



**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES
CONTADOR PÚBLICO Y AUDITOR**

**“ESTUDIO DE LA TEORÍA DE COLAS COMO UNA
METODOLOGÍA EN LA OPTIMIZACIÓN DE TIEMPO DEL
DEPARTAMENTO DE CONTROL EN LA MUNICIPALIDAD
DE SAN NICOLÁS, PROVINCIA DE ÑUBLE.”**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE CONTADOR PÚBLICO Y AUDITOR

MENCIÓN TRIBUTARIA

AUTORAS:

**ARIAS CARO JOSEFA ELIZABETH
CORREA FUENZALIDA MARÍA PAZ**

Profesora Guía:
Dra. Ortiz Araya Virna

CHILLÁN, 2016

*Mamá, Papá, Daniela, Francisco y Rocio,
por su amor incondicional y ser el motivo de todo.
Nancy Cid y Hugo Freire, por considerarme
una más de la familia y hacerme sentir en casa en estos 5 años.
Jose, Manu, Tata, Gonzalo y Coni,
por ser los mejores compañeros en este viaje maravilloso.*

*Este logro está dedicado a:
Dios, por acompañarme en cada momento de mi vida,
Mis padres, Margarita y José
A Paxi por ser una amiga y a la vez una hermana,
a mis seis amigos que me brindaron su amistad en estos 5 años
y a todas aquellas personas que otorgaron su apoyo incondicional en mi etapa universitaria.*

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer en primer lugar a la Municipalidad de San Nicolás en especial a su alcalde Don Víctor Toro Leiva, por permitirnos realizar este estudio en esta institución.

También queremos dar un especial agradecimiento al Jefe del Departamento de Control Don Manuel Iribarra Parra, por facilitarnos un espacio dentro de su oficina y otorgarnos su total disposición a ayudar en esta investigación.

A nuestra profesora guía, Virna Ortiz Araya quien nos acompañó en este proceso, entregándonos sus conocimientos e ideas para una mejor ejecución de la investigación.

Y por último, a los profesores, compañeros y funcionarios de la Facultad de Ciencias Empresariales que fueron una pieza clave en nuestro paso por la Universidad del Bío-Bío.

ÍNDICE

Agradecimientos.....	3
Índice.....	4
índice de figuras	6
Índice de tablas.....	7
Resumen ejecutivo.....	8
Introducción.....	9
Capítulo 1: Antecedentes Generales.....	11
1.1. Objetivos.....	12
1.1.1. Objetivo general.....	12
1.1.2. Objetivo específicos.....	12
1.2. Planteamiento del problema y justificación.....	12
1.3. Metodología.....	14
1.3.1. Tipo de estudio.....	14
1.3.2. Fuentes de información.....	14
1.3.3. Método de recolección de la información.....	15
Capítulo 2: Comuna de San Nicolás.....	16
2.1. Comuna de San Nicolás.....	17
2.2. Municipalidad	18
2.2.1. Definición.....	18
2.2.2. Estructura orgánica y administrativa de la Municipalidad de San Nicolás.....	18
2.3. Departamento de Control.....	20
2.3.1. Funciones.....	20
2.3.2. Procesos de la función revisadora.....	23
Capítulo 3: Teoría de Colas.....	27
3.1. Origen de la teoría de colas.....	28
3.2. Definición de la teoría de colas.....	29
3.3. Características del sistema de colas.....	30
3.3.1. Fuente de entrada.....	30
3.3.2. Mecanismo del servicio.....	30
3.3.3. Disciplina de la fila.....	31
3.3.4. Cola.....	31
3.4. Modelos.....	31
3.4.1. M/M/1.....	32
3.4.2. M/M/C.....	34
Capítulo 4: Simulador FlexSim.....	37
4.1. Simulación.....	38
4.2. Software de simulación FlexSim.....	39
4.2.1. Características de FlexSim.....	39

4.2.2. Beneficios de FlexSim.....	39
4.2.3. Terminología de FlexSim.....	40
4.2.4. Objetos del software de simulación FlexSim.....	40
4.2.5. Experimenter.....	41
4.3. FlexSim y teoría de colas.....	42
4.4. Implementación y problema de estudio.....	42
Capítulo 5: Simulación y análisis de resultados.....	47
5.1. Planteamiento del problema.....	48
5.2. Muestreo.....	48
5.2.1. Toma de muestras.....	48
5.2.2. Clasificación de muestras.....	48
5.3. Cálculo de medidas de desempeño con un servidor.....	49
5.3.1. Análisis teórico.....	49
5.3.2. Análisis en el simulador FlexSim.....	51
5.4. Cálculo de medidas de desempeño con dos servidores.....	57
5.3.1. Análisis teórico.....	57
5.3.2. Análisis en el simulador FlexSim.....	57
5.5. Análisis comparativo: un servidor v/s dos servidores.....	63
5.6. Comentarios sobre el estudio.....	63
5.7. Ventajas del uso de la metodología de teoría de colas en la optimización del tiempo.....	64
Conclusión.....	67
Anexos.....	68
Bibliografía.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Comuna de San Nicolás.....	17
Figura 2: Frontis Municipalidad de San Nicolás.....	18
Figura 3: Organigrama de la Municipalidad de San Nicolás.....	19
Figura 4: Funciones por reglamento.....	20
Figura 5: Actividades a Evaluar.....	23
Figura 6: Sistema de teoría de colas.....	28
Figura 7: Sistema simple M/M/1.....	32
Figura 8: Sistema M/M/C.....	34
Figura 9: Fases de un estudio de simulación.....	38
Figura 10: Objetos de FlexSim.....	40
Figura 11: Experimentar en FlexSim.....	41
Figura 12: Teoría de colas en FlexSim.....	42
Figura 13: Barra de herramienta Sketchup.....	43
Figura 14: Buscador de modelos.....	43
Figura 15: Modelo en Sketchup.....	44
Figura 16: Formato de archivo.....	44
Figura 17: Agregar plane.....	44
Figura 18: Configuración de las propiedades del plane.....	45
Figura 19: Página principal de FlexSim con un diseño de Sketchup.....	45
Figura 20: Elección de elementos.....	46
Figura 21: Oficina del Departamento de Control.....	46
Figura 22: Muestreo por semana.....	49
Figura 23: Configuración de la distribución estadística.....	51
Figura 24: Configuración del tiempo primera semana.....	52
Figura 25: Ventana principal Experimentar.....	52
Figura 26: Elección de medida de desempeño.....	53
Figura 27: Configuración de la medida de desempeño.....	53
Figura 28: Configuración de replicaciones y tiempo de simulación.....	54
Figura 29: Selección de resultados.....	54
Figura 30: Configuración processor 1 modelo M/M/C primera semana.....	60
Figura 31: Configuración processor 2 modelo M/M/C primera semana.....	60
Figura 32: Distribución de funciones del Departamento de Control de la Municipalidad de San Nicolás.....	65
Figura 33: Comportamiento semanal de los trabajos.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Nomenclatura básica de Kendall.....	32
Tabla2: Parámetros de entrada para las medidas de desempeño M/M/1.....	33
Tabla 3: Parámetros de entrada para las medidas de desempeño M/M/C.....	35
Tabla 4: Formato toma de muestras.....	48
Tabla 5: Resumen de tiempo y número de documentos en el sistema, primera semana.....	55
Tabla 6: Resumen de tiempo y número de documentos en la cola, primera semana.....	55
Tabla 7: Resumen de resultados con un servidor.....	56
Tabla 8: Resumen de tiempo y número de documentos en el sistema con 2 servidores, (primera semana)..	61
Tabla 9: Resumen de tiempo y documentos en cola con 2 servidores (primera semana).....	61
Tabla 10: Resumen de resultados con dos servidores.....	62

RESUMEN EJECUTIVO

Esta investigación expone una manera de gestionar el tiempo a través de la teoría de colas en el Departamento de Control de la Municipalidad de San Nicolás.

Las tareas de visado de documentos tales como: Contratos de trabajo, Decretos de pago y rendiciones de cuentas, son muy usuales en el Departamento de Control de la Municipalidad de San Nicolás, porque estos influyen en los procesos de otros Departamentos del municipio. Sin embargo, este tipo de documentos llegan en cualquier momento, generando un desorden en la planificación diaria del Departamento, ya que muchas veces, el funcionario a cargo debe dejar lo que está haciendo para revisar y concretar esta tarea, provocando perder el seguimiento de la tarea que se estaba realizando actualmente.

La metodología consiste en muestrear cuatro semanas el comportamiento en la ejecución de las tareas de revisión de documentos del Jefe del Departamento de Control de la Municipalidad de San Nicolás. Con estas muestras calcular los indicadores de eficiencia de acuerdo a la teoría de colas. Estos resultados fueron comparados con el software de simulación FlexSim, en dos escenarios: el primero consta de un servidor (M/M/1) que es el escenario actual del Departamento y el segundo, se agrega otro servidor (M/M/C) para conocer el comportamiento del sistema en el caso de incorporar un funcionario más.

Los resultados obtenidos son analizados y comparados entre sí para luego proponer una solución frente al problema presentado en el Departamento de Control de la Municipalidad de San Nicolás.

INTRODUCCIÓN

Los estudios de Teoría de colas o también llamado líneas de espera, han tenido un incremento debido a los resultados que estas entregan, ya que permiten tomar decisiones importantes en cuanto a la capacidad de los sistemas, los tiempos de espera y los tiempos de servicio.

El fenómeno de colas es muy usual, se puede encontrar desde la fila que se forma en un supermercado para recibir un servicio hasta los procesos que forman una cola para poder ser ejecutados por un procesador dentro de una industria.

Los modelos de líneas de espera utilizan distribuciones de probabilidades para proponer estimaciones de tiempo en promedio, empleando modelos según el número de servidores que existan dentro del sistema y la distribución exponencial con la cual se establecen las llegadas. Un ejemplo común es el modelo M/M/1 que asume llegadas aleatorias y contiene 1 servidor o el modelo M/M/C cuya diferencia con el primero es que existen más de un servidor.

Para complementar el estudio matemático se simula el proceso en un software llamado FlexSim, el que permite construir y ejecutar una simulación en tercera dimensión. Es usado por diferentes empresas, debido a la funcionalidad que este software presenta al incorporar un escenario muy similar a la realidad sin la necesidad de hacer cambios en la situación actual, no entorpeciendo el desarrollo de los procesos y visualizando los resultados de manera virtual reduciendo costos importantes de puestas en marcha, de sobrecarga de trabajo o de no utilización de la capacidad del servidor.

Dentro de los problemas que se pueden encontrar en las instituciones públicas a nivel presencial, es el de la sobrecarga de funciones. Al observar el trabajo del Departamento de Control de la Municipalidad de San Nicolás, se observa que el Jefe a cargo, posee funciones que demandan una proporción elevada de tiempo, la que se ve interrumpida por la llegada de documentos a revisar y esta tarea debe ser finalizada en un periodo no superior a una jornada de trabajo o interrumpe los procesos de otros departamentos del municipio. A esta tarea en particular, es decir el visado de documentos, se aplica la teoría de colas.

El estudio fue desarrollado en 5 capítulos. El primer capítulo presenta los objetivos que se pretenden lograr al realizar la memoria, la metodología que utiliza señalando el tipo de estudio, las fuentes de información, tanto primarias como secundarias. También, se define el problema y la justificación del estudio.

En el segundo capítulo se describe la municipalidad de la comuna de San Nicolás, y se menciona una breve descripción del Departamento de Control y sus funciones internas determinadas por ley.

El capítulo tres trata de la Teoría de Colas, sus elementos, poniendo especial énfasis en los modelos M/M/1 y M/M/C, para uno o dos servidores respectivamente, aplicados posteriormente en la investigación.

El cuarto capítulo consiste en la definición y pasos de una simulación, las funciones que engloba el software FlexSim, así como las ventajas, beneficios y utilidad que presenta. En este capítulo se plantean los pasos a seguir para realizar la simulación en FlexSim correspondiente al estudio realizado.

Finalmente, en el capítulo 5 se presenta la simulación implementada en FlexSim y el análisis de resultados. De manera detallada, se muestran los modelos de estudio de tiempo empleados en el análisis de la ejecución de tareas como los decretos de pago, contratos de trabajo y rendiciones de cuenta por el encargado del Departamento de Control. Este estudio permite comparar los resultados obtenidos de manera teórica haciendo uso de las fórmulas asociadas a las medidas de eficiencia en Teoría de Colas para uno y dos servidores, y las simulaciones en FlexSim. Esta metodología fue implementada con los datos obtenidos durante tres meses de mediciones.

Asimismo, se mencionan las ventajas del uso de la metodología y las recomendaciones realizadas a la institución, que se pueden deducir a través de los resultados presentados.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo General

Estudiar la Teoría de Colas como una metodología de optimización del tiempo utilizado para la entrega de tareas en el Departamento de Control de la Municipalidad de San Nicolás provincia de Ñuble.

1.1.2. Objetivos específicos

- Conocer la gestión de procesos del Departamento de Control.
- Identificar componentes principales en la tardanza en la ejecución de los trabajos.
- Estudiar la teoría de colas a través de un análisis bibliográfico.
- Modelar a través de la Teoría de Colas el trabajo del Departamento de Control.
- Comparar metodologías teóricas y resultados con simulador.
- Simular el trabajo del Departamento de Control de la Municipalidad de San Nicolás y proponer un plan de optimización.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

El sector público, en especial los municipios han sido un foco relevante para investigaciones en cuanto al análisis, optimización y mejoramiento de procesos, a través del rediseño de procesos y la confección de indicadores de eficiencia y eficacia de los mismos, mayoritariamente.

La Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo, clasifica a la municipalidad de San Nicolás como Rurales-Intermedios y Pequeños (SUBDERE, 2015), este tipo se caracteriza principalmente por su baja densidad poblacional, baja actividad económica, dispersión de la población y cuyo capital social cuenta con pocos recursos humanos calificados para las funciones que se requiere. Esto genera, una menor disposición de puestos de trabajos dentro del organismo, lo que a su vez provoca una carga de trabajo mayor en las funciones de los jefes de los departamentos estratégicos, formando un caos en los procesos, implicando un no cumplimiento de sus objetivos.

El Departamento de Control de la Municipalidad de San Nicolás, se encuentra con una sobrecarga de tareas a cumplir en un periodo de tiempo determinado. Es por esta razón que se propone realizar un estudio de tiempo, que permita a corto plazo, encontrar una solución a través de técnicas teóricas y de simulación.

El fenómeno de las “Colas” según Seow (2000) citado por Cortez (2011) “surge cuando un recurso compartido necesita ser accedido o dar servicio a un elevado número de trabajos o clientes, lo cual se traduce en un desequilibrio transitorio entre oferta y demanda”, es decir

que la “Fila” o “Cola” está directamente relacionado con el diseño del proceso. En cuanto a la “Teoría de Colas” o “Teoría de líneas de espera”, esta puede ser utilizada tanto en empresas de servicios como en empresas manufactureras, por el hecho de que se relaciona la llegada de los clientes con el sistema mismo, es decir, como se procesa la tarea y posteriormente como esta sale. Es preciso decir que lo fundamental en las líneas de espera es que no son una condición fija de un sistema productivo, sino que la administración del servicio o el diseño del sistema en el cual se encuentra la fila, se puede controlar (Chase, Jacobs & Aquilano, 2009).

Estudios anteriores, como los de Cortez (2011), González (2012) y Cardona (2005), aplican la Teoría de Colas para la disminución de tiempo de los clientes. Por ejemplo Cortez (2011) en su trabajo, aplica la Teoría de colas a la fila que se forma en la caja de un supermercado, utilizando la visión de computador y métodos estadísticos para llegar a estimar cuántas cajas deben permanecer abiertas a través del reconocimiento facial usando cámaras. El sustento teórico de este trabajo radica en el empleo del algoritmo *Naive Bayes Nearest Neighbor*, que funciona como un clasificador en las nuevas muestras que se obtiene y que a la vez genera una base de datos.

Otra aplicación estudiada corresponde a González (2012), quien realiza su investigación en la fila de una corredora de seguros. Los resultados del estudio permiten inferir si aumentan o disminuyen los servidores, ya que dependerá del comportamiento de la fila, dejando en claro, que las opciones para aplicar la Teoría de Colas también radica en la eficiencia de los servidores, el número de instalaciones existentes para los servidores, el tamaño del lugar físico donde espera la fila. De igual forma, los costos del servicio son un factor relevante, pues, no es solo aumentar la dotación de servidores o disminuirla, todo dependerá de la capacidad financiera de la entidad con la que se está trabajando.

Cardona (2005), estudia una serie de departamentos o secciones dentro de la Municipalidad de Santa Catarina de Pinula en Guatemala. En su caso, calcula todas las medidas de desempeño, es decir el tiempo medio del servicio, tasa de llegadas, probabilidad del sistema vacío, entre otras, para generar un catastro del sistema de los departamentos o secciones tales como: Registro Civil, Dirección de Servicios Públicos, Juzgado de Asuntos Municipales, Caja, Registro de Vecindad, entre otros. Posteriormente calcula estas medidas, agregando un servidor o en algunos casos sólo cambiando de ubicación el centro de atención, para generar una espera más agradable a los usuarios.

A partir de lo observado en el Departamento de Control de la comuna de San Nicolás, se tienen las funciones generales, dadas por la Ley 18.695 y por el reglamento interno del municipio, las cuales se dividen en: Auditora, Asesora y Evaluadora y Revisadora. Esta última presenta una mayor actividad diaria en cuanto a la revisión de documentos tales como: contratos de trabajo, decretos de pago y rendiciones de cuenta, siendo condicionada a no prolongarse más allá de una jornada de trabajo ya que entorpece los procesos de otros

departamentos de la Municipalidad. Es este el problema que se quiere abordar aplicando la Teoría de Colas para obtener las medidas de desempeño del sistema, como por ejemplo la capacidad, la demora en la ejecución del trabajo, el tiempo de espera tanto en la cola como en el sistema, entre otras. Posteriormente, se simula el proceso con el software FlexSim, que otorga resultados estadísticos del trabajo realizado por el Jefe del Departamento, permitiendo también, una visualización en tercera dimensión del proceso a simular. A esta aplicación, se incorpora un servidor más, para representar el comportamiento del departamento en cuanto a la ejecución de la función escogida.

Con esto, se podrán comparar los resultados tanto teóricos como los de simulación para otorgar una propuesta de solución al problema identificado, la que implicaría en invertir en recurso humano.

