que se presentan en estos casos es importante el orden en que se atiendan a las ocupaciones en espera, p. ej., en el orden de su llegada o en orden casual.

2.2.3 Modelos de tráfico

El modelo Erlang, se utiliza para determinar el número de circuitos basados en la carga de tráfico en la hora más ocupada. Los factores que determinan el cálculo son los siguientes: Llamadas entrantes y tiempo de retención para distribución, número de fuentes de tráfico, disponibilidad, manejo de las llamadas perdidas. De acuerdo a estos elementos, se definen las fórmulas de medición del flujo de tráfico, los cuales varían de un continente a otro.

Los modelos de tráfico telefónico se basan en los criterios señalados anteriormente: forma de cursar el tráfico, número de fuentes de tráfico, tiempos de ocupación, características de la red de conmutación y orden en que se cursan las ocupaciones. Todos estos criterios han servido para que los diferentes investigadores hayan desarrollado sus distintos modelos y distribuciones que llevan sus respectivos nombres, tales como: Poisson, Erlang B, Erlang C, Bernoulli, entre otros. (García y Rojas, 2006)

Distribución de Probabilidad de Bernoulli.

El sistema telefónico debe comprender tantas trayectorias de conexión como comunicaciones se desee que establezca. Un dato importante para el dimensionamiento es la probabilidad de que x abonados simultáneamente realicen llamadas. Si la probabilidad de que q llamadas se realicen simultáneamente es pequeña, no es necesario suministrar q trayectorias de conexión sino menos de q .

La distribución de probabilidad de Bernoulli se aplica para establecer la probabilidad con la cual ocurre el suceso de que x de un total de n abonados simultáneamente realicen llamadas. (Herrera, 2000).

n = número de ensayos (abonados)

p = probabilidad de éxito en un ensayo (ocupación de un abonado)

x = número de éxitos en n ensayos (abonados simultáneamente ocupados)

$f(x)$ = probabilidad de x éxitos en n ensayos

Distribución de Probabilidad de Poisson.

La distribución de probabilidad de Poisson es útil cuando se trata con el número de ocurrencias de un evento durante un intervalo específico de tiempo o espacio:

$e = 2.71828$

x = número de ocurrencias en el intervalo

$f(x)$ = probabilidad de x ocurrencias en el intervalo

la

. La distribución de probabilidad de Poisson permite calcular la probabilidad $f(x)$ con la cual x abonados estarán hablando simultáneamente,

individual es infinitamente pequeña. (Herrera, 2000).

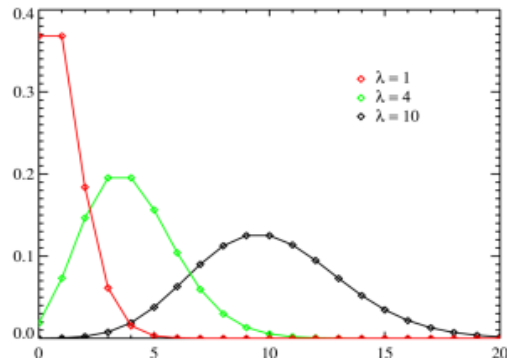
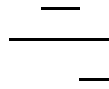


Figura 6. Distribución de Poisson

Fuente: <https://marcelacofre.wordpress.com/2010/11/07/distribucion-de-poisson/>

Modelo Erlang B

De acuerdo a lo expuesto por García y Rojas (2006), en este modelo de tráfico aleatorio, existen pérdidas de cola de espera y las llamadas pueden ser enviadas a otras rutas. Los factores en la formula Erlang B son el promedio del tráfico ofrecido y el número de líneas troncales de servicio disponible. El tráfico se origina en un número infinito de puntos, el tráfico de interés se mantiene constante o en el mismo valor promedio. No establece que exista poca o gran cantidad de llamadas. Las llamadas perdidas son borradas asumiendo un tiempo de retención cero, es decir, no hay segundo intento de rediscado. El número de troncales de servicio es limitado. Existe completa disponibilidad, es decir que cualquier entrada libre puede alcanzar salida libre. Tráfico aleatorio, indicando al tiempo entre dos llamadas, puede variar en forma aleatoria.



Dónde: N = Número de órganos

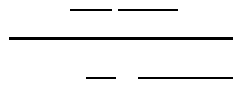
A = Tráfico ofrecido

$E1, N(A)$ = Probabilidad de pérdida

Esta fórmula indica el porcentaje del tiempo durante el cual las N líneas de salida están ocupadas simultáneamente (razón de congestión de tiempo). La distribución Erlang es una distribución Poisson truncada. Indica además la probabilidad de que todas las líneas estén ocupadas y por tener un número de fuentes infinitas existe una independencia de la aparición de una llamada respecto al estado del sistema. Por esa razón la congestión de llamada coincide con la congestión en el tiempo. Debido a que la probabilidad para la llegada de una nueva ocupación es igual para todos los momentos, el valor de la razón de congestión en el tiempo es igual a la Pérdida B.

Modelo Erlang C

En este modelo el tráfico telefónico es aleatorio y se mantienen las colas de espera, hasta que existan recursos disponibles para procesar las llamadas, estos sistemas se conocen como sistemas con memoria. Este modelo es útil si se tiene un nivel estimado de la demanda. Los factores en la fórmula Erlang C, son el número de agentes, número de personas por ser atendidas, tiempo promedio de atender una llamada, para su aplicación es necesario tomar en cuenta las siguientes premisas: Los usuarios no abandonan las llamadas, se mantienen esperando hasta ser atendidos. Cuenta con una alta capacidad en el sistema. El número aleatorio de llamadas se mantiene estable en el tiempo. Tiempo de espera limitado. (García y Rojas, 2006).



Donde:

A es la intensidad total del tráfico ofrecido en unidades de Erlangs.

N es la cantidad de servidores [número de troncales].

Pw es la probabilidad de que un cliente tenga que esperar para ser atendido.

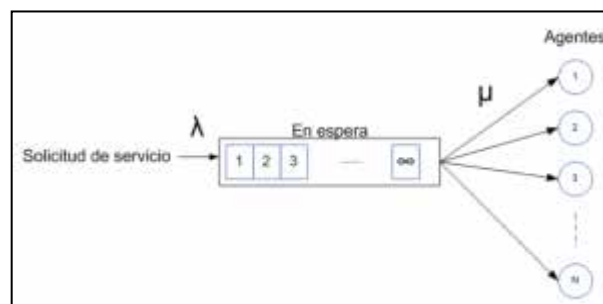


Figura 7. Modelo Erlang C

Fuente: <https://jarrano.wordpress.com/2014/01/21/entendiendo-erlang-c/>

2.3 Bases Legales

Según Villafranca D. (2002) “Las bases legales no son más que se leyes que sustentan de forma legal el desarrollo del proyecto” explica que las bases legales “son leyes, reglamentos y normas necesarias en algunas investigaciones cuyo tema así lo amerite”.