En base a los objetivos del estudio, el resultado permitirá al Departamento de Control de la Municipalidad de San Nicolás, una propuesta válida, para que el Jefe del Departamento pueda cumplir con todas las responsabilidades designadas.

1.3. METODOLOGÍA

1.3.1. Tipo de estudio

Estudio de tiempo con carácter cuantitativo. Este permite evaluar, estimar y predecir el comportamiento de los sujetos a investigar a través de un análisis matemático aplicando la Teoría de Colas, donde se extraerá una muestra de tiempo significativa en la función Revisadora, específicamente en las actividades del visado de contratos de trabajo, decretos de pago y rendiciones de cuentas.

Posteriormente, se calculan las medidas de desempeño en base a la Teoría de Colas, junto con esto, la información recabada se integrará en el simulador en 3D (FlexSim) cuyos resultados serán comparados con los determinados a través de las expresiones de Teoría de Colas, generando un análisis acabado de la situación actual y permitiendo hacer conclusiones para un mejoramiento en la ejecución del trabajo.

Se pretende a través de los resultados determinar si el Departamento de Control requiere un funcionario más para ejecutar las diversas actividades o proponer un plan de optimización de tiempo.

1.3.2. Fuentes de información

La información recolectada se obtendrá de las siguientes fuentes:

- La fuente primaria es el Jefe del Departamento de Control. Los Jefes de Servicios municipales, en especial el Jefe del Departamento en cuestión, efectúa las diversas

auditorias, es decir del tipo: Financiera, Operativa y Administrativa.

Se identifica como una fuente de información primaria porque está directamente relacionado con el departamento y conoce los procesos que se deben llevar a cabo dentro de este.

- Secundarias
 - Ley N° 18.695, Orgánica Constitucional de Municipalidades
 - Ley N° 18.995, de la Contraloría General de la República
 - Plan de desarrollo comunal (PLADECO)
 - Subsecretaría de desarrollo regional y administrativo (SUBDERE)
 - Asociación chilena de municipalidades
 - Confederación nacional de funcionarios municipales de Chile
 - Tesis
 - Registros anteriores
 - Literatura especializada
 - Artículos científicos

1.3.3. Método de recolección de información

1.3.3.1. Revisión de bibliografía

A través de las bases de datos proporcionadas por la biblioteca de la Universidad del Bío-Bío a través de la “Zona de Memoristas”, página web DIALNET, Scielo Chile, Google Academics.

1.3.3.2. Visitas en terreno (método de la observación)

Scribano (2008) establece que la observación no implica solamente el acto de observar, sino más bien esta “comprende el desarrollo de todo un proceso social con sus fases y ritmos”, es por esto que no es un acto aislado en sí, comprende la interacción social y el papel que desempeña el investigador.

1.3.3.3. Manuales de procedimiento

En el caso de existir un manual con las directrices a seguir en cada uno de las funciones que debe cumplir el Departamento de Control.

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE CONTROL Y SUS FUNCIONES

2.1. COMUNA DE SAN NICOLÁS

San Nicolás es una comuna perteneciente a la provincia de Ñuble de la región del Bío-Bío, creada el 22 de diciembre de 1891. Cuenta con una superficie 1,28 kilómetros cuadrados y su población correspondiente a 10.063 personas aproximadamente según el censo 2002. Según el Plan de Desarrollo comunal actual, San Nicolás presenta un porcentaje bastante mayor de población rural, pero con un fuerte crecimiento de la población urbana, debido al éxodo rural interno.

San Nicolás se caracteriza por ser una unidad productiva autosuficiente que ha surgido a través de los años, pero aún conserva el apego a la tierra, el gusto por el aire libre, las trillas, el rodeo, las carreras a la chilena, los juegos populares, la rica gastronomía, el folclore, etc. Todos estos elementos están aún latentes en la conciencia colectiva de buena parte de los *nicolasinos*. Un ejemplo, es la voluntad del gobierno comunal por potenciar actividades que rescatan una parte de la historia local como lo es la cabalgata, los campeonatos de rodeos, la vendimia, fiestas gastronómicas típicas, etc.

A pesar de ser un pueblo pequeño cuenta con diversos servicios, telefónico, carabineros, correo, consultorio, internet, muchos de ellos entregados por el municipio. El comercio no es abundante pero satisface las necesidades de los habitantes del pueblo.

En cuanto a la economía local, se sustenta mayoritariamente en el sector silvoagropecuario (concentrado y heterogéneo), es decir, establecimientos agroindustriales (pecuarios, forestales y hortofrutícolas), los que pertenecen a la categoría de pequeña y mediana empresa, dentro del territorio comunal. A su vez, se caracteriza por el desarrollo creciente pero lento del área de servicios y comercio vinculado a la consolidación del polo urbano de San Nicolás y de Puente Ñuble.

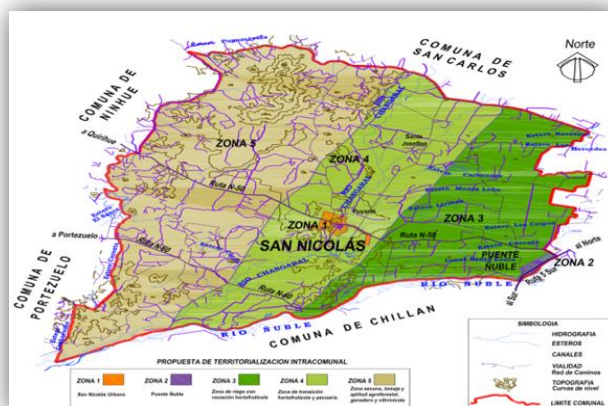


Figura 1: Comuna de San Nicolás

Fuente: PLADECO San Nicolás

2.2. MUNICIPALIDAD

2.2.1. Definición

“Son corporaciones autónomas de derecho público, con personalidad jurídica y patrimonio propio, cuya finalidad es satisfacer las necesidades de la comunidad local y asegurar su participación en el progreso económico, social y cultural de las respectivas comunas” (Ley 18.695, 1997).



Figura 2: Frontis Municipalidad de San Nicolás

2.2.2. Estructura orgánica y administrativa de la Municipalidad de San Nicolás

La estructura orgánica y administrativa varía de una municipalidad a otra. Todo dependerá de las necesidades de cada una de estas.

Es importante señalar que las funciones y atribuciones de las municipalidades dependen de lo que estimen el Alcalde y el Concejo Municipal.

Aun así, la Ley Orgánica de Municipalidades en su artículo 16 establece que los departamentos que se deberá considerar, son las siguientes unidades:

- Secretaría Municipal.
- Secretaría Comunal de Planificación.
- Unidad de Desarrollo Comunitario.
- Unidad de Administración y Finanzas.
- Unidad de Control.

La Municipalidad de San Nicolás en términos generales cuenta con la estructura organizacional presentada en la figura 3.

Organigrama de la Municipalidad de San Nicolás

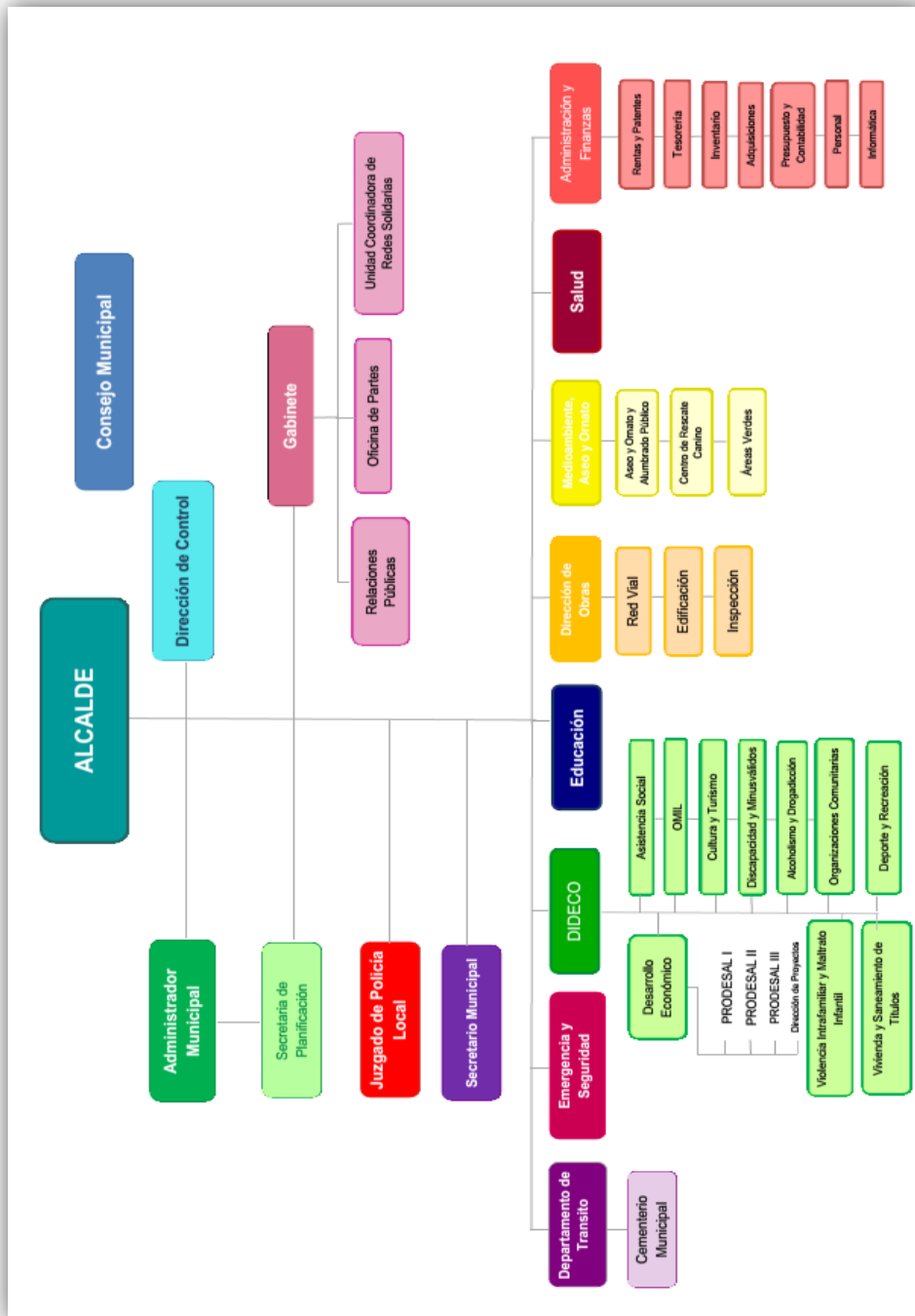


Figura 3: Organigrama Municipalidad de San Nicolás
Fuente: Municipalidad de San Nicolás

DEPARTAMENTO DE CONTROL

El Departamento de Control es una unidad clave dentro de los Municipios, ya que su labor es principalmente la auditoría y asesoría a las demás secciones existentes en la Municipalidad.

2.2.3. Funciones

Las funciones del Departamento de Control de la Municipalidad de San Nicolás están dadas por la *Ley Orgánica Constitucional De Municipalidades N° 18.695* y el *Reglamento Interno del Municipio*.

2.2.3.1. Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades n° 18.695

La Ley, en su artículo 29 señala que el Departamento de Control deberá hacerse cargo de las siguientes funciones:

- Auditoría operativa interna de la municipalidad.
- Controlar la ejecución financiera y presupuestaria municipal.
- Representar al alcalde en los actos municipales que estime ilegales.
- Contribuir con el concejo en el ejercicio de sus funciones fiscalizadoras.
- Asesorar al concejo en la definición y evaluación de la auditoría externa.
- Realizar, una presentación en sesión de comisión del concejo, con el fin de resolver las dudas de los miembros en cuanto al cumplimiento de las funciones que le competen.

2.3.1.2. Reglamento Interno de la Municipalidad de San Nicolás

El Reglamento interno en su artículo N°21 define las funciones del Departamento de Control de la Municipalidad, en tres secciones Auditora, Revisora y Asesora y Evaluadora.

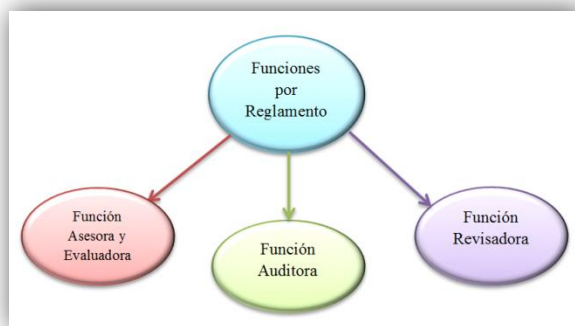


Figura 4: Funciones por reglamento

Fuente: Elaboración propia en base a reglamento interno.

Función Asesora y Evaluadora

Tiene como objetivo brindar apoyo a las unidades municipales en todas las materias relativas a procedimientos administrativos como asimismo, evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos institucionales, de las metas colectivas o de desempeño individual, según corresponda.

Las funciones generales son:

- Evaluar dentro de sus atribuciones legales el funcionamiento administrativo del Municipio y proponer el mejoramiento de su organización y métodos cuando corresponda.
- Estudiar y proponer el uso de nuevas técnicas operativas y administrativas.
- Analizar las instrucciones, reglamentos, manuales de organización y procedimientos, recomendado cuando proceda su elaboración o actualización. Asesorar en puestas en marcha de cualquier nueva función o procedimientos que se establezca.
- Dar respuesta por escrito a las consultas o peticiones de informes que le formule un concejal.
- Evaluar los objetivos institucionales del Municipio y las metas colectivas de las diferentes unidades e individuales de las unidades que forman parte de la organización y contenidos en el programa Anual de Gestión Municipal y que tienen como fin el mejorar la eficiencia y eficacia, economía y la calidad del servicio tanto al interior del municipio como hacia la comunidad.
- Recepcionar los informes emitidos por cada dirección o unidad superior respecto al grado de logro de los objetivos y metas.
- Preparar los informes destinados al Concejo Municipal sobre el grado de cumplimiento de los objetivos institucionales y de las metas colectivas o de desempeño individual, según corresponda.
- Requerir en cualquier momento de las unidades municipales, el señalamiento de los grados de cumplimiento de las metas y objetivos respectivos.

Función Revisadora

Tiene como objetivo efectuar los controles y las fiscalizaciones periódicas, verificando en ello la legalidad de los actos municipales.

Las funciones Generales son:

- Supervisar periódicamente los registros e inventarios de los bienes físicos municipales.
- Controlar el cumplimiento y recomendar la actualización de los convenios y contratos que comprometan la responsabilidad y/o bienes municipales.

- Revisar las rendiciones de cuentas de los fondos entregados mediante subvenciones municipales.
- Analizar y visar los antecedentes relativos a las bases de concesiones, licitaciones públicas y propuestas privadas.
- Revisa las pólizas de fidelidad funcionaria para que todos los funcionarios que tienen responsabilidad pecuniaria o de especies que cuenten con ella.
- Revisar que los registros contables se ajusten a la normativa emanada de la Contraloría General de la República en conformidad a lo estipulado en la Ley Orgánica de Administración Financiera del Estado.
- Visar los Decretos de Pago o Solicitudes de Pedido, según corresponda.
- Representar al Concejo Municipal los déficits que advierta en el presupuesto municipal.
- Emitir un informe trimestral del estado de avance del ejercicio programático y presentarlo ante el Concejo Municipal.
- Revisar y evaluar la legalidad en el monto y oportunidad en el pago de las dietas de los concejales y demás asignaciones, de los reembolsos de gastos en el ejercicio de dicha función y de los fondos a rendir en caso que procedan, todo ello en conformidad a la legislación vigente.
- Realizar un seguimiento y control de la utilización del Portal de Chile Compras en los contratos de suministro y de prestación de servicios que efectúe la Municipalidad en conformidad a lo estipulado en la Ley N° 19.886.
- Informar trimestralmente al Concejo Municipal sobre el estado cumplimiento de los pagos por concepto de cotizaciones previsionales de los funcionarios municipales y de los trabajadores que se desempeñan en los servicios incorporados a la gestión municipal, administrados directamente por la Municipalidad o a través de corporaciones municipales.
- Informar trimestralmente al Concejo Municipal de los aportes que la Municipalidad debe efectuar al Fondo Común Municipal.

Función Auditora

Tiene como objetivo realizar las auditorías operativas, periódicas y las especiales encomendadas por el alcalde o el Concejo Municipal, efectuadas a las unidades municipales.

Las funciones generales son:

- Confeccionar el Plan Anual de Auditoría.
- Velar por un correcto sistema de remuneraciones en conformidad a legislación vigente, especialmente en el respeto de los límites de gasto en personal y porcentajes del personal a contrata y a honorarios al interior del municipio.

- Revisar los contratos y procedimientos relativos a las contrataciones a honorarios.
- Revisar y evaluar la legalidad del sistema de otorgamiento de permisos de circulación y Licencias de Conducir.
- Revisar y evaluar la legalidad del sistema de otorgamiento de patentes municipales, incluidas las patentes de alcoholes.
- Revisar y evaluar la legalidad del sistema de otorgamiento de permisos de construcción.
- Revisar y evaluar la legalidad en el sistema de concesiones municipales y su posterior seguimiento y control en el cumplimiento de dichos contratos por parte de las empresas concesionarias, (concesiones de aseo, de áreas verdes, de parquímetros, de mantención de alumbrado público, de estacionamientos subterráneos y otros).
- Efectuar las auditorías a las unidades municipales, que incluyen conciliaciones bancarias, rendiciones de cuentas, arqueos de caja y de especies valoradas, a lo menos semestralmente, informando del resultado al Alcalde y al Concejo Municipal.
- Conocer de todo acto administrativo municipal con contenido patrimonial.
- Auditar los informes y estados financieros que la Municipalidad presente interna o externamente en relación a su exactitud, oportunidad, veracidad y utilidad.

2.3.2. Procesos de la función revisadora

Como se mencionaba en el punto anterior las funciones por reglamento se dividen en auditora, asesora y evaluadora, y revisadora.

Esta última función es la que se realiza con mayor frecuencia, ya que las actividades que esta comprende requieren la ejecución inmediata y obligatoria por parte de este departamento.