2.3.1 Ley orgánica de telecomunicaciones.

Esta ley consta de 224 artículos y fue publicada en Gaceta Oficial No. 36.920 el 28 de marzo del año 2000. Su artículo primero indica lo siguiente:

ARTÍCULO 1: Esta ley tiene por objeto establecer el marco legal de regulación general de las telecomunicaciones, a fin de garantizar el derecho humano de las personas a la comunicación y a la realización de las actividades económicas de telecomunicaciones necesarias para lograrlo, sin más limitaciones que las derivadas de la constitución y las leyes. Se excluye del objeto de esta Ley la regulación del contenido de las transmisiones y comunicaciones cursadas a través de los distintos medios

de telecomunicaciones, la cual se regirá por las disposiciones constitucionales, legales y reglamentarias correspondientes.

2.3.2 Ley orgánica de ciencia, tecnología e innovación

La Ley orgánica de ciencia, tecnología e innovación, publicada en Gaceta Oficial N° 39575 de fecha 16 de diciembre de 2010, tiene por objeto dirigir la producción científica y tecnológica, y sus aplicaciones, con base en el ejercicio pleno de la soberanía nacional, la democracia participativa y protagónica, la justicia y la igualdad social, el respeto al ambiente y la diversidad cultural, mediante la aplicación de conocimientos populares y académicos. Dirigir la generación de una ciencia, tecnología, innovación y sus aplicaciones, con base en el ejercicio pleno de la soberanía nacional, la democracia participativa y protagónica, la justicia y la igualdad social, el respeto al ambiente y la diversidad cultural, mediante la aplicación de conocimientos populares y académicos. A tales fines, el Estado Venezolano formulará, a través de la autoridad nacional con competencia en materia de ciencia, tecnología, innovación y sus aplicaciones, enmarcado en el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social de la Nación, las políticas públicas dirigidas a la solución de problemas concretos de la sociedad, por medio de la articulación e integración de los sujetos que realizan actividades de ciencia, tecnología, innovación 26 y sus aplicaciones como condición necesaria para el fortalecimiento del Poder Popular.

2.4 Definición de Términos Básicos

BTS: Las estaciones base de telefonía móvil son radios bidireccionales multicanal de baja potencia, es decir, emiten y reciben varias señales a la vez. Las Estaciones Base cubren un área de terreno conocido como “celda”.

Carga: es la intensidad del tráfico cursado, y oferta, a la intensidad del tráfico ofrecido.

Celda: Área de cobertura estipulada para receptores o transmisores que pertenecen a la misma estación base. Las celdas son más grandes en terrenos llanos donde la señal no se ve interrumpida por obstáculos del terreno o edificios.

Centrales: centros de conmutación de la red a los que se conectan directamente los abonados (central final). La interconexión de centrales finales se realiza a través de un dispositivo denominado “conmutador intermedio”

Central primaria: Es aquella que conecta directamente a los abonados.

Enlace: Trayecto de telecomunicaciones que sirve para conectar dos puntos específicos de la red, ya sea local, local extendida y/o de larga distancia.

KPI (key performance indicator): conocido también como indicador clave de medidor de desempeño o indicador clave de rendimiento, es una medida del nivel del rendimiento de un proceso. El valor del indicador está directamente relacionado con un objetivo fijado previamente y normalmente se expresa en valores porcentuales.

Línea de abonado: enlace entre el abonado y la red (generalmente por par trenzado e interfaz aire).

Líneas troncales: Enlace que interconecta las llamadas externas de una central telefónica, concentrando y unificando varias comunicaciones simultáneas en una sola señal para un transporte y transmisión a distancia más eficiente (generalmente digital) y poder establecer comunicaciones con otra central o una red entera de ellas.

Señalización: Suministro e interpretación de señales de control y de supervisión necesarias para la conmutación.

Tablas de distribución: En las telecomunicaciones, el número de circuitos necesarios para atender una función particular se determina a través de las tablas de tráfico.

Transmisión: Transporte del mensaje del abonado y las señales de control.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

Arias (2012) explica el marco metodológico como el “Conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas” (p.16). Este método se basa en la formulación de hipótesis las cuales pueden ser confirmadas o descartadas por medios de investigaciones relacionadas al problema.

Así mismo, Tamayo y Tamayo (2012) define al marco metodológico como “Un proceso que, mediante el método científico, procura obtener información relevante para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento”, dicho conocimiento se adquiere para relacionarlo con las hipótesis presentadas ante los problemas planteados. (p.37)

3.1 Tipo de Investigación

El presente trabajo de investigación se desarrolló bajo la modalidad de proyecto especial, el cual, Según Las Normas para la elaboración y aprobación de trabajos técnicos, trabajos especiales de grado, trabajos de grado y tesis doctorales de la UNERG (2006), expresa que:

La modalidad de Proyecto Especial permite la elaboración de Trabajos de Especialización Técnico, Trabajo de Grado de Especialización, de Maestría y Tesis Doctorales con objetivos y enfoques novedosos o diferentes a los que caracterizan las otras modalidades. Se Incluyen en esta categoría los trabajos de creación literaria, de desarrollo de prototipos y de productos tecnológicos en general (p.12).

Según Palella y Martins (2006), están destinados a la creación de productos que puedan solucionar deficiencias evidenciadas, se caracterizan por su valor innovador y aporte significativo en cualquier área del conocimiento (p. 107).

Según El Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la UPEL (2006), los Proyectos Especiales son los trabajos que lleven a creaciones tangibles, susceptibles de ser utilizadas como soluciones a problemas demostrados, o que respondan a necesidades e intereses de tipo cultural (p.17).

Según Palella y Martins (2006), el propósito principal de esta modalidad de investigación es el de planificar un producto aplicable en cualquier área en la cual resulte pertinente. Como recurso pedagógico puede ser presentado como folleto explicativo, guía de estudio, sucesión de diapositivas o transferencia con su guion, videos, módulos instruccionales, entre otros.

Se incluyen en esta categoría la elaboración de libros de texto y de materiales de apoyo, el desarrollo de software y de productos tecnológicos en general, así como los de creación literaria y artística (p.108).

3.2 Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación cuenta con las palabras de Arias (2009), ya que lo define como “la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado” (p.30). Tomando en consideración las anteriores palabras el entorno de la tesis está encaminada por un diseño documental y de campo; tipo de estudio de preguntas que utiliza documentos oficiales y personales como fuente de información. (Documental). El cual es definido porque se está presente en el ambiente del cual se está estudiando con el fin de recolectar mayor información (De campo).

Los autores Palella y Martins (2010), definen: “La investigación documental se concreta exclusivamente en la recopilación de información en diversas fuentes” (p.90). Indaga sobre un tema en documentos-escritos u orales- uno de los ejemplos más típicos de esta investigación son las obras de historia.

También otra definición aportada por Palella y Martins (2010), define:

la Investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta. (pag.88).

3.3 Nivel de la Investigación

Según Arias, F. (2012, pág. 23), el nivel de investigación puede definirse como “el grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio”. “El

tipo de investigación según el nivel o grado de profundidad con el que se realizará el estudio” (pág. 110).