El trabajo se concentra en el visado de:

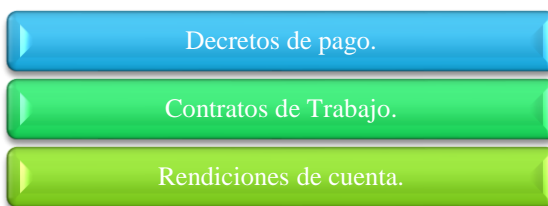


Figura 5: Actividades a evaluar

Fuente: Elaboración propia

El Jefe del Departamento de Control debe revisar que estos trabajos cumplan con las especificaciones que se detalla a continuación:

2.3.2.1. *Decretos de pago*

Los decretos de pago son enviados desde tres áreas: Departamento de Administración y Finanzas Municipal, Área de Finanzas del Departamento de Salud y el Área de Finanzas del Departamento de Educación. Posteriormente, el Director de Control realiza la revisión y aprobación correspondiente.

La confección de Decretos de Pago comienza en los Departamentos o Áreas de Finanzas por el pago de productos o servicios prestados al municipio. En el momento en que estos llegan al Departamento de Control debe venir adjunta la siguiente documentación:

- Decreto de Pago.
- Devengado.
- Obligación.
- Certificado del encargado del departamento que solicitó la orden.
- Orden de Compra.
- Solicitud de Compra.
- Tres presupuestos de tiendas diferentes.
- Otra documentación que respalde la compra o servicio.

El objetivo de estos respaldos es que se compruebe la compra o servicio. A su vez, deben estar firmados y timbrados por el Jefe del área al que corresponden antes de ser revisados por el Jefe de Control.

El encargado de Control debe revisar que se imputen las cuentas del presupuesto anual correctamente, además de corroborar que cada decreto tenga adjunta la documentación antes mencionada.

2.3.2.2. *Contratos de trabajo*

En el caso de los Contratos de trabajo, estos son redactados por el encargado de Recursos Humanos.

En este se debe indicar el cargo del funcionario, el carácter de la prestación de servicios, pudiendo ser estos cargos de plantas, contrata o contratación a honorarios.

El contrato debe especificar el número de decreto que aprueba la prestación de servicio, además, el mismo original y firmado por ambas partes. También debe adjuntarse un certificado de la unidad de Finanzas del área que corresponda que conste de la respectiva

contratación y el monto pactado por la prestación de servicios, además, de la fecha de pago de cada mes, los días de permiso, días de vacaciones, beneficios y obligaciones.

Dentro de las obligaciones de los funcionarios deben constar:

- Desempeñar personalmente las funciones del cargo.
- Cumplir la jornada de trabajo y realizar trabajos extraordinarios del superior jerárquico.
- Cumplir destinaciones y comisiones de servicio que ordene la autoridad.
- Obedecer órdenes del superior jerárquico.

En el contrato debe quedar indicado los días de permisos con goce de remuneraciones como los que no tienen derechos, y cese de funciones, renuncia cumplimiento del plazo de la contrata, jubilación pensión o renta vitalicia.

Es importante señalar que los contratos deben renovarse todos los 31 de diciembre de cada año.

Posteriormente de redactado son llevados al Departamento de Control, cuyo encargado debe cerciorarse que todas especificaciones se cumplan para la aprobación y posteriores firmas de las partes.

2.3.2.3. Rendiciones

El Departamento de Control ve 4 tipos de rendiciones:

- Rendiciones de caja chica de los departamentos de finanzas (Municipal, Departamento de Salud y Departamento de Educación).
- Rendiciones de organizaciones comunitarias.
- Rendiciones de los gastos de los concejales.
- Cometidos de los funcionarios.

Las rendiciones de fondos deben realizarse dentro de los primeros 5 días hábiles del mes siguiente al de efectuado los egresos.

Tesorería, debe preparar un expediente de rendición de cuentas de los gastos del período. Este informe, debe prepararse por cada una de las cuentas corrientes bancarias que se administren en dicha unidad.

El Director de Control debe revisar que se adjunte la siguiente información según se especifica en la resolución N° 30 del 11 de marzo de 2015, la Contraloría General de la República.

- El o los informes de rendición de cuentas, que consistente en un informe financiero de todos los gastos del mes.
- Los comprobantes de ingresos con la documentación auténtica o la relación y ubicación de esta cuando proceda, que acrediten los ingresos percibidos por cualquier concepto.
- Los componentes de egresos con la documentación auténtica o la relación y ubicación de esta cuando proceda, que acrediten todos los desembolsos realizados.
- Los comprobantes de traspasos con la documentación autentica o la relación y ubicación de esta cuando proceda. Que demuestren las operaciones contables que no corresponden a ingresos y gastos efectivos, y
- Los registros a que se refiere la Ley N°19.862, cuando corresponda.

Además, el funcionario, persona o entidad responsable de la rendición, deberá agregar toda la documentación o información que permita acreditar los ingresos, egresos o traspasos de los fondos respectivos. Tratándose de transferencias o subvenciones, deberá especificarse en el informe de rendición y/o en su documentación de respaldo, el origen de los recursos y el proyecto programa o subprograma asociado a aquellas y su imputación o identificación en sus cuentas extrapresupuestarias, según corresponda.

CAPÍTULO 3: TEORÍA DE COLAS

3.1. ORIGEN DE LA TEORÍA DE COLAS

La primera publicación que menciona Teoría de Colas fue en el año 1909, por el matemático e ingeniero danés *Agner Krarup Erlang*, quien hace un estudio de las probabilidades y las conversaciones telefónicas en la compañía de telecomunicaciones de Copenhague, aplicando teorías de probabilidad a los problemas de sobre demanda en las llamadas telefónicas realizadas a la central.

Dentro de los primeros avances de estudios de la Teoría de Colas en 1927, *E.C Molina* publica un estudio denominado “*Aplicación de la teoría de la probabilidad a problemas de líneas telefónicas*” y al año siguiente, *T.C Frey* agrega probabilidades matemáticas al estudio y propone sus usos en la ingeniería. A principios de los años 30 *F. Pollacek* realiza un adelanto en la teoría y por primera vez menciona a *Poisson* en unas de sus publicaciones. Desde 1950 en adelante aumentan considerablemente las publicaciones sobre Teoría de Colas con estudios en diferentes áreas Cao (2002).

Hoy en día, se ha convertido en un concepto muy utilizado en el desarrollo del análisis de la eficiencia y posterior solución a la sobre demanda de la capacidad de un servicio.

Estos estudios son comunes en el área de la informática o en telecomunicaciones, también se aplica en hospitales, bancos, supermercados en operaciones industriales como en múltiples situaciones donde se espera por un proceso.

En la figura 6, se muestra el proceso básico de un sistema de Teoría de Cola.

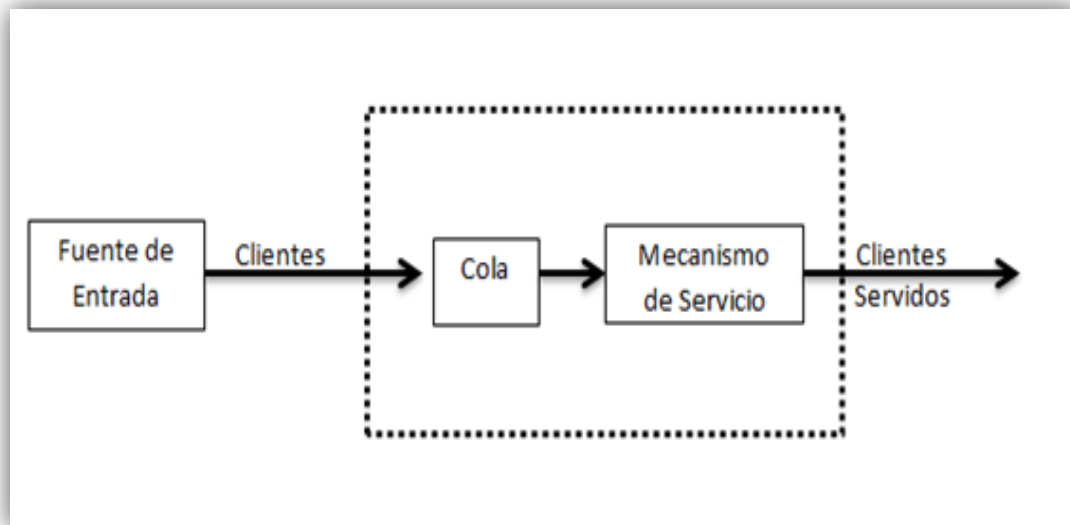


Figura 6: Sistema de Teoría de Colas
Fuente: (Hillier, 2012)

3.2. DEFINICIÓN TEORÍA DE COLAS

La teoría de colas es una disciplina, dentro de la investigación operativa, que tiene por objeto el estudio y análisis de situaciones en la que existen entes que demandan ciertos servicios, de tal forma que dicho servicio no puede ser satisfecho instantáneamente, por lo cual provoca esperas (Cao, 2002). Para analizar el comportamiento de estas esperas se utilizan modelos matemáticos que describen sistemas para representar los tipos de líneas de espera que surgen en la práctica. Las fórmulas de cada modelo indican cuál debe ser el desempeño del sistema correspondiente y señalan la cantidad promedio de espera que ocurre en diversas circunstancias (Hillier, 2010).

Estos modelos ayudan a encontrar un equilibrio entre los costos del sistema y los tiempos promedio de la línea de espera para un método dado. Pueden representar cualquier procedimiento en donde los trabajos o clientes llegan a un servicio determinado y salen de este después de haber sido atendidos. Gracias a estos, se logra modelar colas sencillas o como un sistema de colas complejos (Martínez, 2004).

En definitiva, la teoría de colas aborda el estudio en distintos escenarios, utilizando modelos para mostrar una abstracción del experimento real; cada modelo lleva consigo algún tipo de fórmula que indica el desempeño del sistema en cuestión y la cantidad promedio de tiempo de espera bajo diversas circunstancias (Hillier, 2010).

Taha (2012), argumenta que, el estudio de las colas tiene que ver con la cuantificación del fenómeno de esperar por medio de medidas de desempeño representativas, tales como longitud promedio de la cola, tiempo de espera promedio en la cola, y el uso promedio de la instalación. Esto lo une a un sistema de optimización que busca minimizar la suma del costo de ofrecer el servicio y la espera por parte de los clientes, buscando un beneficio mutuo para ambas partes.

Las líneas de esperas se forman por uno o varios clientes que esperan para recibir un servicio, estos clientes pueden ser personas, objetos, máquinas que requieren mantenimiento todo depende del área donde se forme un desequilibrio entre la demanda de lo solicitado y la capacidad de los servidores para otorgarlos.

En definitiva la teoría de las colas en si no resuelve directamente el problema, pero contribuye con la información vital que se requiere para tomar las decisiones concernientes, prediciendo algunas características sobre la línea de espera: probabilidad de que se formen, el tiempo de espera promedio (Martínez, 2004).

Para las empresas esta disciplina es muy importante ya que ayuda a disminuir las demoras, a través de la implementación de estos modelos, permitiendo entregar un mejor servicio y así, una mayor satisfacción para los clientes.

3.3. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE COLAS

Hillier (2010), Taha (2004) y García (2011), describen el proceso de la teoría de colas, como un sistema, donde actúa varios componentes, siendo los principales componentes los clientes y el servidor, junto con los otros elementos que permiten generar el servicio demandado por un cliente. Este proceso se inicia con la *llegada de los clientes* desde una fuente de entrada, uniéndose al sistema donde tienen que esperar para ser atendidos formando una *cola*, la llegada de los clientes se representa por el tiempo entre llegadas al igual que el tiempo entre servicios los que se comportan de forma probabilística. La selección de los clientes situados en la cola se hace a través de la *disciplina de cola* entrando al servidor donde se genera el servicio mediante un *mecanismo de servicio*, dentro de ésta se pueden encontrar uno o más servidores concluyendo con el proceso.

En este proceso los clientes también tienen la opción de abandonar el sistema si lo desean, provocando el llamado proceso de muerte.

3.3.1. Fuente de entrada

El concepto de *fuentes de entrada*, se refiere al análisis de cómo se alimenta el sistema de colas en donde se evalúa variables como el tiempo que transcurre entre dos llegadas sucesivas a dicho sistema. Los individuos que intervienen en la fuente de entrada son el usuario y el servidor, es importante señalar que Cao (2002), afirma que estos no necesariamente deben ser seres vivos.

La característica principal según Hillier (2010) es el tamaño, que a su vez se traduce en la cantidad de clientes que solicitan del servicio. Se les denomina *población de entrada*. La población puede ser *finitas* o *infinitas* (Taha, 2012) considerando la sencillez de los cálculos, donde en el último tipo usualmente se utiliza un supuesto.

La fuente de entrada se considera como un valor variable, por lo que se conoce como un proceso estocástico, es por esto que es necesario analizar la distribución de probabilidad de esta variable (Poisson o exponencial, que son las más usuales).

3.3.2. Mecanismo del servicio

Consiste en una o más estaciones de servicio (es el punto donde surge la cola), estas a su vez, contienen varios canales o uno solo, a los que se les denomina *servidores*. De acuerdo a Hillier (2010) dependerá del tipo de mecanismo al cual el servicio se esté ejecutando, es decir, si depende de más canales, se derivará al siguiente y así, en orden hasta completar el servicio. En cambio, si es un solo servidor, este prestará el servicio completo.

El tiempo que transcurre en la prestación del servicio, se denomina *tiempo de servicio*. Es por esto que un modelo de colas o líneas de espera debe especificar la distribución de probabilidad a la que está sujeto cada servidor. La distribución exponencial es la más

utilizada, al igual que la distribución degenerada (tiempos de servicio constantes) y la distribución Erlang (gamma).

3.3.3. Disciplina de la fila

“Hace referencia al modo como se acomodan las unidades o clientes en la cola antes de recibir el correspondiente servicio” (Portilla *et al.*, 2010).

Los modelos de atención más utilizados se conocen como:

- FIFO (first in, first out): este modelo sigue el orden de llegada, es decir, el primer individuo en llegar, será el primero en ser atendido.
- LIFO (last in, first out): consiste en atender en primer lugar al último en llegar.
- SIRO (service in random order) o RSS (random selection of service): esta disciplina sigue un orden de selección aleatoria.
- RR (round robin): el modelo otorga un tiempo específico para ejecutar el servicio.

Adicional a estos modelos, muchos autores destacan el “orden de prioridad”, que es una selección aleatoria de atención dependiendo del grado de importancia que se le designe a los trabajos.

3.3.4. Cola

Este elemento, básicamente es donde los clientes, trabajos u otros esperan para recibir el servicio. Hillier (2010) destaca que la cola es una representación de lo máximo que puede recibir el servicio y que estas pueden ser finitas o infinitas. El supuesto estándar, al igual que la *fuentes de entrada*, es la cola infinita.

3.4. MODELOS

La Teoría de Colas, utiliza distintas notaciones en base a los elementos mencionados en los puntos anteriores, a objeto de identificar el tipo de sistema que se presenta.

Esta notación tiene la siguiente forma (Portilla *et al.*, 2010):

A/B/c

Dónde:

A: es la distribución de probabilidad que siguen las llegadas al sistema.

B: Es la distribución de probabilidad que sigue el tiempo de servicio.

c: Cantidad de servidores del sistema.

Es importante destacar que estos tres primeros elementos de la notación (A/B/c) los ideó D.G. Kendall en 1953, y son mejor conocidos en la literatura como la *notación de Kendall*. Posteriormente en 1966, A.M. Lee agregó los símbolos *d* y *e* a la notación. Y en 1968 Lee agregó el último elemento, el símbolo *f*.

En cuanto a la nomenclatura que poseen los modelos, existen distintos símbolos cuya descripción se presenta en la tabla 1.

Tabla 1:
Nomenclatura básica de Kendall

Característica	Símbolo	Explicación
Distribución de tiempos de llegada (A)	M	Exponencial
	D	Determinista
Distribución de tiempos de servicio (B)	Ek	Erlang tipo-k (k=1,2,...)
	G	General

Fuente: (Portilla *et al.*, 2010)

3.4.1. M/M/1

El sistema se conoce como M/M/1/∞/FIFO/1, pero se abrevia M/M/1, dado que existe una única cola y un servidor. La figura 7 presenta un ejemplo de este modelo en particular.



Figura 7: Sistema simple M/M/1
Fuente: Garduño (2007)

Taha (2012) afirma que este modelo es la base de los otros modelos especializados, como lo es el M/M/C. Estos se encuentran bajo la suposición de Poisson, debido a que los tiempos de llegada y los tiempos de servicio siguen una distribución exponencial. Además, señala que el modelo general de Poisson, asume que las tasas de entrada y salida dependen del estado del sistema, es decir, de los clientes o los “sujetos” que formen parte de la cola.

La tabla 2, muestra las probabilidades que se utilizan para estimar las medidas de desempeño, como por ejemplo: la longitud de la cola, el tiempo de espera, entre otras.

Tabla 2:

Parámetros de entrada para las medidas de desempeño M/M/1

Símbolo	Significado
n	Cantidad de sujetos en el servicio
λ	Tasa media de llegada de los clientes
$\frac{1}{\lambda}$	Tiempo esperado entre llegadas
μ	Tasa media del servicio
$\frac{1}{\mu}$	Tiempo esperado en el servicio

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.1. Medidas de desempeño

Factor de utilización: Hillier (2010) lo define como el periodo de tiempo esperado mientras los servidores individuales están ocupados.

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \tag{1}$$

Entonces, para que el sistema sea estable, la condición de no saturación es la siguiente:

$$\rho < 1 \tag{2}$$

Con este parámetro, podemos conocer la relación entre la media de los clientes o usuarios por unidad de tiempo y la capacidad de atenderlos por unidad de tiempo.

Tiempo Ocioso: Esta medida determina la probabilidad de que el sistema este sin usar con n sujetos dentro de este.

$$P_n = 1 - \rho \tag{3}$$

Tiempo promedio de permanencia en el sistema: esta medida de desempeño no solo considera el tiempo que el cliente o usuario está en el sistema, también involucra el periodo en el que fue atendido.

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda} \tag{4}$$

Tiempo promedio de espera en la cola: después de haber obtenido el tiempo promedio de permanencia en la cola, es posible calcular el tiempo medio de espera, pues este se calcula en base a W .

$$W_q = W - \frac{1}{\mu} \quad (5)$$

La que también podemos obtener de la siguiente forma:

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)} \quad (6)$$

Número de usuarios en el sistema: incluye tanto a los que están en la cola, como los que son atendidos. Conseguimos esta medida a través de:

$$L = \frac{\lambda}{\mu-\lambda} \quad (7)$$

También se puede obtener como el producto entre λ y W .