Este trabajo se ha considerado de tipo proyecto especial, basado en un trabajo de campo con un nivel descriptivo y documental, donde Sabino, C. (1992, pág. 54) describe la investigación descriptiva como:

Aquellas que utilizan criterios sistemáticos que permiten poner de manifiesto la estructura o el comportamiento de los fenómenos en estudio, proporcionando de ese modo información sistemática y comparable con la de otras fuentes. También deben clasificarse como investigaciones descriptivas los diagnósticos que realizan consultores y planificadores: ellos parten de una descripción organizada y lo más completa posible de una cierta situación, lo que luego les permite en otra fase distinta del trabajo trazar proyecciones u ofrecer recomendaciones específicas.

Por su parte Según el autor (Santa palella y feliberto Martins (2010)), la investigación documental se concreta exclusivamente en la recopilación de información en diversas fuentes. Indaga sobre un tema en documentos-escritos u orales- uno de, los ejemplos más típicos de esta investigación son las obras de historia (pag.90).

3.4 Población y muestra.

El universo está conformado por toda la población o conjunto de unidades que se quiere estudiar y que podrían ser observadas individualmente en el estudio (Bravo, 1998, p. 179).

Para Hernández Sampieri, "una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (p. 65).

Es la totalidad del fenómeno a estudiar, donde las entidades de la población poseen una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación.

Podemos definir la población como el tráfico de voz por una troncal en un día determinado, y el muestreo a realizar será intencional u opinático, en el cual Arias (2016) expresa, que los elementos son escogidos con base en criterios o juicios preestablecidos por el investigador. Sabiendo esto, para fines de nuestra investigación

que es la de saber hacer notar que las troncales de voz deben poder soportar el tráfico para esta hora de máximo tráfico (call busy hour - CBH), la muestra corresponderá a las llamadas en esa hora, del día correspondiente.

3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de información.

En opinión de Arias (2012), se entiende por técnica, “el procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (p.67). Para los efectos de este estudio, se aplicarán como técnicas de recolección de datos, las siguientes:

3.5.1 Observación directa

La observación directa es el proceso en el cual el investigador recolecta datos directamente desde el medio ambiente del fenómeno a estudiar, por otro lado, Hurtado (2010) la define como: “un proceso de atención, recopilación, selección y registro de información para el cual el investigador se apoya en sus sentidos” (p.459).

3.5.2 Entrevista

Se tomará la entrevista no estructurada, la cual, según Rodríguez, G. (2012) dice que:

el entrevistador desea obtener información sobre determinado problema y a partir de él establece una lista de temas, en relación con los que se focaliza la entrevista, quedando ésta a la libre discreción del entrevistador, quien podrá sondear razones y motivos, ayudar a establecer determinado factor, etc., pero sin sujetarse a una estructura formalizada de antemano (p.168)

Un instrumento, según Palella (2012) “es en principio cualquier recurso del cual puedan valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información” (p.125). En el presente estudio se utilizó como el Cuestionario en el cual el autor presenta expresa que “es un instrumento de investigación que forma parte de la técnica de la encuesta, es fácil de usar y permite obtener resultado directo”. (p.131)

3.6 Fases Metodológicas

Fase I. Diagnóstico de las razones del congestionamiento por tráfico de voz en troncales telefónicas.

Usando la técnica de la entrevista se podrá apreciar qué factores afectan, causan y son de especial relevancia en la congestión por tráfico de voz en troncales telefónicas y su dimensionamiento.

Fase II. Identificación de las variables y formulas estadísticas que definen del tráfico de voz.

Se procederá a un análisis profundo para identificar cuáles son las variables y formulas estadísticas dentro del ámbito de tráfico de voz que nos permitirán evaluar los datos obtenidos del mismo.

Fase III. Elaboración del modelo de predicción de tráfico de voz en telefonía móvil basado en análisis estadísticos.

En esta fase se procederá a la elaboración del modelo de predicción de tráfico de voz mediante análisis estadísticos como las distribuciones de probabilidad de Bernoulli y Poisson, teniendo en cuenta el “Erlang” como unidad de tráfico, con la finalidad de obtener un comportamiento de este tráfico para las redes de telefonía móvil y bajo la recolección de datos estadísticos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En este capítulo se pretende representar los resultados de las técnicas e instrumentos utilizados. De acuerdo con los razonamientos que se han venido realizando con respecto a las fases metodológicas se tiene como prioridad, la realización de un plan de trabajo para llevar a cabo el proyecto. Para la obtención de estos resultados ayudó la relación de los conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera universitaria que contribuyeron al perfeccionamiento del trabajo de grado. A continuación, se presentan de forma objetiva los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo de las diferentes fases:

4.1 Fase I. Diagnóstico de las razones del congestionamiento en troncales telefónicas.

Para el cumplimiento de la presente fase se aplicó una entrevista a David Zambrano, Ing. del departamento de Core Network O&M (Red Central) de la corporación Digitel. De esta forma, al ser informante clave se pudo conocer una visión de la situación actual de la industria.

4.1.1. Resultados obtenidos mediante la aplicación de la técnica de la entrevista.

El presente instrumento se aplicó a través del método de la entrevista, con el fin de conocer una perspectiva de la situación actual de las operadoras de telefonía móvil con respecto al tráfico telefónico y su importancia.

Entrevista	
Entrevistador: Dariana Jiménez	
Pregunta 1. En su opinión, ¿Qué tan importante es contar con la correcta capacidad de canales de comunicación para el establecimiento de llamadas en las operadoras de telefonía móvil?	Las operadoras al vender una tarjeta SIM a un cliente, les debe garantizar un servicio óptimo en cada una de las áreas que esta le ofrezca. En el caso de voz; considero que es extremadamente importante y debe existir una relación entre la cantidad de canales disponibles para el establecimiento de llamadas simultaneas ya sea entre misma operadora y/u otras operadoras y la cantidad de canales que según estudios realizados mediante KPIs de performance son ocupados de manera promedio a diario, para que de esta manera el cliente al intentar realizar una comunicación de voz pueda completarla sin ningún problema, y así poder obtener una experiencia óptima según lo contratado.
Pregunta 2. En un enlace troncal, ¿Qué sucede cuando el tráfico generado por los usuarios es mayor que la capacidad que estos poseen para realizar las interconexiones y conversaciones? ¿Qué problemas puede ocasionar?	Se le llama congestión. Y simplemente los usuarios comenzaran a experimentar dificultades al momento de realizar llamadas. Esto puede ir desde interferencia, hasta no poder ni siquiera de manera inicial establecer la llamada, ya que no hay un canal disponible por donde establecerse.