Número de usuarios esperando en la cola: esta es la última medida y no menos importante, ya que con ella podemos saber el número medio de clientes que esperan en la fila.

$$L_q = \frac{\rho^2}{1-\rho} \quad (8)$$

Así mismo, podríamos obtener L_q a través de la multiplicación entre:

$$L_q = \lambda W_q \quad (9)$$

3.4.2. M/M/C

Según García (2011), un modelo M/M/C se caracteriza por poseer dos o más servidores que ejecuta la misma función y con el mismo nivel de eficiencia que el otro.



Figura 8: Sistema M/M/C
Fuente:Elaboración propia

La nomenclatura para este modelo es la misma que se utiliza en los modelos M/M/1 y por lo que se asume que la capacidad del sistema es infinita donde se establece una condición de no saturación para alcanzar un estado estable, ya que de esta manera se cuida que el número de documentos o usuarios no crezca.

Tabla 3:
Parámetros de entrada para las medidas de desempeño M/M/C

Símbolo	Significado
n	Cantidad de sujetos en el servicio
λ	Tasa media de llegada de los clientes
$\frac{1}{\lambda}$	Tiempo esperado entre llegadas
μ	Tasa media del servicio
$\frac{1}{\mu}$	Tiempo esperado en el servicio
C	Número de servidores en el sistema

Fuente: Elaboración propia

3.4.2.1. Medidas de desempeño

Factor de Utilización: Para que la condición de saturación $\rho < 1$ se dé en este tipo de sistema, ρ se calcularía de la siguiente forma:

$$\rho = \frac{\lambda}{c\mu} \tag{10}$$

Tiempo Ocioso: Esta medida determina la probabilidad de que el sistema este sin usar.

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{k-1} \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^n}{n!} + \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^c}{c!} (\frac{c\mu}{c\mu-\lambda})} \tag{11}$$

Número medio de clientes en cola con c servidores: Si recordamos bien la nomenclatura al principio de este modelo, veremos que c corresponde a dos o más servidores. La fórmula es la siguiente:

$$L_q = \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^c \rho}{c!(1-\rho)^2} P_0 \tag{12}$$

Número medio de clientes en el sistema: igual que el modelo anterior, la media es entre todos los clientes que se encuentran dentro del servicio, es decir, los que esperan y los que son atendidos.

$$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu} \quad (13)$$

Tiempo medio de los clientes en cola: está dado por la siguiente ecuación,

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \quad (14)$$

Tiempo medio de clientes en el sistema: para conocer esta medida es necesario conocer por ejemplo, el número medio de clientes en el sistema o L , así como también W_q . Al igual que el sistema M/M/1, la media corresponde al todos los clientes dentro del sistema, independiente si estos estan esperando en la cola o están siendo atendidos.

$$W = W_q + \frac{1}{\mu} \quad (15)$$

$$W = \frac{L}{\lambda} \quad (16)$$

CAPÍTULO 4: SIMULADOR FLEXSIM

4.1. SIMULACIÓN

La simulación es una técnica que permite recrear ciertos aspectos de la realidad con bastante similitud, cuyo objetivo es el de estudiar cómo funcionaría un determinado sistema o cómo reaccionaría frente a ciertos cambios. (Cortes, (2012), citado por Casadiego (2013)).

Aún cuando el término simulación tiene varios significados dependiendo de su aplicación, en negocios normalmente se refiere al uso de una computadora para llevar a cabo experimentos en un modelo de un sistema real (Taha, 2010). Cabe señalar que para iniciar una simulación se debe modelar, analizar un problema, resumir sus características para luego elaborar un modelo lo más aproximado a la realidad.

Cortes (2012), citado por Casadiego (2013), menciona que la simulación es muy utilizada en empresas ya que permite construir un modelo y a su vez recrear el comportamiento de la situación al implementar modificaciones que se estimen necesarias, incorporando o disminuyendo recursos, aumentando su producción, o el impacto que genere incorporar o reducir un proceso, mientras que al aplicar esto en sistemas reales resulta muy costoso, se demoran grandes periodos de tiempo y existe la posibilidad que el proceso resulte con pérdidas, razones por las que se tiene ventaja al trabajar con un modelo del sistema real.

La simulación es adecuada especialmente en situaciones en las que el tamaño o la complejidad del problema dificultan o hace imposible el uso de técnicas de optimización.

Según Chase (2006) las fases de un estudio de simulación son las siguientes:

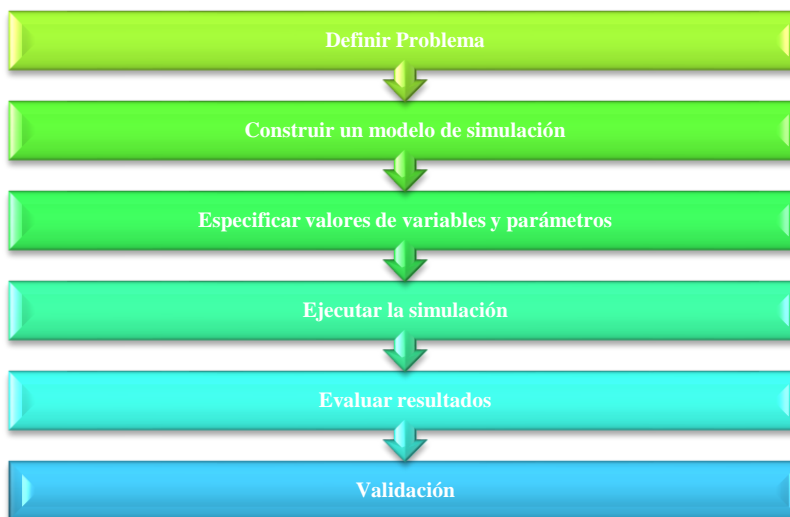


Figura 9: Fases de un estudio de simulación

Fuente: Elaboración propia.

4.2. SOFTWARE DE SIMULACIÓN FLEXSIM

FlexSim es un Software de simulación de eventos discretos para construir modelos. Posee un ambiente orientado a objetos, para desarrollar, modelar, simular, visualizar y monitorear actividades y sistemas con procesos de flujo dinámico. Cada objeto tiene una localización en el espacio, una velocidad, rotación y un comportamiento específico en el tiempo; estos objetos pueden crearse, destruirse y moverse entre ellos (Casadiego, 2013).

Por estas razones, permite construir y ejecutar el modelo desarrollado en una simulación dentro de un entorno 3D, pudiendo ver los procesos en tiempos reales, optimiza tiempos y minimiza el costo de experimentar con el sistema real. Es muy usado por empresas líderes en la industria para simular sus procesos productivos antes de llevarlo a ejecución real generando un mayor nivel de confianza al ejecutar los proyectos ya que posee una herramienta de análisis para la toma de decisiones.

4.2.1. Características de FlexSim

- FlexSim cuenta con una completa serie de herramientas para desarrollar y compilar aplicaciones de Simulación.
- Permite utilizar objetos altamente desarrollados y parametrizados que representan procesos y colas.
- Es de fácil uso, ofrece variados niveles de usuarios, cuenta con el contenido para quienes son expertos en el tema y, para otro tipo de usuarios, cuenta con uno más sencillo.

4.2.2. Beneficios de FlexSim

- Mejora la utilización de equipos.
- Reduce los tamaños de tiempo de espera y cola.
- Asigna recursos eficientemente.
- Minimiza los efectos en contra de las falla.
- Minimiza los efectos en contra de artículos defectuosos y desperdicio.
- Estudia las ideas de inversión alternativas.
- Establece tamaños de grupo óptimos.
- Resuelve los asuntos de manejo físicos.
- Entrena a operadores en el comportamiento de sistema en conjunto y la interpretación relacionada al trabajo.

4.2.3. Terminología de FlexSim

FlexSim suministra a los usuarios herramientas para visualizar, modelar y simular flujos de procesos dentro de una gráfica tridimensional, a partir de esto, usa metodología específica para nombrar a aquellos componentes de un modelo.

1. **Objets** : Son los componentes que se encuentran en la librería de objetos del programa. Estos representan recursos, colas y acumuladores estadísticos del modelo de simulación.
2. **Flowitems**: Los ítems de flujo o entidades son los objetos que se mueven a través del modelo. Representan papeles, personas, llamadas telefónicas, órdenes o algo que se mueva a través del proceso simulado.
3. **Itemtype**: El tipo de ítem es una etiqueta colocada en el ítem de flujo que podría representar un tipo de producto o el número de piezas dentro de las clases de entidades.
4. **Ports**: Son puertos a través de los que se puede comunicar con otros objetos. Existen tres tipos de puertos:
 - **Entrada y salida**: son utilizados para el ruteo de los flowitem a través del modelado.
 - **Puertos centrales**: se utilizan para crear referencias o punteros entre objetos.

4.2.4. Objetos del software de simulación FlexSim

FlexSim otorga una serie de objetos que permite crear o reproducir un proceso a través de una simulación en tercera dimensión. La figura 10 muestra estos objetos:

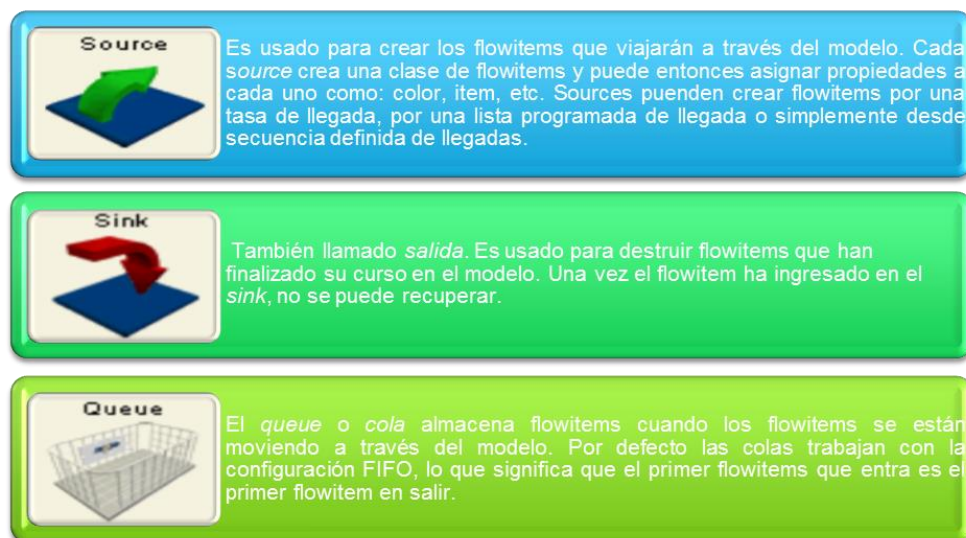




Figura 10: Objetos de FlexSim

Fuente: Elaboración propia a partir del Manual FlexSim (Casadiego, 2013).

4.2.5. Experimenter

Experimenter es una herramienta de FlexSim que es utilizada para definir, ejecutar y analizar experimentos en un modelo.

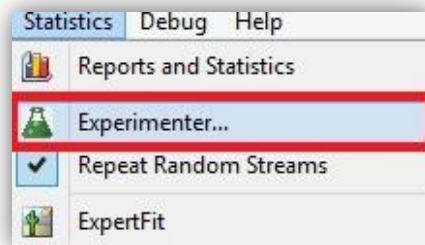


Figura 11: Experimenter en FlexSim

Fuente: FlexSim 7.5

Para la ejecución del experimento, se agregan variables, que en simples términos, es ordenar a un *object* a recabar cierta información. Cada variable debe tener al menos un escenario, que en teoría es un una configuración específica del conjunto de variables que se han definido, cuyo valor es numérico y se pueden agregar cuantos sean necesarios.

Al combinar estas variables con las *Medidas de Desempeño* o *Performance Measures* se logrará obtener datos estadísticos del modelo y a la vez, evaluar y comparar los resultados de los escenarios. Estas pueden incluir mediciones de rendimiento en tiempo y en trabajos

dentro del sistema, que generan los *objects* en forma individual o en grupo. Por otro lado, se debe configurar el tiempo en el que se quiere simular y el número de replicaciones con las que se desea experimentar, ya que por default estas son 5 en 1000 segundos.

Una vez finalizado el experimento, se procede al análisis de las Medidas de Desempeño. *Experiment* tiene diferentes formas de entregar los datos, las principales son el histograma de frecuencias, el gráfico de dispersión y el resumen estadístico de los datos.

4.3. FLEXSIM Y LA TEORÍA DE COLAS

En base a las conclusiones de Portilla *et. al.* (2011), la importancia de una simulación radica en el apoyo que estos otorgan al modelo teórico. Gracias a la simulación, es posible llevar el modelo a representación gráfica y otorgar validez al modelo matemático.

Se puede observar en la figura 12, que este software de simulación representa a través de los siguientes objetos los aspectos básicos de la Teoría de Colas, por lo que un estudio de tiempo se puede sustentar perfectamente a través de simulaciones en programas computacionales de este tipo.

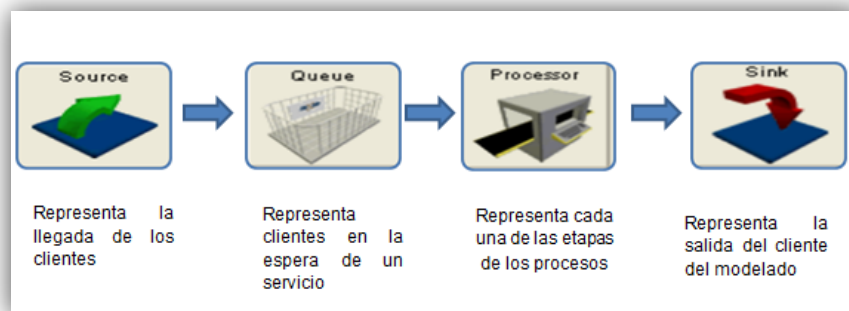


Figura 12: Teoría de Cola en FlexSim

Fuente: Elaboración propia

4.4. IMPLEMENTACION DE PROBLEMA DE ESTUDIO

Paso 1: Diseño de imagen

Para representar la situación de estudio, en este caso una oficina; se recurre al uso de un software denominado Sketchup, que permite diseñar y modelar en tercera dimensión, cuya utilización es simple y amigable con el usuario.

Sketchup, posee una galería de diseños conocido como *3d Warehouse*, el que proporciona diseños ya creados por el software u otros usuarios que comparten sus invenciones para que

otros las puedan utilizar. Se puede encontrar fácilmente en la barra de herramientas de la página principal, tal como lo muestra la figura 13.



Figura 13: Barra de herramienta Sketchup.
Fuente: Sketchup Make

La barra superior, permite buscar por el nombre o el tipo de objeto que se necesite para agregar al modelo. Se recomienda buscar en inglés, ya que existe mayor variedad. En esta ocasión se desea encontrar una oficina, es por esto que se ingresa la palabra *Office* y se presiona *search*, como se demuestra en la figura 14.

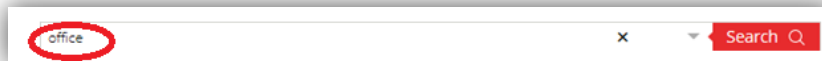


Figura 14: Buscador de modelos.
Fuente: Sketchup Make

Una vez llevado a cabo este paso, en el resultado de la búsqueda aparecen diversos modelos tanto oficinas como artículos que se pueden utilizar dentro de estas. Se debe seleccionar el modelo que se desea y descargar para que sea visto en la página principal de *Sketchup*.

En esta oportunidad, se ocupa una espacio muy similar al del Departamento de Control de la Municipalidad de San Nicolás, que al configurarlo queda tal como la oficina presentada en la figura 14.

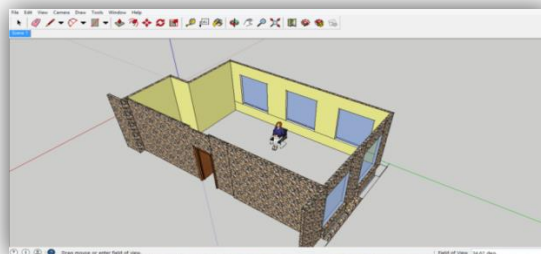


Figura 15: Modelo en Sketchup
Fuente: Sketchup Make

Cabe señalar, que al momento de guardar el diseño, debe hacerse en formato “*Sketchup Version 3*”, para luego insertar en el software FlexSim.

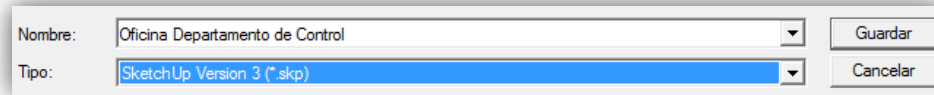


Figura 16: Formato del archivo

Fuente: Sketchup Make

Paso 2: Implementación de arquitectura en FlexSim

La figura 17, muestra la página principal de FlexSim, a la derecha de la pantalla se pueden ver los recursos fijos, es decir donde se encuentran los objetos básicos para ejecutar una simulación, por ejemplo: las entradas (*source*), la fila (*queue*), el servidor (*processor*), las salidas (*sink*), entre otros. También se encuentra una biblioteca de operadores de tareas, y herramientas visuales para mejorar el proceso a simular y presentar.

Al importar el diseño de la oficina, se debe agregar una figura llamada *Plane*, la que se encuentra en la pestaña *Visual* en el extremo inferior izquierdo de la pantalla. La figura 17 presenta el detalle de como agregarlo.

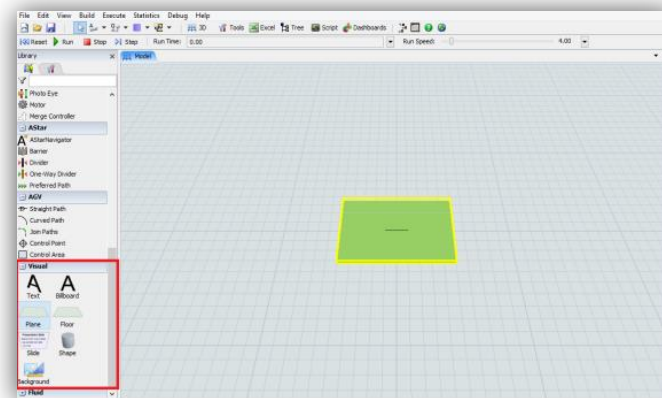


Figura 17: Agregar Plane

Fuente: FlexSim 7.5.

Posteriormente, se hace clic en el *Plane* dos veces y se configura en la pestaña *General*. A continuación, se busca el diseño con *Browse*.