Tabla N°1 Entrevista
Fuente: Jiménez, D (2019)

Entrevista	
Entrevistador: Dariana Jiménez	
<p>Pregunta 3. ¿Considera que las operadoras de telefonía móvil en Venezuela estudian correctamente la capacidad de sus canales de comunicación?</p>	<p>-No podría hablar de manera acertada sobre el resto de las operadoras. En Digitel esto es algo que mantenemos en observación como tarea rutinaria, y por ahora los canales de comunicación creados son suficientes al menos de nuestro lado. Sin embargo, según experiencias como usuario con la operadora MOVILNET pude notar que establecer una llamada era bastante complicado, por lo que según mi intuición me dice que la cantidad de circuitos, El y/o grupos troncales MO (outgoing mobile) no son suficientes en esta operadora (sin embargo, quedará a razón del lector tomar esta declaración como especulación o no, pues no tengo la seguridad o prueba de que esto sea así). Finalmente, si esto fuera como lo planteo, entonces la respuesta a la presente interrogante sería que solo algunas operadoras mantienen un constante estudio de este caso, otras por motivos ajenos y desconocidos posiblemente no. Es de resaltar que si bien las operadoras trabajamos en conjunto al menos en las comunicaciones inter-operador, si los grupos troncales a los que hice mención anteriormente (MO) se encuentran congestionados, es esa operadora quien debe solicitar a la operadora con la que comparte ese grupo trocal una ampliación de grupo troncal, ya que de su lado se están viendo fuertes congestiones.</p>
<p>Pregunta 4. ¿Cómo afecta este factor a los usuarios del país?</p>	<p>La afectación sería la reducción de llamadas realizadas a nivel nacional, la mala experiencia de los usuarios al no poder establecer una llamada (que pudiera por cierto ser una emergencia). A pesar de que existen otros medios utilizando datos móviles, esta última opción es poco fiable en algunas zonas gracias a la gran congestión que hay en este tema. Por lo antes expuesto la comunicación clara y precisa de una llamada de voz de podría degradar a tal punto de hablar de quedar incomunicados en ciertas zonas del país.</p>

Tabla N°2 Entrevista
Fuente: Jiménez, D (2019)

Entrevista	
Entrevistador: Dariana Jiménez	
Pregunta 5. ¿Qué importancia tienen los análisis estadísticos y los predictores de tráfico para estudiar el comportamiento del mismo?	La importancia es extrema. A través de los KPI (key performance indicator) podemos darnos cuenta los ingenieros si el comportamiento de la red es el adecuado o si han ocurrido o están ocurriendo fallas. De haber una falla, estos parámetros nos permiten saber en qué área específicamente nos está afectando, lo cual es una ayuda para saber cómo tratarla y tener una noción de cuales servicios se encuentran actualmente trabajando con fallas. - Adicional a esto, estos parámetros nos permiten obtener estadísticas de la cantidad de features que debemos contratar en las licencias suministradas por nuestros proveedores de acuerdo al crecimiento del tráfico y con esto el uso de recursos en un periodo de tiempo estimado. Para realizar proyectos que involucren el crecimiento de tráfico, se debe hacer un estudio profundo para de estar forma poder estimar la cantidad de recursos que se van a necesitar.
Pregunta 6. Que puede comentar acerca de cuándo ocurre que no se cuenten con canales suficientes disponibles para establecer comunicaciones de voz. ¿Sucede con frecuencia?	-Para este caso puedo decir que los ingenieros que están encargados de monitorear esta área no están realizando una de sus tareas, o en caso de que sea reportado; la operadora no está cumpliendo con su responsabilidad al no querer invertir en la ampliación de estos, ya conociendo que determinados grupos troncales se encuentran congestionados. Para el caso de Digitel, todas las llamadas desde nuestra operadora a otra operadora se completan casi en su totalidad con éxito, al menos en materia de disponibilidad de circuitos para la realización de llamadas dirección Digitel-Otra operadora. - Finalmente puedo decir que esto conlleva a una mala experiencia de usuario, pues el cliente no podrá establecer la llamada en este caso, por lo que se puede traducir a que la operadora le está privando de un servicio por el cual está pagando. La frecuencia de ocurrencia varía según la operadora, para nuestro caso es despreciable.

Tabla N°3 Entrevista
Fuente: Jiménez, D (2019)

4.1.2 Análisis general de los resultados obtenidos por medio de la entrevista

Como lo indica Carmona (2003), en el momento de planificar la red se debe realizar una caracterización del tráfico, para de esta manera establecer la carga esperada y cumplir así mismo las necesidades de comunicación en los usuarios.

El número de troncales que conectan la central 'X' con la central 'Y' es el número de circuitos de voz, o su equivalente, que se usan en la conexión. Uno de los aspectos más importante en la práctica de la Ingeniería de Telecomunicaciones es la determinación del número de troncales que se requiere en la ruta o conexión entre dos centrales.

De acuerdo a lo señalado en la anterior entrevista, se puede deducir que las dificultades al momento de realizar llamadas se deben a que en su momento no existe una relación entre la cantidad de canales disponibles para el establecimiento de llamadas simultaneas ya sea entre misma operadora y/u otras operadoras, y la cantidad de canales, siendo la manera de evitar este fenómeno realizar estudios mediante indicadores, para saber los canales que son ocupados de manera promedio a diario. La naturaleza del servicio requiere un alto estándar de rendimiento, desde el punto de vista del suscriptor cada uno de los intentos de obtener conexión deben ser satisfechos con poco o ningún retraso, de lo contrario considerará al servicio deficiente.

Según la opinión del ingeniero, se resalta que las operadoras trabajan en conjunto en ciertas comunicaciones, y si hay grupos troncales que se encuentran congestionados, es esa operadora quien debe solicitar a la operadora con la que comparte ese grupo troncal una ampliación de grupo troncal, por ser de su lado donde pueden presentarse las congestiones.

Así mismo, nos comenta que al contar la operadora donde está laborando con correctos análisis sobre los indicadores que definen el tráfico, reduce el factor de congestionamiento casi en su totalidad para mejorar la experiencia del cliente o suscriptor del servicio.

La congestión en las líneas troncales por sub-dimensionamiento, originando disgusto en los clientes en algunos casos, y en otros casos, la sub-utilización de los

troncales por sobre-dimensionamiento originando altos costos de mantenimiento para las operadoras del servicio.

4.2 Fase II. Identificación de las variables y formulas estadísticas que definen del tráfico de voz.

Cuando se dimensiona una ruta se desea encontrar el número de circuitos requeridos. Hay varias fórmulas disponibles para encontrar ese número, basándose en el tráfico en la hora pico. Los factores que se deben considerar son: distribución del tiempo de llegada de las llamadas y de su duración, número de usuarios (fuentes), disponibilidad y manejo de las llamadas bloqueadas. Apoyándonos en los conceptos desarrollados por Sallent, Oriol y Pérez, Jordi (2006), tenemos:

Densidad de usuarios.

Indica la cantidad de usuarios por unidad de superficie a los cuales ha de ofrecerse el servicio. La densidad de usuarios normalmente no es homogénea en todo el territorio, por este motivo, se suele subdividir este territorio en regiones más pequeñas con una densidad de población más homogénea, lo cual da lugar a mapas de tráfico. En este sentido, el proceso de dimensionado que se presenta es aplicable a cada región homogénea.

Número medio de llamadas por usuario en la hora cargada.

Establece la tasa de generación de llamadas de voz que se producen en la población considerada, teniendo en cuenta que este proceso de generación coincide con una distribución de Poisson. Se consideran tanto las llamadas entrantes, como las llamadas salientes.

Duración medida de la llamada. La duración de las llamadas de voz suele modelarse estadísticamente con distribuciones de probabilidad, normalmente exponencial y sus valores se obtienen de la caracterización de estadísticas de tráfico.

Las llamadas que llegan a una central telefónica encajan bastante bien en una familia de distribución de probabilidades tipo Poisson, la cual es fundamental en la teoría de tráfico.

En la práctica, se recogen datos experimentales, pero desconoce a priori cuál es la distribución que siguen esos datos. Por ello, a la hora de determinar cuál es esa distribución teórica, resulta habitual el método de ensayo/error: ensayamos con una cierta distribución que nos parece verosímil, y se comparan los resultados que produciría esa distribución (teórica) con los datos reales que hemos recogido. Si los primeros aproximan suficientemente bien los segundos, admitiremos que la distribución que siguen los datos es la que hemos conjeturado; en otro caso, se probarán otras posibilidades.

Se tomará como supuesto que los datos del número de llamadas telefónicas que llegan a una central, siguen una ley Poisson.

Nro. de llamadas (X)	0	1	2	3	4 o más
Horas al día (F)	3	6	8	4	3

Tabla N°4. Datos para ajuste de probabilidad de Poisson.
Fuente: Jiménez, D (2019)

A fin de ajustar los datos anteriores a una distribución de Poisson, se hicieron las siguientes consideraciones:

- 1) Para definir una distribución de Poisson, es necesario conocer el valor del parámetro λ = 1.92 llamadas por hora. Luego, de acuerdo con la distribución de Poisson:

La siguiente tabla da las probabilidades de 0,1,2,3, y 4 o más llamadas que predice la distribución de poisson y el número esperado o teórico en los cuales se produce x llamadas.

N.º de llamadas	Probabilidad de X llamadas	N.º Esperado	N.º Real
0	0.1466	3.51	3
1	0.2814	6.75	6
2	0.2702	6.49	8
3	0.1729	4.15	4
4 o más	0.0830	1.99	3

Tabla N°5. Ajuste de probabilidad de Poisson.
Fuente: Jiménez, D (2019)

Se multiplican las probabilidades por 24, correspondiente al número de horas y se obtiene el N.º Esperado. Se puede comprobar que las predicciones concuerdan bien con los datos observados, con lo cual el modelo obtenido es razonable.

Sabiendo que el supuesto es correcto, se puede proceder a describir los sistemas utilizados en teoría de tráfico, sección que se basa principalmente en el texto “Wireless Communications” de Theodore S. Rappaport, y específicamente en el apéndice A que trata de Teoría de entroncamiento.

Existen dos clases principales de sistemas de entroncamiento:

- 1.-Borrado de llamada pérdida (Lost Call Cleared o LCC), sin cola de espera.
- 2.-Retraso de llamada pérdida (Lost Call Delayed o LCD), con cola de espera.

En el primer sistema cuando un usuario requiere servicio, existe un tiempo mínimo de configuración, después del cual se le es otorgado el acceso a un canal si este está disponible. En la eventualidad de no existir canal disponible, la llamada es interrumpida sin acceso al sistema, teniendo el usuario la oportunidad de volver a intentar después de un tiempo. Se asume que las llamadas llegan con una distribución

de Poisson, y además que existe un número casi infinito de usuarios. La fórmula de Erlang B describe el grado de servicio (GOS) como la probabilidad que un usuario arbitrario experimente un bloqueo de llamada en un sistema LCC. Se asume que todas las llamadas bloqueadas son retornadas instantáneamente a un recipiente de usuarios infinito, y que cada usuario puede volver a llamar en cualquier momento. El tiempo entre llamadas sucesivas para un usuario bloqueado es un proceso aleatorio y es asumido con distribución de Poisson.

En el sistema LCD, se utilizan colas para mantener en espera las llamadas inicialmente bloqueadas. Si un usuario llama y los canales se encuentran ocupados, su requerimiento es retrasado hasta que un canal se desocupe. Entonces, dado que un canal no está disponible inicialmente, es necesario conocer la probabilidad de que una llamada sea retrasada, hasta que un canal esté disponible para su uso. La probabilidad de que un canal no esté inmediatamente disponible en un sistema LCD está determinada por la fórmula Erlang C. En LCD el GOS es medido por la probabilidad que la llamada sea retrasada en un tiempo mayor que t segundos. Se asume que existe un número infinito de usuarios, y que todas las llamadas en la cola son eventualmente servidas.

Como se mencionó, según Anderson, David R., Dennis J. Sweeney, Thomas A. Williams, Jeffrey D. Camm y Kipp Martin (2011), la definición del proceso de llamadas a una línea implica determinar la distribución probabilística del número de llamadas en un lapso de tiempo determinado. En muchas situaciones de línea de espera las llegadas ocurren al azar e independientemente de otras llegadas, y no podemos predecir cuándo ocurrirá una. En esos casos, los analistas cuantitativos han encontrado que la distribución de probabilidad de Poisson provee una buena descripción del patrón de llamadas.

Fase III. Elaboración del modelo de predicción de tráfico de voz en telefonía móvil basado en análisis estadísticos.

Esta fase explica cómo optimizar la cantidad de agentes para alcanzar el nivel de servicio deseado. La teoría se ilustra con Microsoft Excel contando con cálculo,

herramientas gráficas, tablas dinámicas y un lenguaje de programación macro llamado Visual Basic para generar funciones. Además, los datos están basados en formatos de estadísticas reales.

Al abrir la hoja de cálculo, Excel le mostrará una advertencia de que este documento contiene macros. Estos macros corresponden a la fórmula de Erlang B y Erlang C. Debe activar los macros para poder reproducir los cálculos.

El supuesto estadístico más importante que se tendrá en cuenta es que las llamadas entrantes se comportan estadísticamente como un proceso de Poisson y a raíz de este surgen las fórmulas de Erlang utilizadas. Este supuesto es razonable si los eventos de llamadas son mayormente independientes. Cosa que no pasa, por ejemplo, en el caso de un centro de atención telefónica que recibe llamadas de televidentes que intentan responder a una pregunta en un juego televisivo, entonces ciertamente el supuesto de Poisson no resultará efectivo debido a que las llamadas tienen como disparador el mismo evento (el juego televisivo).

Para comprobar lo antes dicho, se generó un modelo el cual nos permitirá observar las variaciones en el comportamiento dependiente del número de canales y tráfico disponible.

La actividad de llamadas entrantes puede ser modelada con unas pocas variables, como, por ejemplo:

- La cantidad de agentes o canales disponibles.

- La Cantidad de tráfico ofrecido.

- La información de cantidad de tráfico solicitado por hora.

Sobre la base de esas variables, más algunos supuestos estadísticos mencionados anteriormente, podremos calcular:

- La cantidad de ocurrencias de desbordamiento.

- Señalar cuando los canales disponibles son suficientes.

- La probabilidad de que una llamada quede en espera.

- La probabilidad de bloqueo de una llamada.

Como no se puede predecir exactamente el número de llamadas, inicialmente se generaron número aleatorios, para un día genérico, que provocaran un desborde para ver su comportamiento.

Los números aleatorios generados para el número de llamadas, se corresponden a su vez con la cantidad de canales usados y el tráfico en Erlangs.

Así mismo se procedió al cálculo de la hora de máximo tráfico, los intentos por minuto, dividiendo los 60 minutos correspondientes a una hora entre el número de intentos existentes. La columna que lleva por nombre PCCAUTIL, se corresponde con el porcentaje de la capacidad utilizada, obteniendo su resultado al multiplicar la cantidad de tráfico/hora por 100, dividiéndolo entre la capacidad ofrecida.