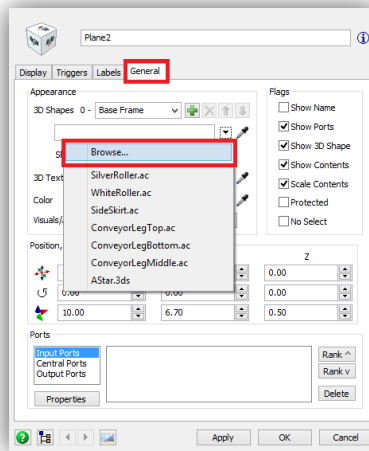


Figura 18: Configuración de las propiedades del *Plane*

Fuente: FlexSim 7.5.

Se escoge el diseño guardado y automáticamente el programa lo inserta en la página principal, tal como lo ejemplifican las figuras 19.

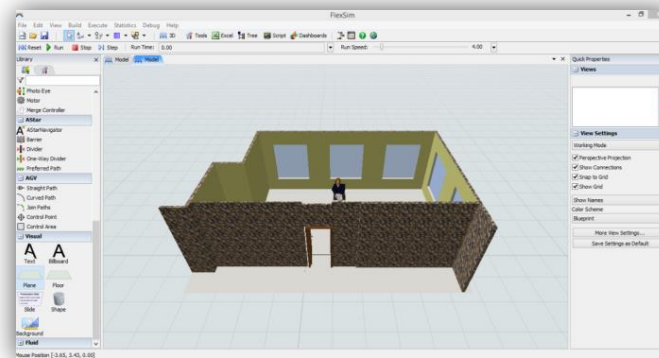


Figura 19: Página principal de FlexSim con un diseño de Sketchup.

Fuente: FlexSim 7.5

Paso 3: Programación de los objetos de FlexSim

Los objetos de FlexSim se encuentran en el panel llamado biblioteca de objetos, ubicado al lado izquierdo de la pantalla. Incluye el *Source* (fuente), *Queue* (cola), *Processor* (mesa de trabajo), *Sink* (salida) entre otros. Estos objetos simulan diferentes tipos de recursos en el sistema, siendo programados para una simulación lo más parecida a la realidad.

Para este caso de estudio, se utiliza el *Source* que representa la fuente de entrada de los documentos al sistema, el *Queue* representa la cola de documentos que esperan ser revisados, el *Processor* simula el tiempo de demora o de proceso, correspondiendo al Director de Control quien ejecuta el proceso y, por último, un *Sink* donde van llegando los documentos revisados para luego volver al lugar donde se generan.

En la figura 20 se muestra el diseño de la oficina y los objetos a utilizar:

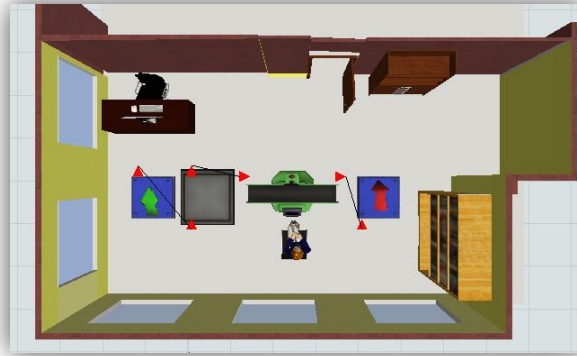


Figura 20: Elección de elementos
Fuente: Flexsim 7.5

Luego de esto, se modifica la apariencia de los objetos.



Figura 21: Oficina del Departamento de Control
Fuente: Flexsim 7.5

Para iniciar la simulación de proceso de revisión de documentos ejecutado en Departamento de Control de la Municipalidad de San Nicolás, se debe configurar los objetos con los resultados obtenidos a través del muestreo, los resultados de la simulación son presentados en el capítulo 5.

CAPÍTULO 5: SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, el Departamento de Control de la Municipalidad de San Nicolás está a cargo del Jefe de Control, que a su vez es el único funcionario que realiza las diferentes tareas mencionadas en el capítulo 2. Por este motivo, cuando surge un aumento significativo de la demanda de tareas al interior de la organización, provoca un crecimiento en el trabajo del encargado, generando una lista de actividades e interrumpiendo labores programadas con anterioridad. Parte importante de su jornada diaria, debe dedicarse a revisar los Decretos de Pago, Contratos de trabajo o Rendiciones de cuentas que llegan en un horario no definido, cambiando y entorpeciendo la planificación de sus tareas.

5.2. MUESTREO

5.2.1. Toma de muestras

Los datos fueron recolectados dentro de los meses de septiembre, octubre y noviembre, generando 4 instancias de medida, que representan las semanas en un mes de trabajo normal, con 5 días cada una.

El período de tiempo utilizado, abarca desde las 9:00 a las 13:00 horas y 14:00 a 17:00 horas, que corresponde a la jornada de trabajo del Jefe Departamento de Control.

El formato para la recolección de datos es como el que se muestra a continuación:

Tabla 4:

Formato toma de muestras

FECHA		
NÚMERO DE DECRETO	HORA DE REVISIÓN	TIEMPO DE REVISIÓN (SEGUNDOS)

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2. Clasificación de muestras

Las muestras se obtienen en base a un mes de trabajo, dentro de los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre, ya que son meses donde la variación de documentos es similar y de carácter aleatorio, pues no se sabe con certeza el momento ni la cantidad de documentos que van a llegar.

Las muestras se son agrupadas de la forma como se muestran en la figura 22.

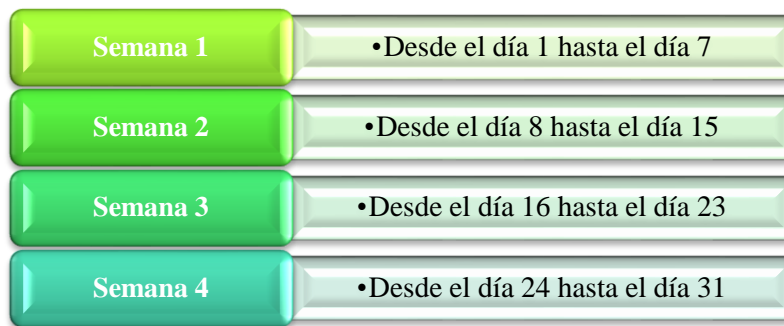


Figura 22: Muestreo por semana.

Fuente: Elaboración propia.

5.3. CÁLCULO DE MEDIDAS DE DESEMPEÑO CON UN SERVIDOR

- Se tiene un sistema M/M/1, es decir, una cola y un servidor.
- El tiempo promedio es de 59,7 segundos por documento (ver anexo 1).

5.3.1. Análisis teórico

Para el estudio de las medidas de desempeño se realizan los cálculos en función de los parámetros “ μ ” y “ λ ”, vistas en el capítulo 3, en base al modelo M/M/1, es decir, una cola y un servidor.

- **Promedio de documentos**

Se obtuvo promediando el total de documentos dentro del tiempo destinado a la revisión, por hora. Es decir, el promedio de todos los documentos que se revisaron entre las 9:00 y 9:59 (ver anexo 1), y así sucesivamente. El promedio de documentos en esta muestra alcanza los 18 documentos por hora.

$$\lambda = 18 \text{ (documentos revisados en una hora)}$$

- **Capacidad del sistema**

El resultado se consigue a través del cociente entre el total de segundos en una hora (3600) y el tiempo promedio que toman las revisiones dentro de una hora. Por ejemplo, si la revisión se inició a las 10:48, incluyen todos aquellos que están hasta las 11:48. La capacidad alcanza los 60 documentos por hora.

$$\mu = 60 \text{ (documentos/horas)}$$

- **Factor de utilización**

Para calcular el factor de utilización se utiliza la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (1)$$

$$\rho = \frac{18}{60} = 0,2970 \rightarrow 29,70\%$$

El resultado representa el tiempo que utiliza el jefe del departamento revisando los documentos, en este caso corresponde al 29,70%, que equivale a un tiempo de 17 minutos y 49 segundos, aproximadamente.

- **Número de documentos en el sistema**

$$L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \quad (7)$$

$$L = \frac{18}{60 - 18} = 0,42$$

El total de documentos en el sistema es de 0,42 esto indica que hay, al menos, 1 documento en el sistema.

- **Número de documentos esperando en la cola**

$$L_q = \frac{\rho^2}{1 - \rho} \quad (8)$$

$$L_q = \frac{0,2223^2}{1 - 0,2970} = 0,13$$

El número de documentos que esperan en la fila es 0,13, por lo tanto, existe al menos un documento esperando ser atendido.

- **Tiempo promedio de los documentos en el sistema**

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda} \quad (4)$$

$$W = \frac{1}{60 - 18} = 0,0236 \rightarrow 2,36\%$$

El tiempo promedio en el sistema es de 84.91 segundos, aproximadamente.

- **Tiempo promedio de los documentos en la cola**

$$W_q = W - \frac{1}{\mu} \quad (5)$$

$$W_q = 0,0236 - \frac{1}{60} = 0,0070 \rightarrow 0,70\%$$

Los documentos esperan un total de 25,21 segundos en la cola.

5.3.2. Análisis en el simulador Flexsim

La configuración de FlexSim implementada se presenta a través de los siguientes pasos:

1- Configurar *Source*:

Se configura la entrada o *Source*, denominado “Carpetas de departamentos” pues cada departamento tiene una carpeta destinada al Departamento de Control, donde se generan las entradas. Se asume que cada documento revisado ingresa al proceso de revisión cada 200 segundos distribuidos exponencialmente, ya que no se sabe con certeza si estos ingresan antes o después de este tiempo.

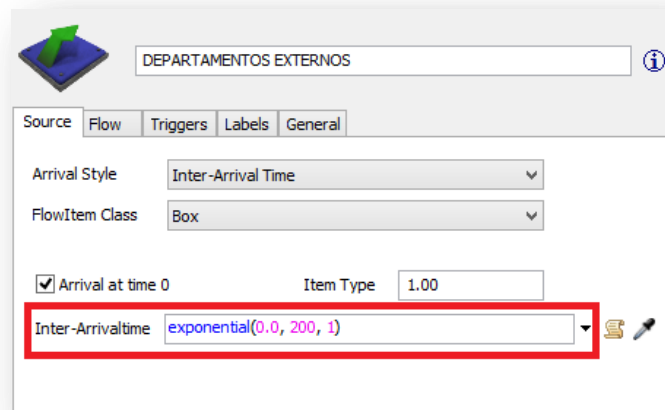


Figura 23: Configuración de distribución estadística.

Fuente: FlexSim 7.5.

2- Configurar *Processor*:

Se asigna un nuevo nombre a este objeto o *processor*, que cumple la función del Jefe del Departamento de Control, debido a que en la simulación debe pasar primero por este objeto antes de ser despachado. Se configura con una distribución exponencial, porque no se sabe con certeza cuanto puede demorar y un tiempo promedio de procesamiento de 59,7 que corresponde a la media obtenida en el muestreo.

En la siguiente imagen se puede observar la ventana para configurar el *processor*, con la configuración del tipo de distribución y el tiempo utilizado en la revisión durante la primera semana.

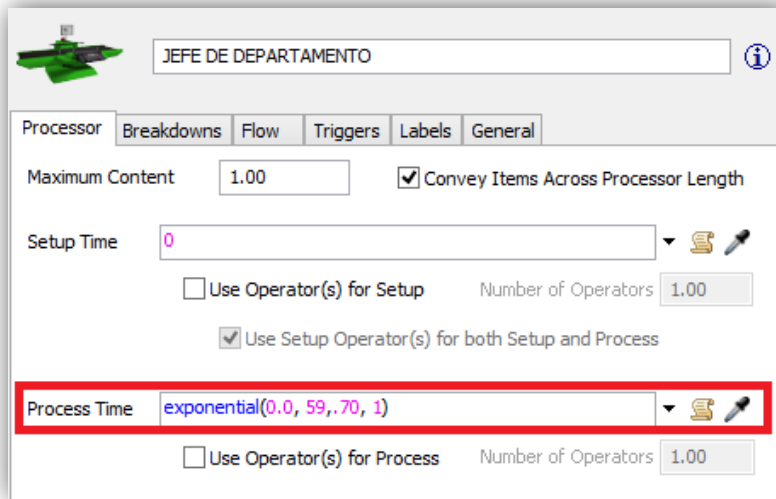


Figura 24: Configuración del tiempo primera semana.

Fuente: Flexsim 7.5

3- Configuración de *Experimenter*:

Esta herramienta entrega informes estadísticos en relación a los datos implementados en el software FlexSim.

La figura 25 presenta la pestaña de las medidas de desempeño o *performance measures*,

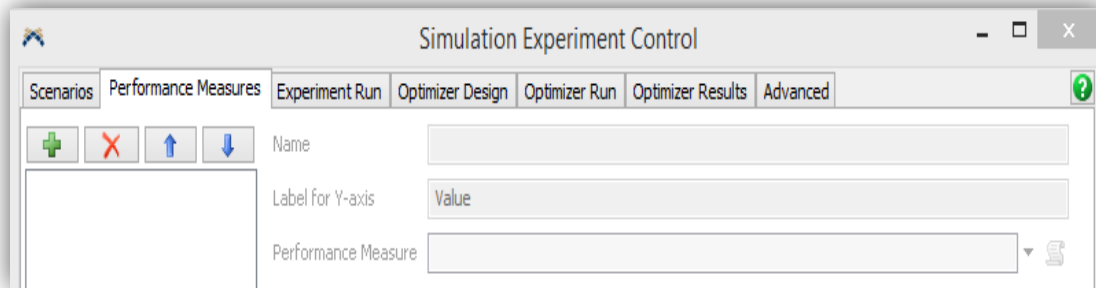



Figura 25: Ventana principal *Experimenter*.

Fuente: FlexSim 7.5.

Donde al presionar la figura  se puede agregar la medida que se quiere saber, en este caso, la permanencia de los documentos en cola, tal como se visualiza en la figura 26.

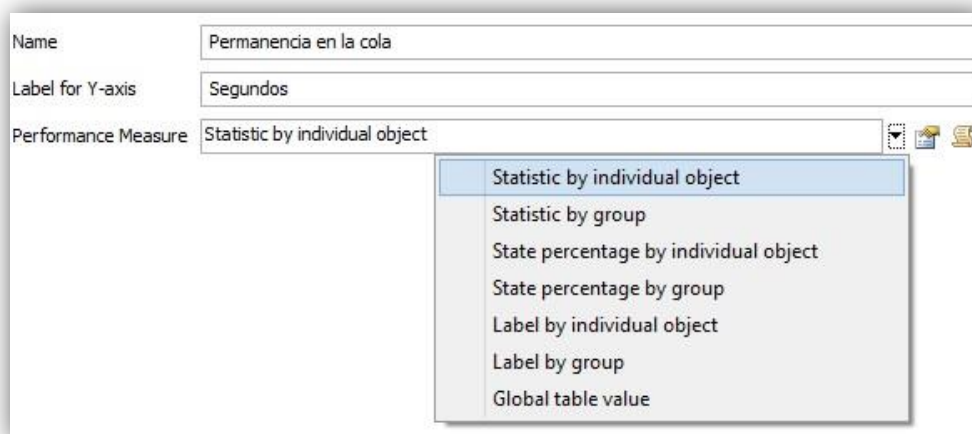


Figura 26: Elección medida de desempeño.
Fuente: FlexSim 7.5.

Es posible escoger un objeto en particular o un grupo de estos. Con respecto a las medidas de desempeño estas son presentadas en un informe estadístico. También es posible ver el estado de los objetos a través de porcentajes. A modo de ejemplo, se elige un informe estadístico de un objeto o la cola (*queue*).

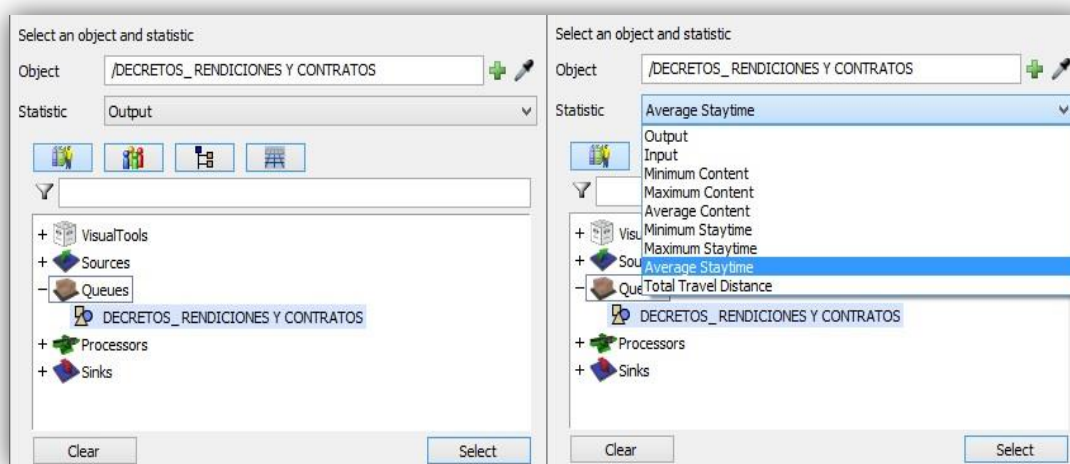


Figura 27: Configuración medida de desempeño.
Fuente: FlexSim 7.5.

Si se quiere saber la permanencia promedio de los documentos en la cola, se escoge *average staytime*.

La figura 28 detalla la configuración del tiempo para las repeticiones de las simulaciones que se llevan a cabo en una hora.

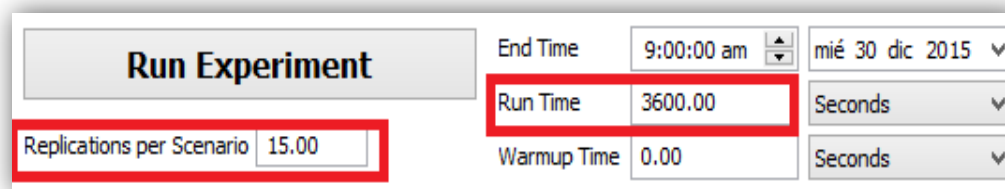
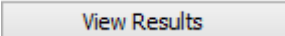


Figura 28: Configuración de replicaciones y tiempo de simulación.

Fuente: FlexSim 7.5.

Posterior a esto, en la pestaña *run experiment* se editan las replicaciones, en este estudio se realizan 15 replicaciones que simulan los 5 días de una semana normal de trabajo dentro de las 3 primeras semanas que existen en los 3 meses de muestreo, en 3600 segundos para representar el comportamiento de los objetos en una hora.

Se deja correr con *Run Experiment* y ya listas las replicaciones, se debe presionar  el que representa los resultados en un diagrama de dispersión, histograma de frecuencias o gráfico de dispersión. La figura 29 muestra las opciones que se tienen para la selección de resultados.

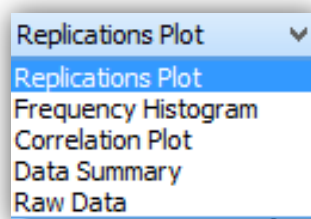


Figura 29: Selección de resultados.

Fuente: FlexSim 7.5.

Los resultados entregados por el simulador se resumen en los análisis que se presentan a continuación. Los informes muestran el comportamiento del tiempo y documentos, dentro del sistema.

Tiempo y documentos en el sistema

La primera semana los documentos en el sistema varían de 1 a 2, con un promedio de 84 segundos considerando como media, los intervalos de tiempo entre los 70 y 98 segundos.

La estadía en el sistema depende del tipo de documento que se revise, debido a que en algunos casos demora más tiempo en el visado de uno que de otros.

Tabla 5:
Resumen de tiempo y número de documentos en el sistema, primera semana

Resumen de tiempo y número de documentos en el sistema (Primera semana)								
	Media (95% Confiabilidad)					Desviación Estándar	Mín	Máx
Documentos en sistema¹	1	<	1,5	<	2	1	1	2
Tiempo (Segundos)	70	<	84	<	98	25	53	147

Fuente: Elaboración propia a partir de FlexSim 7.5

Tiempo y documentos en cola

El comportamiento de la cola en esta primera semana se puede observar en la tabla 6, donde en promedio no existen documentos en cola, salvo en algunos casos, que exista 1 como máximo. El tiempo de espera promedio se mueve entre los 9,6 y 29 segundos, es decir, casi medio minuto en cola.

Tabla 6:
Resumen de tiempo y número de documentos en la cola, primera semana

Resumen de tiempo y número de documentos en la cola (Primera semana)								
	Media (95% confiabilidad)					Desviación estándar	Mín	Máx
Documentos en cola	0	<	0,5	<	1	0	0	1
Tiempo (segundos)	9,6	<	19,3	<	29,0	17,6	0,9	65,6

Fuente: Elaboración propia a partir de FlexSim 7.5.

En la tabla 7, se presentan los resultados de la simulación teórica basada en las fórmulas presentadas en el capítulo 3. La aplicación de éstas se efectúa de la misma manera en la que se muestra en el punto 5.3.1, así como también, la simulación en el software FlexSim de las cuatro semanas de muestreo y sus 15 replicaciones de 3600 segundos cada una. Los promedios en el caso de FlexSim se obtienen considerando los intervalos de tiempo. El detalle de los rangos, desviaciones estándar, cantidades máximas y mínimas de las cuatro semanas se pueden encontrar en el anexo 6.

¹ Los documentos se trabajarán como números enteros.

Tabla 7:
Resumen de resultados con un servidor

Medidas de desempeño	Primera semana		Segunda semana		Tercera semana		Cuarta semana	
	Teórico	FlexSim	Teórico	FlexSim	Teórico	FlexSim	Teórico	FlexSim
λ	18	18	13	13	16	59	19	19
μ	60	60	66	60	46	59	64	64
ρ (segundos)	1069,10	1040,4	723,58	729,36	1242,63	1312	1068,8	1065,6
L	1	1	1	1	1	1	1	1
Lq	1	1	1	1	1	1	1	1
W (segundos)	84,91	84	67,9	68	118,60	110	79,97	78
Wq (segundos)	25,21	29	13,7	12,2	40,94	43	23,73	26

Fuente: Elaboración propia a partir de FlexSim 7.5.

La capacidad del sistema y el total de documentos revisados no cambia en ninguna de las semanas, por el hecho de ser el rendimiento que el Jefe del Departamento de Control tiene en cuanto a la capacidad que posee y la cantidad de documentos que revisa en una hora.

El factor de utilización (ρ) es el total del tiempo que utiliza en promedio el Jefe del Departamento de Control en revisar el total de los documentos, que van desde los 12 minutos en la segunda semana a 21 minutos aproximadamente en la tercera semana.

En promedio, de acuerdo a lo obtenido en la simulación teórica y FlexSim, se tiene que existen fracciones de documentos esperando en cola, lo que se interpreta como 1. Es por esto que existe un tiempo promedio de espera que va desde los 13 segundos a 43 segundos que demoran en ser atendidos.

Con respecto al comportamiento del sistema, las cantidades de documentos en promedio no varían entre simulaciones, ya que siempre se encuentra 1 documento dentro del sistema. Este puede estar siendo revisado o bien esperando en la fila.

El tiempo que los documentos pasan en el sistema asciende a más de un minuto y tiene una variación máxima de 8,60 segundos en la tercera semana, siendo FlexSim quien otorga un tiempo menor en promedio que los cálculos teóricos.

5.4. CÁLCULO DE MEDIDAS DE DESEMPEÑO CON DOS SERVIDORES

- Se tiene un sistema M/M/C, siendo C el número de servidores, en este caso 2.
- El tiempo promedio de revisión es de 59,7 segundos por documento (ver anexo 1).

5.4.1. Análisis teórico

Antes de calcular las medidas de desempeño, se llevan a cabo las estimaciones de los parámetros “ μ ” y “ λ ”.

- **Promedio de documentos**

Este indicador se obtiene promediando la cantidad de documentos en una hora de revisión durante 5 días. El resultado arroja un promedio de 18 documentos revisados en una hora.

$$\lambda = 18 \text{ (documentos revisados)}$$

- **Capacidad del sistema**

La capacidad del sistema se obtiene de la división entre el tiempo promedio de revisión de los documentos y el total de segundos en 1 hora. Si se considera un tiempo promedio de revisión de 59,7 segundos, dividido en 3600, entonces:

$$\mu = 60 \text{ (documentos/horas)}$$

- **Factor de utilización**

Teniendo λ , μ y el número de servidores, se calcula rho (ρ), arrojando el tiempo que utiliza el Jefe de Departamento junto a un ayudante

$$\rho = \frac{\lambda}{c\mu} \tag{10}$$

$$\rho = \frac{18}{2 \times 60} = 0,15 \rightarrow 15\%$$

El tiempo utilizado corresponde al 15%, equivalente a 540 segundos de una hora (9 minutos).

- **Probabilidad de que no haya documentos en el sistema**

Es el porcentaje que no se encuentren documentos en el sistema con dos servidores, el cual corresponde a:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{k-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^c}{c!} \left(\frac{c\mu}{c\mu-\lambda}\right)} \quad (11)$$

$$P_0 = \frac{1}{\frac{(\frac{18}{60})^0}{0!} + \frac{(\frac{18}{60})^1}{1!} + \frac{(\frac{18}{60})^2}{2!} \left(\frac{2 * 60}{2 * 60 - 18}\right)} = 0,73913 \rightarrow 73,91\%$$

- **Número de documentos esperando en la cola**

Los documentos que están esperando en la cola corresponden a 1 documento.

$$L_q = \frac{(\lambda/\mu)^c \rho}{c!(1-\rho)^2} P_0 \quad (13)$$

$$L_q = \frac{(\frac{18}{60})^2 * 0,15}{2!(1 - 0,15)^2} * 0,73913 = 0,00691$$

- **Número de documentos en el sistema**

El número probable de documentos en el sistema con dos servidores es de 1 documento.

$$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu} \quad (12)$$

$$L = 0,00691 + \frac{18}{60} = 0,30691$$

- **Tiempo promedio de los documentos en la cola**

El tiempo de espera de los documentos viene dado por:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \quad (14)$$

Que al reemplazar los datos obtenidos anteriores, se tiene:

$$W_q = \frac{0,00691}{18} = 0,00038 \rightarrow 0,038\%$$

Los documentos esperan en promedio 1,38 segundos, aproximadamente.

- **Tiempo promedio de los documentos en el sistema**

El tiempo promedio de los documentos en el sistema es de 61,38 segundos.

$$W = W_q + \frac{1}{\mu} \quad (15)$$

$$W = 0,00038 + \frac{1}{60} = 0,01705 \rightarrow 1,705\%$$

5.4.2. Análisis en el simulador FlexSim

Los pasos a seguir para la configuración del software

1- Configurar Source

El primer paso para iniciar la simulación es configurar el *Source*, llamado “carpetas de departamentos” seleccionando una distribución estadística con la media del tiempo de servicio.

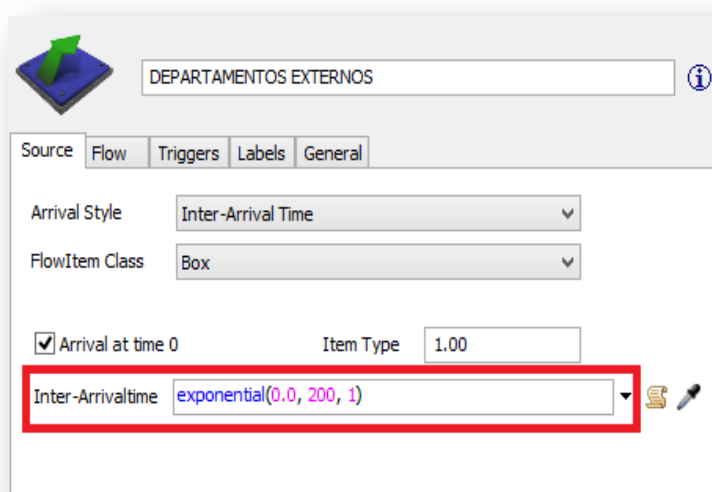


Figura 23: Configuración de distribución estadística.

Fuente: FlexSim 7.5.

Configurar los Processors

Para esta simulación se deben configurar los *processors*, programando con distribución exponencial y el tiempo de servicio promedio que demora el Jefe de Departamento de Control en revisar en promedio un documento.

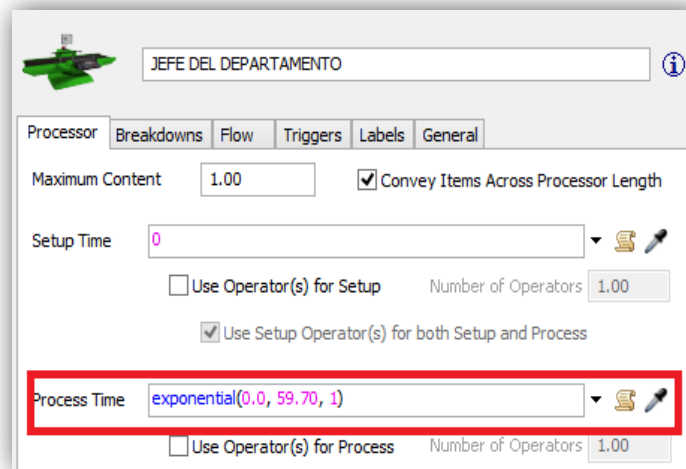


Figura 30: Configuración *Processor 1* modelo M/M/C primera semana.
Fuente: FlexSim 7.5.

Como la simulación es con dos servidores, se debe configurar otro *processor*, que será el ayudante del Jefe de Departamento de Control.

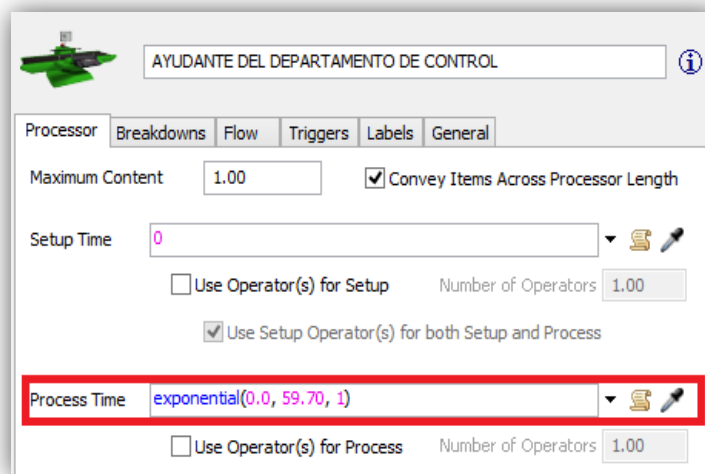


Figura 31: Configuración *Processor 2* modelo M/M/C primera semana.
Fuente: FlexSim 7.5

2- Configurar *Experimenter*

Al igual que con un servidor, la configuración sigue los mismos pasos presentados en el punto 3 de la sección 5.3. Los resultados se detallan a continuación:

Tiempo y número de documentos en el sistema

FlexSim proporciona un resultado de 1 documento en el sistema que pasa en promedio 68 segundos en este, considerando que un trabajo va inmediatamente al servidor que está desocupado.

Tabla 8:

Resumen de tiempo y número de documentos en el sistema con 2 servidores, primera semana

Resumen de tiempo y número de documentos en el sistema con 2 servidores (Primera semana)							
	Media (95% Confiabilidad)				Mín	Máx	
Documentos	0	<	0,5	<	1	0	1
Tiempo (segundos)	53	<	68	<	83	29	152

Fuente: Elaboración propia a partir FlexSim 7.5.

Tiempo y documentos en cola

Los documentos se aproximan a 1, por lo tanto, se tiene 1 documento en cola en promedio. En cuanto a los tiempos, el rango se encuentra entre los 0 los 1,64 segundos en espera, asumiendo que la atención de los servidores es constante, es decir, el documento pasa inmediatamente después que uno de los dos servidores se encuentra desocupado.

Tabla 9:

Resumen de tiempo y documentos en cola con 2 servidores (primera semana)

Resumen de tiempo y número de documentos en cola con 2 servidores (primera semana)								
	Media (95% Confiabilidad)				Desviación estándar	Mín	Máx	
Documentos	0	<	0,5	<	1	0	0	1
Tiempo (segundos)	0	<	0,75	<	1,64	1,61	0	4,56

Fuente: Elaboración propia en base a FlexSim 7.5

En los resultados obtenidos tanto teóricos como de FlexSim se usa el mismo procedimiento para las cuatro semanas. En la tabla 10 se entrega un promedio del trabajo de ambos servidores, estos resultados se encuentran en el anexo 7 para mayor información.

Tabla 10:

Resumen de resultados con dos servidores

Medidas de desempeño	Primera semana		Segunda semana		Tercera semana		Cuarta semana	
	Teórico	FlexSim	Teórico	FlexSim	Teórico	FlexSim	Teórico	FlexSim
λ	18	18	13	13	16	16	19	19
μ	60	60	66	66	46	64	64	54
ρ (segundos)	540	525	352,8	342	626,4	691,2	532,8	522
P_0 (segundos)	73,9%	73,2%	82,8%	81,4%	70,4%	70,1%	74,1%	73,19%
L	1	1	1	1	1	1	1	1
Lq	0	0	0	0	0	0	0	0
W (segundos)	61,38	68	55,08	61	80,70	85	57,95	64
Wq (segundos)	1,368	1,64	0,54	1,1	2,44	1,6	1,7	1,53

Fuente: Elaboración propia

La probabilidad de que el sistema se encuentre ocioso aumenta al incorporar un servidor más, pues los documentos revisados no cambian y ambos servidores trabajan a la par.

Se puede observar en la tabla 10, que el promedio de documentos que permanecen en el sistema corresponde a 1, esto puede ocurrir dado que el documento que llega es atendido a la brevedad, existiendo la probabilidad de que un servidor se encuentre desocupado, es por este motivo que la cantidad de documentos en cola en promedio es 0 haciendo que el proceso sea muy eficiente.

Por otra parte, el tiempo que los documentos esperan en el sistema presenta variaciones en diferentes semanas. Durante la tercera semana se logra el mayor tiempo que los documentos permanecen en este, con un total de 85 segundos, siendo la segunda semana un proceso más rápido de 55 segundos en el sistema.

Los documentos en cola durante las cuatro semanas permanecen aproximadamente un segundo en cola.

5.5. ANÁLISIS COMPARATIVO: UN SERVIDOR V/S DOS SERVIDORES

Luego de realizar la simulación y cálculo de las medidas de desempeño para los modelos M/M/1 y M/M/C, es necesario realizar un análisis sobre comportamiento de éstos.

Al implementar un servidor más, los principales cambios que se producen se generan en el comportamiento del sistema y la cola. Este análisis representa la ventaja de como con solo ser modificada la cantidad de servidores se logra mejorar la operación de un sistema. Esto se ve reflejado al observar que, con dos servidores existe en promedio 1 documento versus los 3 que permanecen dentro del sistema con un servidor.

En relación a lo expuesto anteriormente, se puede suponer que teniendo un servidor se encuentra procesando un documento y otros 2 están esperando, en cambio con dos servidores, el único trabajo que se encuentra dentro de él, es el que está siendo procesado o bien recién llegando a la cola.

Al disminuir los documentos en el caso de los dos servidores, se ve afectado el tiempo en que estos permanecen en el sistema cuya estadía alcanza una media de casi un minuto.

Para el comportamiento en la cola, presenta notorias variaciones entre un sistema y otro. El factor que influye directamente al comportamiento de la cola, es el número de procesadores, ya que si se tuvieran dos servidores funcionando a su máxima capacidad, los documentos en espera no superarían, en promedio, el segundo. Se puede decir que mientras uno de los servidores se encuentra revisando, el otro está recibiendo un documento, y en ese intertanto, el primer servidor está recibiendo otro documento y así sucesivamente.

5.6. COMENTARIOS SOBRE EL ESTUDIO

El Jefe de Departamento de Control no solo debe cumplir con las funciones a las cuales se le hicieron seguimiento, sino también con las funciones presentadas en el capítulo 2. Se aplica un cuestionario (ver anexo 9) al Jefe del Departamento de Control para tener una aproximación del tiempo de trabajo destinado al resto de funciones ejercidas. Este cuestionario detalla el comportamiento del trabajo de este departamento a través del chequeo de actividades en base al reglamento interno, donde se especifica el tiempo utilizado para cada una de estas actividades. Por otro lado, la periodicidad de este tipo de revisiones puede ser semanal, mensual, bimestral, trimestral, semestral o anual. A raíz de este cuestionario, se concluye que la función auditora es la que demanda mayor tiempo. Estas tareas, comprenden periodos de tiempo que le llevan muchas veces a más de una jornada laboral por el hecho de tener un carácter fiscalizador en cuanto al funcionamiento de otros departamentos y como estos llevan a cabo sus actividades.