HORA	CANSERV	ERLANGS	INTENTOS	CAPOFREIDA	PCCAUTIL	CANALES USADOS	N° de intentos por minuto	Eficiencia del canal 80%	Hora de máximo tráfico
0:00:00	60	3,15	162	51	6,18	3,71	0,37	Canales suficientes	No
1:00:00	60	1,35	144	51	2,65	1,59	0,42	Canales suficientes	No
2:00:00	60	0,99	90	51	1,94	1,16	0,67	Canales suficientes	No
3:00:00	60	0,18	36	51	0,35	0,21	1,67	Canales suficientes	No
4:00:00	60	0,54	54	51	1,06	0,64	1,11	Canales suficientes	No
5:00:00	60	2,16	72	51	4,34	2,54	0,83	Canales suficientes	No
6:00:00	60	6,66	261	51	13,06	7,84	0,23	Canales suficientes	No
7:00:00	60	15,66	594	51	30,71	18,42	0,10	Canales suficientes	No
8:00:00	60	48,69	1179	51	95,47	57,28	0,05	No son suficientes	No
9:00:00	60	52,2	1323	51	102,35	61,41	0,05	No son suficientes	No
10:00:00	60	64,53	1593	51	126,53	75,92	0,04	No son suficientes	No
11:00:00	60	71,55	1907	51	140,29	84,18	0,03	No son suficientes	Hora Pico
12:00:00	60	59,94	1665	51	117,53	70,52	0,04	No son suficientes	No
13:00:00	60	54,09	1557	51	106,06	63,64	0,04	No son suficientes	No
14:00:00	60	50,85	1521	51	99,71	59,82	0,04	No son suficientes	No
15:00:00	60	40,95	1332	51	80,29	48,18	0,05	No son suficientes	No
16:00:00	60	51,21	1413	51	100,41	60,25	0,04	No son suficientes	No
17:00:00	60	53,91	1512	51	105,71	63,42	0,04	No son suficientes	No
18:00:00	60	45,63	1413	51	89,47	53,68	0,04	No son suficientes	No
19:00:00	60	45,81	1431	51	89,82	53,89	0,04	No son suficientes	No
20:00:00	60	28,17	1188	51	55,24	33,14	0,05	Canales suficientes	No
21:00:00	60	21,87	972	51	42,88	25,73	0,06	Canales suficientes	No
22:00:00	60	9,99	486	51	19,59	11,75	0,12	Canales suficientes	No
23:00:00	60	3,04	279	51	9,88	5,98	0,22	Canales suficientes	No

Figura 8. Datos Caso 1
Fuente: Jiménez, D (2019)

Gráficamente podemos ver los resultados en las diferentes horas del día con respecto a los canales disponibles vs los que se requerían.

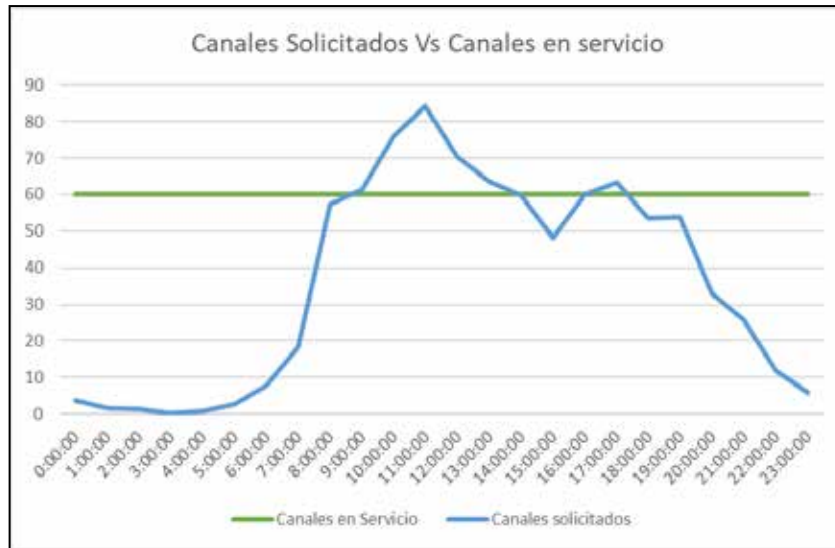


Figura 9. Gráfico canales solicitados vs Canales en Servicio de Datos Caso 1.
Fuente: Jiménez, D (2019)

De igual forma, podemos ver el comportamiento respecto al tráfico.



Figura 10. Gráfico Cap. ofrecida vs Cap. solicitada de Datos Caso 1.
Fuente: Jiménez, D (2019)

Por medio de programación macro para Excel generamos las funciones Erlang B y Erlang C para obtener las probabilidades de bloqueo y espera respectivamente, usando como parámetro el tráfico en hora pico, obteniendo los siguientes resultados para el caso anterior:

PROBABILIDAD DE BLOQUEO (ErlangB)	0,205966	20,59661	%
PROBABILIDAD DE ESPERA (ErlangC)	0,016875	1,687539	%

Figura 11. Probabilidad de Bloqueo y Espera de Datos Caso 1.
Fuente: Jiménez, D (2019)

Una probabilidad de bloqueo de 0.20 significa que al 20% de los clientes se les niega el servicio o quedará en cola de espera.

Ahora, se verán resultados para diferentes casos donde varían el tráfico en Erlangs y el número de canales en servicio. En este caso, aumentamos los canales, pero mantenemos el tráfico.

FECHA	HORA	CANSERV	ERLANGS	INTENTOS	CAPOFRECIDIA	PCCAPUTIL	CANALES USADOS	Nº de intentos por minuto	Eficiencia del canal 80%	Hora de máximo tráfico
02/12/2019	0:00:00	90	3,15	162	51	6,18	5,56	0,37	Canales suficientes	No
02/12/2019	1:00:00	90	1,35	144	51	2,65	2,38	0,42	Canales suficientes	No
02/12/2019	2:00:00	90	0,99	90	51	1,94	1,75	0,67	Canales suficientes	No
02/12/2019	3:00:00	90	0,18	36	51	0,35	0,32	1,67	Canales suficientes	No
02/12/2019	4:00:00	90	0,54	54	51	1,06	0,95	1,11	Canales suficientes	No
02/12/2019	5:00:00	90	2,16	72	51	4,24	3,81	0,83	Canales suficientes	No
02/12/2019	6:00:00	90	6,66	261	51	13,06	11,75	0,23	Canales suficientes	No
02/12/2019	7:00:00	90	15,66	394	51	30,71	27,64	0,10	Canales suficientes	No
02/12/2019	8:00:00	90	48,69	1179	51	95,47	85,92	0,05	No son suficientes	No
02/12/2019	9:00:00	90	32,2	1323	51	102,35	92,12	0,05	No son suficientes	No
02/12/2019	10:00:00	90	64,53	1593	51	126,53	113,88	0,04	No son suficientes	No
02/12/2019	11:00:00	90	71,55	1907	51	140,29	126,26	0,03	No son suficientes	Hora Pico
02/12/2019	12:00:00	90	59,94	1665	51	117,53	105,78	0,04	No son suficientes	No
02/12/2019	13:00:00	90	54,09	1557	51	106,06	95,45	0,04	No son suficientes	No
02/12/2019	14:00:00	90	50,85	1521	51	99,71	89,74	0,04	No son suficientes	No
02/12/2019	15:00:00	90	40,95	1332	51	80,29	72,26	0,05	No son suficientes	No
02/12/2019	16:00:00	90	51,21	1413	51	100,41	90,37	0,04	No son suficientes	No
02/12/2019	17:00:00	90	53,91	1512	51	105,71	95,14	0,04	No son suficientes	No
02/12/2019	18:00:00	90	45,63	1413	51	89,47	80,52	0,04	No son suficientes	No
02/12/2019	19:00:00	90	45,81	1431	51	89,82	80,84	0,04	No son suficientes	No
02/12/2019	20:00:00	90	28,17	1188	51	55,24	49,71	0,05	Canales suficientes	No
02/12/2019	21:00:00	90	21,87	972	51	42,88	38,59	0,06	Canales suficientes	No
02/12/2019	22:00:00	90	9,99	486	51	19,59	17,63	0,12	Canales suficientes	No
02/12/2019	23:00:00	90	5,04	279	51	9,88	8,89	0,22	Canales suficientes	No

Figura 12. Datos Caso 2
Fuente: Jiménez, D (2019)

PROBABILIDAD DE BLOQUEO (ErlangB)	0,004739	0,473946	%
PROBABILIDAD DE ESPERA (ErlangC)	0,007516	0,751603	%

Figura 13. Probabilidad de Bloqueo y Espera de Datos caso 2.

Fuente: Jiménez, D (2019)

Se observa que, si el número de recursos (S) crece y el tráfico (A) se mantiene, la probabilidad de bloqueo tiende a 0 cumpliéndose:

Ahora, para los casos en el que el tanto el tráfico como los recursos crezcan con un número de recursos=80 y tráfico=100, siendo $\gamma = A/S = 1,24$, se tiene el siguiente resultado con respecto a la probabilidad de bloqueo:

PROBABILIDAD DE BLOQUEO (ErlangB)	0,229494	22,94942	%
--	----------	----------	---

Figura 14. Probabilidad de Bloqueo de Datos Caso 3.1.

Fuente: Jiménez, D (2019)

Si, por el contrario, el número de recursos=100 y el tráfico=80.3, siendo $\gamma = A/S = 0,803$ se obtiene:

PROBABILIDAD DE BLOQUEO (ErlangB)	0,004305	0,430528	%
--	----------	----------	---

Figura 15. Probabilidad de Bloqueo de Datos Caso 3.2.

Fuente: Jiménez, D (2019)

Donde se puede deducir entonces que se cumpliría:

$$\lim_{\substack{S, A \rightarrow \infty \\ \frac{A}{S} \rightarrow \gamma}} EB(S, A) = \begin{cases} 0 \\ 1 - \frac{1}{\gamma} & \gamma > 1 \end{cases}$$

Se desarrolló la tabla mediante fórmulas matemáticas que permite estudiar el comportamiento para los diferentes casos, donde se puede observar el importante equilibrio que debe existir entre los canales disponibles y el tráfico, y se resalta que uno de los datos más importantes con el cual las operadoras de telefonía móvil pueden hacer el correcto dimensionamiento, es el tráfico generado en la hora pico, siendo este el objeto de estudio. Sabiendo entonces la importancia de dicho parámetro, ya ésta en decisión de cada operadora definir su grado de servicio, y su tope máximo de capacidad utilizada para decidir cuándo crecer.

Se puede suponer que una operadora tome como máximo de capacidad utilizada un 80%, y que en el momento en que se comience a ver que ese porcentaje es sobrepasado se decida que las dimensiones deben cambiar. Este hecho debido a que el 80% deja un porcentaje para picos en situaciones fuera de lo esperado. En nuestros casos de estudio, ese porcentaje era sobrepasado, y por lo tanto siempre se evidencio una probabilidad de bloqueo, así como momentos en que los canales no eran suficientes para lo solicitado.

Los casos presentados en el modelo son “Aleatorios”, y los resultados irán variando dependiendo de la data que se tenga en cuanto al día que se analiza y sus condiciones con respecto al tráfico.

CONCLUSIONES

En relación con los objetivos propuestos en la investigación, se puede afirmar que las evaluaciones estadísticas en estudios relacionados con el campo de tráfico en operadoras de telefonía móvil, permiten conocer lo que realmente ocurre a nivel interno entre sus propios componentes, además de brindar la facilidad de observar el mismo en comparación con niveles de exigencia y operacionalización efectiva. Así mismo, estos análisis facilitarán la comprensión de la data arrojada por equipos utilizados para realizar mediciones en este tipo de redes, que a simple vista no tienen significado relevante. Según Herrera (1979), la capacidad de tráfico es igual a la máxima carga que el sistema puede cursar con una pérdida específica. Es decir, cuando ocurre esta carga máxima, la pérdida no debe exceder el valor especificado. Existe una íntima relación entre el tráfico cursado y la capacidad de tráfico de un equipo de conmutación o de un grupo troncal. Sin embargo, el usuario de un sistema telefónico desea que, aun durante los periodos de máximo tráfico, su comunicación pueda establecerse. Por esta razón es que, para la planeación de sistemas, lo que interesa son los periodos de alto y no de bajo tráfico. Es necesario considerar entonces, dentro de un periodo de 24 horas, el periodo en el que ocurre máximo tráfico. Así, se conoce como hora ocupada u hora de máximo tráfico el periodo de 60 minutos durante el día, en el cual se registra el valor más alto de tráfico. La intensidad de tráfico durante esta hora se emplea como base para el dimensionamiento de los sistemas, tomando en cuenta que el resto del día el sistema estará sobrecalculado. La intensidad de tráfico es un dato importante en el dimensionamiento de sistemas telefónicos, pues, se emplea para calcular el número de trayectorias de conexión, así como de troncales en un sistema de conmutación. El ingeniero de planeación basa su trabajo en esa cifra por lo que requiere frecuentemente de verificarla, para esto se realizan pruebas de tráfico en centrales, de las que se obtiene una cifra específica para la intensidad de tráfico. La mayoría de las veces los cálculos de la probabilidad de bloqueo se refieren a la hora pico únicamente. Ésta se puede reducir incrementando recursos en el sistema u ofreciendo incentivos para usar los