También, se ha observado a través de las visitas, que no existe un horario establecido en cuanto a la llegada de los Decretos de pago, Rendiciones de Cuentas y Contratos de Trabajo lo cual altera el tiempo destinado al trabajo rutinario, ya que como se mencionaba en otra oportunidad, estos no deben pasar más de una jornada laboral esperando, pues muchos de ellos corresponden a pagos que deben ser cancelados a la brevedad, o en el caso de las rendiciones de fondos estos se deben realizar los 5 primeros días del mes o los contratos de trabajo, ya que con la autorización por parte de este jefe, se pueden regularizar la situación del trabajador beneficiario dentro del municipio. Al ser interrumpido por la llegada de estos documentos, se va prolongando la actividad que estaba ejecutando o bien, el Jefe del Departamento de Control espera la llegada de otro lote de este tipo de documentos, para no ser interrumpido nuevamente.

Igualmente, sucede con los imprevistos que surgen de manera espontánea, ya sea, la solicitud de algún documento urgente por parte de otros departamentos o bien las reuniones extraordinarias a las que debe asistir en su calidad de Jefe del Departamento de Control.

En consecuencia, esto provoca un retraso en sus actividades y a su vez, una acumulación de trabajo, e incluso no llevar a cabo funciones que demanden una cantidad de tiempo significativa. En el último caso puede traer consecuencias significativas para la organización, en caso de fiscalizaciones por organismos como la Contraloría General de la República.

5.7. VENTAJAS DEL USO DE LA METODOLOGÍA DE TEORÍA DE COLAS EN LA OPTIMIZACIÓN DE TIEMPO

Los modelos de teoría de colas permiten investigar comportamientos de la variable tiempo, ayudando a optimizar el diseño de las colas. Es por esto que es utilizado en estudios para diferentes áreas entregando resultados prácticos, como una mejor toma de decisiones con respecto a los tiempos necesarios empleados en la ejecución de alguna tarea, logrando así una mayor eficiencia de los procesos al incorporar o disminuir servidores.

Esta metodología es pertinente para poder evaluar en términos de gestión un proceso estudiado, en este caso el comportamiento de tres actividades del Jefe del Departamento de Control de la Municipalidad de San Nicolás, como son la revisión de Decretos de Pago, Contratos de trabajo y Rendiciones de cuentas.

En la figura 32, se presentan las funciones que el Jefe del Departamento de Control debe ejecutar, siendo las realizadas a diario el 12%, mientras que el resto son realizadas en media jornada o acumuladas por periodos de tiempos.

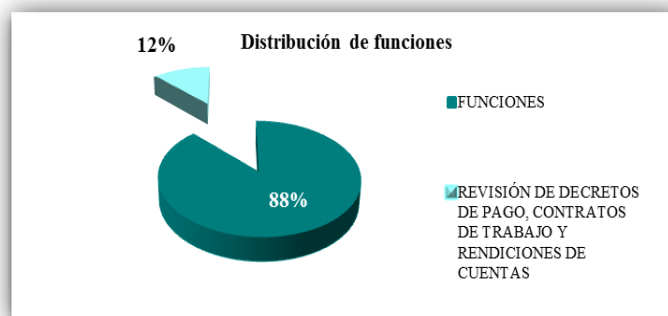


Figura 32: Distribución de funciones del Departamento de Control de la Municipalidad de San Nicolás.
Fuente: Elaboración propia.

El estudio permitió observar el comportamiento del flujo de llegadas de los documentos al Departamento de Control durante cuatro semanas.

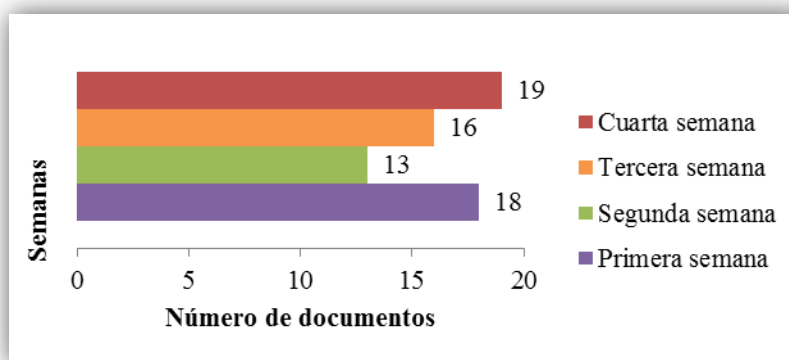


Figura 33: Comportamiento semanal de los trabajos.
Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar en la figura 33 que la semana que tiene mayor movimiento es la cuarta semana debido al mayor flujo de Decretos de Pago, principalmente los que tienen que ver con el pago de los contratados a honorarios, cuya cancelación se realiza los días 30 del mes.

Le sigue la primera semana con un promedio de 18 documentos. En esta semana se reciben las rendiciones de cuentas que deben realizarse dentro de los 5 primeros días del mes, además, de los pagos de servicios y beneficios de estudio que se otorgan a estudiantes pertenecientes a la comuna.

La tercera semana se caracteriza por la recepción de contratos de trabajo y Decretos de Pago de remuneraciones a los funcionarios de planta y contrata, es por este motivo que presenta un total de 16 documentos en promedio.

Por último, la segunda semana presenta en promedio 13 trabajos, ya que es en esta semana donde se concentran algunos pagos de compras hechas dentro del municipio.

Cabe señalar que esta metodología permite dar una respuesta al Alcalde de la Municipalidad de San Nicolás, sobre el uso del tiempo que el Jefe de Control de la misma institución dedica a sus funciones permitiendo tomar una decisión a corto plazo con respecto a la contratación de una persona que ayude en algunas actividades, o incorporar un horario, donde el Jefe del Departamento de Control pueda ordenar sus tiempo en relación a las funciones otorgadas.

Desde el punto de vista profesional esta teoría permite corroborar que como herramienta de optimización de tiempo es posible aplicarla en el estudio de ejecución de tareas dentro de una organización, permitiendo reducir costos aumentando la eficiencia de los procesos y entregando soluciones concretas respaldadas por un estudio matemático, además de una simulación que representa la realidad, efectuando cambios en niveles de producción al incorporar o disminuir un servidor.

CONCLUSIÓN

A través de este estudio se pudo conocer los procesos del Departamento de Control y estudiar la pertinencia de la teoría de colas en la optimización de la gestión de tiempo en la ejecución de tareas como revisión de decretos de pago, contratos de trabajo y rendiciones de cuenta.

Las visitas a terreno permitieron medir el tiempo en la ejecución de tareas del encargado del Departamento de control en la Municipalidad de San Nicolás. Este procedimiento conllevó a identificar las componentes principales en la tardanza para la ejecución de trabajos.

El estudio bibliográfico sobre la teoría de colas ayudó a definir y conocer cada uno de los componentes de una cola, así como las aplicaciones realizadas a nivel teórico y práctico que proporcionaron la base para desarrollar la metodología en el estudio de esta tesis.

La metodología propuesta permitió modelar el tiempo que el Jefe de Control utiliza en cada una de las actividades que realiza. Las medidas de eficiencia calculadas a nivel teórico y simulado mostraron el rendimiento que tiene el Jefe del Departamento de Control.

Al trabajar con los modelos $M/M/1$ y $M/M/C$ (considerando en este estudio que $C=2$), y comparar los resultados obtenidos se puede ver la factibilidad de contratar a otra persona que pueda ayudar de manera parcial en algunas de las actividades que tiene asignadas a su cargo el Jefe de Control.

Con la implementación del modelo de Teoría de Colas y el modelo de Simulación en FlexSim, se logró identificar la oportunidad de mejora, es decir, contratando a una persona que apoye las labores del Jefe del Departamento en cuanto al tiempo de trabajo que está al alcance de la organización, para lograr que el proceso de gestión en el servicio sea más eficiente.

En consecuencia, con este estudio se puede corroborar una vez más la importancia de la implementación de modelos de simulación, ya que estos permiten profundizar mucho más en el comportamiento del sistema analizado. También la importancia de apoyar lo teórico con la simulación y viceversa, esto debido a que es una excelente forma de validar la representación del modelo simulado con respecto al modelo real permitiendo poder entregar una propuesta para que las autoridades de la Municipalidad de San Nicolás puedan tomar las decisiones sugeridas.

ANEXOS

ANEXO 1: PRIMERA SEMANA

1 DE OCTUBRE		
Decretos	Hora de inicio	Revisión
1	14:34	119
2	14:35	29,5
3	14:36	19,03
4	14:36	30,2
5	14:37	23,04
6	14:38	11,74
7	14:41	45,57
8	14:42	23,86
9	14:42	32,03
10	14:43	21,99
11	14:44	35,69
12	14:44	26,19
13	14:44	18,06
14	14:44	22,74
15	14:45	44,23
16	14:46	30,54
17	14:46	12,32
18	14:47	42,02
19	14:47	36,69
20	14:47	38,72
21	14:48	24,01
22	14:49	22,16
23	14:49	67,37
24	14:50	35,15
25	14:50	29,79
26	14:51	23,77
27	14:51	17,02
28	14:52	21,09
29	14:52	20,4
30	14:52	33,13
31	14:56	19,97
32	14:56	34,81
33	14:57	30,25
34	15:08	55,46
35	15:09	58,39
36	15:10	42,57
37	15:11	39,29
38	15:12	31,2
39	15:12	80,2
40	15:20	153,49
41	15:22	153,63
42	15:25	158,64

3 DE NOVIEMBRE (TARDE)		
Decretos	Hora de inicio	Revisión
1	14:46	33,86
2	14:46	57,03
3	14:47	24,09
4	14:48	38,95
5	14:49	32,68
6	14:49	23,7
7	14:50	62,47
8	14:51	27,3
9	14:52	55,13
10	14:52	31,67
11	14:54	42,47
12	14:54	33,49
13	14:55	20,47
14	14:55	26,51
15	14:55	15,53
16	14:56	30,33
17	14:56	35,12
18	14:57	18,78
19	14:57	16,87
20	14:57	27,63
21	14:58	25,69
22	14:58	73,05
23	14:59	159,55
24	15:02	33,47
25	15:04	23,96
26	15:05	34,7
27	15:20	48,47
28	15:21	328,18
29	15:26	23,04
30	15:26	58,78
31	15:27	83,26
32	15:27	22,71
33	15:31	32,13
34	15:46	38
35	15:47	43,15
36	15:47	30,59
37	15:48	87,74
38	15:49	21,53
39	15:51	12,26
40	15:51	17,42
41	15:52	76,8
42	15:52	24,78

3 DE NOVIEMBRE (MAÑANA)		
Decretos	Hora de inicio	Revisión
1	9:36	24,67
2	9:36	49,1
3	9:37	56,09
4	9:38	13,39
5	9:39	20,24
6	9:39	33,1
7	9:40	31,21
8	9:40	36,99
9	9:41	25,77
10	9:41	24,99
11	9:42	33,98
12	9:42	34,95
13	9:43	90,44
14	9:45	29,33
15	9:45	36,93
16	9:48	32,78
17	9:48	42,75
18	9:49	44,62
19	9:52	37,88
20	9:53	47,81
21	10:42	47,43
22	10:42	98,55
23	10:44	17,14
24	10:44	14,28
25	10:44	17,58
26	10:45	19,92
27	10:47	10,04
28	10:47	31,66
29	10:47	16,73
30	10:48	32,56
31	10:48	23,04
32	10:49	18,77
33	10:49	21,28
34	10:50	13,94
35	10:50	17,54
36	10:50	15,63
37	10:50	11,8
38	10:51	18,75
39	10:51	12,85
40	10:51	20,86
41	10:51	13,64
42	10:52	13,64
43	10:53	50,43
44	10:58	239,17

6 DE NOVIEMBRE		
Decretos	Hora de inicio	Revisión
1	9:40	24,33
2	9:41	30,58
3	9:41	33,44
4	9:41	35,75
5	9:42	22,57
6	9:43	25,34
7	9:44	17,78
8	9:44	17,46
9	9:44	19,29
10	9:45	47,21
11	9:45	15,19
12	9:46	18,41
13	9:46	18
14	9:52	9,84
15	9:52	24,61
16	9:52	22,91
17	9:53	23,79
18	9:53	17,19
19	9:54	109,8
20	9:55	26,87
21	9:56	16,39
22	9:57	33,69
23	9:58	25,34
24	9:58	27,23
25	9:59	24,89
26	9:59	44,85
27	10:00	36,64
28	10:01	87,99
29	10:03	51,06

4 DE NOVIEMBRE		
Decretos	Hora de inicio	Revisión
1	9:30	42,23
2	9:31	8,07
3	9:31	29,82
4	9:45	29,28
5	9:46	43,89
6	9:47	41,1
7	9:47	70,54
8	9:48	43,8
9	9:49	23,26
10	9:50	96,57
11	9:52	28,44
12	9:52	27,48

45	11:02	20,19
46	11:02	19,43
47	11:03	9,98
48	11:03	21,33
49	11:03	21,25
50	11:03	8,59
51	11:04	28,26
52	11:04	12,54
53	11:04	8,85
54	11:05	16,84
55	11:05	11,21
56	11:05	10,87
57	11:05	17,45
58	11:06	14,69
59	11:06	18,58
60	11:06	14,58
61	11:06	19,51
62	11:07	10,1
63	11:07	192,88
64	11:17	155,99
65	11:19	127,47
66	11:22	229,64

13	9:53	23,2
14	9:53	30,95
15	10:02	184
16	10:05	23
17	10:05	25,06
18	10:06	570,92

ANEXO 2: MUESTREO SEGUNDA SEMANA

8 DE SEPTIEMBRE 2015		
Decretos	Hora de inicio	Revisión
1	9:01	32,00
2	9:02	37,06
3	9:03	18,88
4	9:04	27,45
5	9:04	12,73
6	9:09	66,00
7	9:11	27,27
8	9:12	15,77
9	9:12	13,83
10	9:13	21,48
11	9:13	108,83
12	9:13	14,34
13	9:15	14,59
14	9:16	135,76
15	9:18	10,52

15 DE SEPTIEMBRE 2015		
Decretos	Horade inicio	Revisión
1	9:34	66,82
2	9:36	16,36
3	9:36	27
4	9:37	33,44
5	9:37	33,11
6	9:39	46,46
7	9:40	179,23
8	9:44	140,46
9	9:47	80,72
10	9:48	129,53
11	9:55	56,82
12	9:56	58,57
13	9:57	12,55
14	9:58	26,88
15	9:58	109,31
16	11:00	48,34
17	11:00	84,86
18	11:02	223,49
19	11:04	44,99
20	11:05	49,12
21	11:06	42,79
22	11:08	60,54
23	11:10	66,74
24	11:12	55,34
25	11:13	62,42
26	11:15	54,65

11 DE SEPTIEMBRE 2015		
Decretos	Hora de inicio	Revisión
1	11:00	32,54
2	11:00	46,99
3	11:01	52,01
4	11:02	44,98
5	11:27	58,39

11 DE SEPTIEMBRE 2015		
Decretos	Hora de inicio	Revisión
1	14:17	36,91
2	14:18	127,7
3	14:20	20,59
4	14:20	21,19
5	14:21	9,36
6	14:21	14,28
7	14:21	112,79
8	14:23	36,85
9	14:24	27,66
10	14:24	17,07
11	14:25	24,65
12	14:25	12,34
13	14:26	23,59
14	14:26	33,17
15	14:26	32,54
16	14:27	25,86
17	14:27	64,32
18	14:36	12,91
19	14:38	162,6

7 DE OCTUBRE 2015		
Decretos	Hora de inicio	Revisión
1	10:15	65,31
2	10:17	54,5
3	10:18	124,13
4	10:20	51,91
5	10:21	32,7
6	10:35	33,7
7	10:36	33,39
8	10:40	229,74
9	10:40	37,72
10	10:41	69,98
11	10:43	42,5
12	10:43	28,13
13	10:44	31,42
14	10:44	44,06
15	10:45	43,97

ANEXO 3: MUESTRA TERCERA SEMANA

23 DE SEPTIEMBRE 2015		
Decretos	Hora de inicio	Revisión
1	11:04	54,66
2	11:05	62,39
3	11:07	242,38
4	11:11	53,07
5	11:12	23,47
6	11:14	24,68
7	11:14	62,1
8	11:16	71,24
9	11:17	40,08
10	11:17	44,25
11	11:18	45,64
12	11:19	24,59
13	11:20	109,04
14	11:22	25,01
15	11:22	28,71
16	11:23	63,87
17	11:24	91,37
18	11:28	13,83
19	11:28	71,9
20	11:30	41,86
21	11:31	49,62
22	11:31	54,11

20 DE OCTUBRE		
Decretos	Hora de inicio	Revisión
1	10:00	39,1
2	10:00	82,67
3	10:01	36,63
4	10:01	65,61
5	10:02	65,96
6	10:33	48,48
7	10:34	36,2
8	10:34	40,49
9	10:35	31,36
10	10:35	23,21
11	10:39	46,22
12	10:39	224,59
13	10:43	15,89
14	10:44	42,48
15	10:44	31,21
16	10:45	70,91
17	10:46	158,48
18	10:48	70,63
19	10:50	265,31
20	10:55	90,43
21	10:57	42,68

21 DE OCTUBRE		
Decretos	Hora de inicio	Revisión
1	10:02	86,95
2	10:04	46,22
3	10:04	51
4	10:05	46,78
5	10:05	46,28
6	10:05	54
7	10:05	46,27
8	10:06	58,09
9	10:06	61,65
10	10:06	57,85
11	10:07	54,51
12	10:07	36,92
13	10:07	58,38
14	11:17	17,15
15	11:18	39,19
16	11:18	43,97
17	11:18	37,27
18	11:19	70,27
19	11:20	49,85