recursos en horas no pico. El grado de servicio está directamente relacionado con la probabilidad de bloqueo. Un alto grado de servicio garantiza al cliente una baja probabilidad de bloqueo durante la hora pico. Proveer un alto grado de servicio requiere incrementar el número de recursos en el sistema y al contrario se podrían disminuir costos disminuyendo recursos, pero a costa de desmejorar el grado de servicio. La calidad de servicio define el rendimiento de una red de telefonía, visto principalmente por los usuarios de dicha red. Una sub categoría de calidad de servicios de telefonía son los requerimientos de nivel de servicio, los cuales comprenden aspectos de una conexión relacionados con la capacidad de una red, por ejemplo, garantizar la probabilidad máxima de bloqueo y la probabilidad de interrupción. En el campo de las redes de computadoras y otras redes de telecomunicación en paquetes, los términos de ingeniería del tráfico se refieren a mecanismos de control para la reserva de recursos en vez de la calidad de servicio lograda. Un Erlang puede ser considerado como "multiplicador de utilización" por unidad de tiempo, así un uso del 100% corresponde a 1 Erlang, una utilización de 200% son 2 Erlangs, y así sucesivamente. Por ejemplo, si el uso total del móvil en un área por hora es de 180 minutos, esto representa $180/60 = 3$ Erlangs. Esto puede ser usado para determinar si un sistema está sobredimensionado o se queda corto (tiene demasiados o muy pocos recursos asignados). Por ejemplo, el tráfico medido sobre muchas horas de ocupación puede ser usado para determinar cuántas líneas (troncales) debieran de utilizarse durante las horas de mayor ocupación. Podemos concluir diciendo que la ingeniería del tráfico y su análisis es un tema de suma importancia, ya que con su ayuda podemos predecir sistemas estables que no estén sub o sobredimensionados, asegurándose que las probabilidades de pérdida sean mínimas y que todos los usuarios obtengan un servicio óptimo, siendo a la vez rentable para la compañía. La obtención y análisis de datos se logra gracias al conocimiento de la distribución de poisson y a su vez de fórmulas como Erlang B y Erlang C para conocer la eficiencia del sistema.

RECOMENDACIONES

A las compañías de telefonía móvil:

Evaluar el dimensionamiento. Las redes son dimensionadas en base al grado de servicio o calidad de funcionamiento que se quiera ofrecer, y de acuerdo a la demanda de tráfico tanto actual como la prevista en un periodo futuro. En base a esta información se dimensionarán los recursos de red y se establecerán los controles de tráfico adecuados.

Monitorear la calidad de funcionamiento para verificar si se han alcanzado el grado de servicio que se desea ofrecer, sino se tendrán que realizar los ajustes del caso.

REFERENCIAS

Alzate, M y Peña, N. (2010). **Modelos de Tráfico en Análisis y Control de Redes de Comunicaciones obtenido**. Colombia

Anderson, D., Sweeney, D., Williams, T., Camm, J., y Martin, K., (2011). **Métodos cuantitativos para los negocios**, 11a ed. México

Arias, F. (2012). **Proyecto de investigación "Introducción a la metodología científica"**. Episteme, 5° edición.

Arraño, J. (2014). **Entendiendo Erlang C**. Disponible en: <https://jarrano.wordpress.com/2014/01/21/entendiendo-erlang-c/>

Ávila, S., Mestanza, L. (2002). **Diseño de un sistema para el análisis y la predicción del tráfico dentro de las celdas celulares de una operadora de telefonía móvil celular en la república del Ecuador**. Quito, Ecuador.

Avilés, J., García, A., Ortiz, I., (2015). **Análisis del tiempo de espera en sistema telefónicos con prioridad de usuario**. México.

Barceló, F. (2012). **“Tráfico de telefonía móvil: Caracterización e implicaciones del tiempo de ocupación del canal”**. España.

Cabrebra, C. (2012). **Dimensionamiento de recursos usando fórmulas Erlang**. Disponible en: <http://cesarcabrera.info/dimensionamiento-de-recursos-usando-formulas-erlang/>

Carrión, H. y. (2012). **Ingeniería del tráfico de telecomunicaciones**. Ecuador

Chakour, J. (2001). **Las telecomunicaciones en Venezuela y el contexto normativo internacional y regional**. Venezuela

Escobar F. (2016). **Estudio del tráfico de voz y datos para el correcto dimensionamiento de los enlaces**. Quito, Ecuador

Figueredo, (2005). **Agner Krarup Erlang (1878-1929)**. Obtenido de: http://http://www.matematicalia.net/index.php?option=com_content&task=view&id=129&Itemid=112

Hernandez. (s.f.). **Tráfico en telefonía.** Obtenido de:
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/garduno_a_f/capitulo1.pdf

Herrera, E. (1979). **Fundamentos de Ingeniería Telefónica.** Editorial Limusa. México.

García, R., Rojas, L. (2006). **Evaluación de tráfico de voz y datos en las redes celulares.** Zulia, Venezuela.

Hurtado, J. (2010). **El proyecto de investigación.** Caracas: Quirón.

Mijares, H. y. (2007). **Normas para la Elaboración y Presentación de los Anteproyectos, Proyectos y Trabajos de Grado.** Carabobo : UJAP.

Núñez, A. (2007). **La programación genérica en el diseño de una red de telefonía urbana.** Valencia, Venezuela.

Palella, S. y. (2010). **Metodología de la investigación Cuantitativa.** Caracas: Fedupel.

Rappaport, T. y. (1995). **Wireless Communication.** Estados Unidos.

Stallings, W. (2004). **Comunicaciones y redes de computadores.** Madrid, España.

Sallent Roig, Oriol, Pérez Romero, Jordi (2001). **Fundamentos de diseño y gestión de sistemas de comunicaciones móviles celulares.** España

ANEXOS

Fórmulas generadas en Microsoft Excel.

Para saber si los canales son suficientes, al 80% de capacidad (Así para cada número de Fila):

=SI(0,80*I2<D2;"Canales suficientes";"No son suficientes")

Para conocer la hora pico:

=SI(\$E\$2:\$E\$25=\$O\$1;"Hora Pico";"No")

Para conocer el máximo tráfico:

=MAX(E2:E25)

Cantidad de canales usados (Así para cada número de Fila):

=(H2/100)*D2

Porcentaje de capacidad usada (Así para cada número de Fila):

=(E2*100)/G2

Ocurrencias de desborde al día:

=CONTAR.SI(I2:I25;">"&D2)

Erlang B:

=ErlangB(MAX(E2:E25);D2)

Erlang C:

=ErlangC(MAX(E2:E25);D2)

Fórmulas para generar las funciones Erlang B y Erlang C mediante el programador de Microsoft Excel:

```
Function FACTORIAL(numero As Integer)
```

```
    Dim n As Integer
```

```
    FACTORIAL = 1
```

```
    For n = 1 To numero
```

```
        FACTORIAL = FACTORIAL * n
```

```
    Next
```

```
End Function
```

```
Function ErlangB(A As Double, m As Integer) As Double
```

```
    Dim numerador As Double
```

```
    Dim denominador As Double
```

```
    Dim j As Integer
```

```
    numerador = (A ^ m) / FACTORIAL(m)
```

```
    denominador = 0
```

```
    For j = 0 To m
```

```
        denominador = denominador + (A ^ j) / FACTORIAL(j)
```

```
    Next j
```

```
    ErlangB = numerador / denominador
```

```
End Function
```

```
Function ErlangC(A As Double, m As Integer) As Double
```

```
    Dim numerador As Double
```

```
    Dim denominador As Double
```

```
    Dim j As Integer
```

```
    numerador = ((A ^ m) * m) / (FACTORIAL(m) * (m - A))
```

```
    denominador = 0
```

```
    For j = 0 To m - 1
```

```
        denominador = denominador + ((A ^ j) / FACTORIAL(j) + numerador)
```

```
    Next j
```

```
    ErlangC = numerador / denominador
```

```
End Function
```