20	11:20	42,13
21	11:20	35,77
22	11:20	21,66
23	11:21	40,77
24	11:21	62,32

17 DE NOVIEMBRE		
Decretos	Hora de inicio	Revisión
1	10:04	133,67
2	10:05	61,87
3	10:06	41,88
4	10:07	28,35
5	10:08	29,15
6	10:09	23,87
7	10:09	23,26
8	10:10	14,67
9	10:10	57,47
10	10:10	47,03
11	10:11	33,94
12	10:11	44,89
13	10:11	28,52
14	10:11	43,14
15	10:12	146,72
16	10:14	22,48
17	10:15	37,57
18	10:15	225,32
19	10:20	29,7
20	10:24	63,12
21	10:30	158,38
22	10:32	32,89
23	10:32	178,3
24	10:36	37,1
25	10:36	16,67
26	10:36	29,98
27	10:37	26,58
28	10:37	235,1
29	10:41	102,36
30	10:43	44,46
31	10:45	113,6
32	10:47	61,64
33	10:48	86,46
34	10:50	18,29
35	10:50	38
36	10:51	43,79
37	10:51	20,17

18 DE NOVIEMBRE		
Decretos	Hora de inicio	Revisión
1	9:56	14,08
2	9:57	32,88
3	9:57	27,18
4	9:58	39,28
5	9:58	54,71
6	10:12	30,87
7	10:13	22,17
8	10:13	19,46
9	10:14	18,35
10	10:14	61,93
11	10:15	52,47
12	10:15	66,93
13	10:17	16,04
14	10:18	15,3
15	10:19	17,25
16	10:19	23,84
17	10:19	20,9
18	10:20	12,78
19	10:20	11,53
20	10:20	33,91
21	10:21	57,2
22	10:24	117,2
23	10:26	36,7
24	10:27	45,2
25	10:28	28,14
26	10:30	207,4

ANEXO 4: MUESTRAS CUARTA SEMANA

28 DE SEPTIEMBRE		
Decretos	Hora de inicio	Revisión
1	10:24	53,61
2	10:25	156,1
3	10:28	145,27
4	10:31	165,4
5	10:34	83,54
6	10:36	92,75
7	10:38	81,28
8	10:40	676,9
9	12:06	116,96
10	12:46	86,48
11	12:48	63,53
12	12:49	34,34
13	12:49	57,81
14	12:50	86,05
15	12:52	50,27
16	12:52	47,31
17	12:53	40,11
18	12:53	53,07
19	12:54	55,58
20	12:55	56,08
21	12:56	42,27
22	12:56	73,31
23	12:57	41,33

26 DE OCTUBRE		
Decretos	Hora de inicio	Revisión
1	10:52	67,15
2	10:53	94,97
3	10:55	61,41
4	10:56	79,54
5	10:57	38,25
6	10:58	38,52
7	10:58	44,39
8	10:59	33,04
9	10:59	122,1

27 DE OCTUBRE		
Decretos	Hora de inicio	Revisión
1	9:44	56,6
2	9:44	45,84
3	9:45	38,76
4	9:45	65,87
5	9:45	69,98
6	9:45	67,05
7	9:46	71,83
8	9:46	42,03
9	9:46	67,81
10	9:46	48,75

30 DE SEPTIEMBRE		
Decretos	Hora de inicio	Revisión
1	16:15	54,18
2	16:16	31,07
3	16:17	40,1
4	16:17	46,75
5	16:18	49,68
6	16:18	41,45
7	16:19	43,9
8	16:20	41,83
9	16:21	56,38
10	16:22	31,23
11	16:22	36,57
12	16:23	31,55
13	16:23	53,81
14	16:24	40,92
15	16:25	45,38

16	16:25	67,12
17	16:26	167,51

24 DE NOVIEMBRE		
Decretos	Hora de inicio	Revisión
1	9:00	33,26
2	9:00	32
3	9:01	40,95
4	9:02	40,47
5	9:02	38,2
6	9:03	48,26
7	9:04	39,95
8	9:04	57,3
9	9:05	42,97
10	9:06	41,7
11	9:07	31,03
12	9:07	42,03
13	9:08	35,59
14	9:08	47,13
15	9:09	48,45
16	9:10	39,93
17	9:10	33,66
18	9:11	44,67
19	9:11	30,8
20	9:12	41,37
21	9:13	49,07
22	9:13	35,43
23	9:14	43,62
24	9:15	44,74
25	9:15	37,42
26	9:16	54,7
27	9:17	69,09
28	9:18	53,75
29	9:19	44,43
30	9:20	54,81
31	9:21	41,73
32	9:21	112,58
33	9:23	47,24
34	9:23	37,6
35	9:24	43,45
36	9:25	65,59
37	9:27	45
38	9:27	56,31
39	9:29	42,22
40	9:30	38,17
41	9:30	85,05
42	9:32	39,07
43	9:32	77,11
44	9:34	22,66
45	9:35	21,17
46	9:35	49,04

47	9:36	46,63
48	9:37	204,48
49	9:40	52,81
50	9:41	45,62
51	9:42	46,57
52	9:43	32,26
53	9:43	35,69
54	9:44	56,5
55	9:45	53,53

ANEXO 5: Resultados teóricos con un servidor

Segunda semana		
λ	13	
μ	66	
ρ	20,1%	723,58 segundos
P_0	79,90%	2876,4 segundos
Lq	0,05	
L	0,25	
W (segundos)	1,9%	67,9 segundos
Wq (segundos)	0,4%	13,7 segundos

Tercera semana		
λ	16	
μ	47	
ρ	34,5%	1242,63 segundos
P_0	65,48%	2357,37 segundos
Lq	0,05	
L	0,25	
W (segundos)	3,2%	116,8 segundos
Wq (segundos)	3,2%	40,3 segundos

Cuarta semana		
λ	19	
μ	64	
ρ	29,7%	1068,8 segundos
P_0	70,31%	2531,3 segundos
Lq	0,05	
L	0,25	
W (segundos)	2,2%	80,0 segundos
Wq (segundos)	0,7%	23,7 segundos

ANEXO 6: Resultados según FlexSim con un servidor

Segunda semana

Resumen tiempo y documentos en el sistema (segunda semana)								
	Media (95% Confiabilidad)					Desviación Estándar	Min	Max
Documentos Revisados	0	<	1	<	2	1	0	2
Tiempo (Segundos)	58.6	<	68.0	<	77.4	17.0	38.4	103.3

Resumen tiempo y documentos en la cola (segunda semana)								
	Media (95% confiabilidad)					Desviación estándar	Min	Max
Documentos en cola	0	<	0,5	<	1	1	0.000	1
Tiempo (segundos)	3.9	<	8.0	<	12.2	7.4	0.0	26.8

Tercera semana

Resumen tiempo y documentos en el sistema (tercera semana)								
	Media (95% Confiabilidad)					Desviación Estándar	Min	Max
Documentos Revisados	1	<	1,5	<	2	1	0	2
Tiempo (Segundos)	91	<	110	<	130	36	69	211

Resumen tiempo y documentos en la cola (tercera semana)								
	Media (95% confiabilidad)					Desviación estándar	Min	Max
Documentos en cola	0	<	0,5	<	1	1	0.000	1
Tiempo (segundos)	10	<	26	<	43	29	0	122

Cuarta semana

Resumen tiempo y documentos en el sistema (cuarta semana)								
	Media (95% Confiabilidad)					Desviación Estándar	Min	Max
Documentos Revisados	0	<	1	<	2	1	0	2
Tiempo (Segundos)	66	<	78	<	91	23	48	134

Resumen tiempo y documentos en la cola (cuarta semana)								
	Media (95% confiabilidad)					Desviación estándar	Min	Max
Documentos en cola	0	<	0,5	<	1	1	0	1
Tiempo (segundos)	10	<	26	<	43	29	0	122

ANEXO 7: Resultados teóricos con dos servidores

Segunda semana		
λ	13	
μ	66	
ρ	9,80%	352,8 segundos
P_0	82,80%	2980,8 segundos
Lq	0,002	
L	0,199	
w_q	0,02%	0,54 segundos
W	1,53%	55,08 segundos

Tercera semana		
λ	16	
μ	46	
ρ	17,4%	626,4 segundos
P_0	70,4%	2534,4 segundos
Lq	0,011	
L	0,208	
Wq (segundos)	0,10%	2,44
W (segundos)	2,24%	80,7

Cuarta semana		
λ	19	
μ	64	
ρ	14,80%	532,8 segundos
P_0	74,10%	2667,6 segundos
Lq	0,009	
L	0,206	
Wq (segundos)	0,047%	1,7 segundos
W (segundos)	1,60%	57,96 segundos

Anexo 8: Resultados según FlexSim, dos servidores.

Segunda semana

Resumen tiempo y documentos en el sistema								
(Segunda semana)								
	Media (95% Confiabilidad)					Desviación	Min	Max
Documentos	0	<	0,5	<	1	0	0	1
Tiempo (Segundos)	45	<	61	<	78	30	27	147

Resumen tiempo y documentos en cola								
(Segunda semana)								
	Media (95% Confiabilidad)					Desviación	Min	Max
Documentos	0	<	0,5	<	1	0	0	1
Tiempo (Segundos)	-0,9	<	1,1	<	3,1	3,6	0	13,9

Tercera semana

Resumen tiempo y documentos en el sistema								
(Tercera semana)								
	Media (95% Confiabilidad)					Desviación	Min	Max
Documentos	0	<	0,5	<	1	1	0	1
Tiempo (Segundos)	64	<	85	<	105	37	39	196

Resumen tiempo y documentos en cola								
(Tercera semana)								
	Media (95% Confiabilidad)					Desviación	Min	Max
Documentos	0	<	0,5	<	1	0	0	1
Tiempo (Segundos)	0,1	<	1,6	<	3,1	2,7	0	6,7

Cuarta semana

Resumen tiempo y documentos en el sistema								
(Cuarta semana)								
	Media (95% Confiabilidad)					Desviación	Min	Max
Documentos	0	<	0,5	<	1	0	0	1
Tiempo (Segundos)	50	<	64	<	79	26	26	142

Resumen tiempo y documentos en cola								
(Cuarta semana)								
	Media (95% Confiabilidad)					Desviación	Min	Max
Documentos	0	<	0,5	<	1	0	0	1
Tiempo (Segundos)	-0,14	<	0,69	<	1,53	1,5	0	4,61

ANEXO 9: Encuestas de funciones del Jefe del Departamento de Control de la Municipalidad de San Nicolás.

Función Revisadora	Duración tiempo estimado	Periodo	Observacion
Analizar y visar los antecedentes relativos a las bases de concesiones, licitaciones públicas y propuestas privadas.	Concesiones: 20 minutos c/u Licitaciones públicas: 15 minutos c/u	Mensual	El tiempo en promedio que demora el Jefe del Departamento de Control en revisar antecedentes de las licitaciones es de 15 a 20 minutos, éstas deben traer adjunta documentos que respalden lo que se desea efectuar.
Revisar las pólizas de fidelidad funcionaria para que todos los funcionarios que tienen responsabilidad pecuniaria o de especies que cuenten con ella.	Pólizas Salud: 30 min c/u Pólizas Educación : 30 min c/u Pólizas Municipal: 30 min c/u	Anual	El Jefe de Control solicita nómina de trabajadores al departamento de finanzas Municipal, finanzas de Salud y finanzas de Educación, de todos los trabajadores que prestan servicios a la comuna, una vez recibida, el tiempo aproximado que demora en la revisión es de 30 minutos, considerando que no haya interrupciones.
Revisar que los registros contables se ajusten a la normativa emanada de la Contraloría General de la Republica en conformidad a lo estipulado en la Ley Orgánica de Administración Financiera del Estado.	Municipal : 12 horas Educación: 12 horas Salud: 12 horas	Trimestral	En esta situación debe ser muy cauteloso al momento de analizar los registros contables, teniendo conocimiento previo a las transacciones realizadas. Para comenzar solicita los informes a los departamentos, municipal, de salud y educación los que son enviados para el análisis, en caso de existir duda por parte del Jefe del Departamento se acerca a la fuente de información esclareciendo lo sucedido o corrigiendo en caso de error.
Representar al Concejo Municipal los déficits que advierta en el presupuesto municipal.	Sesión de concejo municipal: 2 a 3 horas	Trimestral	En esta situación, el Jefe de Control debe estar presente durante la sesión completa, lo que se estima más de 2 horas de concejo dependiendo los temas a tratar. Él debe ser partícipe de todas las reuniones de concejos que se realicen, por motivo que debe estar informado de los asuntos de la municipalidad y ver que cada acuerdo tomado durante la sesión se guíe por los reglamentos establecidos. 84

Función Auditora	Duración tiempo estimado	Periodo	Observación
Confeccionar el Plan Anual de Auditoría.	Municipal: 12 horas Educación: 12 horas Salud: 12 horas	Anual	El plan anual corresponde hacerlo los primeros meses del año, seleccionando las cuentas para auditar en los Departamentos de Finanzas Municipal, Departamento de Finanzas de Salud y Educación.
Velar por un correcto sistema de remuneraciones en conformidad a legislación vigente, especialmente en el respeto de los límites de gasto en personal y porcentajes del personal a contrata y a honorarios al interior del municipio.	Municipal: 1hora Educación: 1hora Salud: 1hora	Mensual	Pide los informes al Departamento de Contabilidad de cada área, también son revisados al momento de ejercerse los pagos de remuneraciones.
Revisar y evaluar la legalidad del sistema de otorgamiento de patentes municipales, incluidas las patentes de alcoholes.	Municipal: 40 horas	Semestral Visitas a terreno	En esta situación prefiere ir a fiscalizar en terreno los negocios cercanos a la comuna, pidiendo la información sobre las patentes otorgadas.
Revisar y evaluar la legalidad en el sistema de concesiones municipales y su posterior seguimiento y control en el cumplimiento de dichos	Municipal: 2 horas Educación: : 2 horas		Primero debe chequear que las bases del contrato de concesión estén bajo las normas de la Ley, también revisar los contratos de trabajos de los

<p>contratos por parte de las empresas concesionarias, (concesiones de aseo, de áreas verdes, de parquímetros, de mantención de alumbrado público, de estacionamientos subterráneos y otros).</p>	<p>Salud : : 2 horas</p>	<p>Anual</p>	<p>empleados que trabajan en esta. Por lo general las concesiones duran más de 1 año por lo que se debe llevar un seguimiento del cumplimiento de labores durante el período que corresponda.</p>
<p>Efectuar las auditorías a las unidades municipales, que incluyen conciliaciones bancarias, rendiciones de cuentas, arqueos de caja y de especies valoradas, a lo menos semestralmente, informando del resultado al Alcalde y al Concejo Municipal. 1.</p>	<p>Municipal: 4 horas Educación: 4 horas Salud: 4 horas</p>	<p>Mensual</p>	<p>El proceso de las conciliaciones bancarias comienza en el Departamento de Contabilidad de la Municipalidad, de Contabilidad de Salud y Contabilidad De Educación, las que son revisadas por el Jefe de Control, que a su vez tiene un registro de las transacciones bancarias realizadas durante el mes, haciendo una comparación para analizar la perfección del proceso.</p>
<p>Conocer de todo acto administrativo municipal con contenido patrimonial.</p>	<p>Municipal: 20 min Educación: 20 min Salud: 20 min</p>	<p>Trimestral</p>	<p>El Director solicita informe a los Departamentos de Finanzas, quienes llevan los registros patrimoniales de los establecimientos, para luego informar a las autoridades en el concejo.</p>
<p>Auditar los informes y estados financieros que la Municipalidad presente interna o externamente en relación a su exactitud,</p>	<p>Municipal: 24 horas Educación: 8 horas Salud: 8 horas</p>	<p>Trimestral</p>	<p>Para cumplir con este cometido, tiene libre acceso a las dependencias municipales para examinar y evaluar en cualquier momento, métodos, planes y procedimientos, las operaciones financieras, así como archivos y documentos de respaldo, y otras fuentes de información relacionadas con las actividades de la</p>

**oportunidad, veracidad y
utilidad.**

2.

Municipalidad. Además cuenta con la autorización de alcaldía para solicitar cooperación de cualquier empleado de la Municipalidad con el fin de lograr el más satisfactorio cometido de su labor.

FUNCIÓN ASESORA Y EVALUADORA	DURACION TIEMPO ESTIMADO	PERIODO	OBSERVACION
<p>Evaluar dentro de sus atribuciones legales el funcionamiento administrativo del Municipio y proponer el mejoramiento de su organización y métodos cuando corresponda.</p>	<p>Municipal: 8 horas</p>	<p>Mensual A través de transparencia</p>	<p>El Director de control aparte de sus labores que por ley le corresponden está encargado de la transparencia del municipio, donde va fiscalizando mes a mes el funcionamiento de la organización a través de la información que se sube a la pagina</p>
<p>Analizar las instrucciones, reglamentos, manuales de organización y procedimientos, recomendado cuando proceda su elaboración o actualización. Asesorar en puestas en marcha de cualquier nueva función o procedimientos que se establezca.</p>	<p>Municipal: 2 horas</p>	<p>Mensual (relativo)</p>	<p>Todos los meses debe dedicar tiempo para ver los reglamentos e ir actualizándolos con la normativa que ha sido actualizada.</p>
<p>Dar respuesta por escrito a las consultas o peticiones de informes que le formule un concejal. 3.</p>	<p>Municipal: 2 horas Educación: 2 horas Salud: 2 horas</p>	<p>Mensual (relativo)</p>	<p>Dependiendo del tipo de solicitud esta se encuentra en un rango de 2 a 3 horas de trabajo.</p>
<p>Evaluar los objetivos institucionales del Municipio y</p>			<p>Esta labor es muy minuciosa ya que existen diversas unidades dentro del municipio, salud y</p>

<p>las metas colectivas de las diferentes unidades e individuales de las unidades que forman parte de la organización y contenidos en el programa Anual de Gestión Municipal y que tienen como fin el mejorar la eficiencia y eficacia, economía y la calidad del servicio tanto al interior del municipio como hacia la comunidad.</p>	<p>Municipal : 40 horas</p>	<p>Trimestral</p>	<p>educación quienes tienen metas y objetivos dirigidos a diferentes situaciones. Por lo que debe recopilar gran cantidad de información y viendo el grado de avance que llevan y ver el calendario que entregan a principio de año. Una vez recopilada la información debe confeccionar los informes que son presentados ante el concejo.</p>
<p>Recepcionar los informes emitidos por cada dirección o unidad superior respecto al grado de logro de los objetivos y metas.</p>	<p>Municipal: 5 min Salud: 5 min Educación: 5 min</p>	<p>Trimestral</p>	<p>Solicitar los informes no toma una gran cantidad de tiempo solo debe llamar a los departamentos para que se los envíen o ir personalmente a solicitarlos de manera urgente.</p>
<p>Preparar los informes destinados al Concejo Municipal sobre el grado de cumplimiento de los objetivos institucionales y de las metas colectivas o de desempeño individual, según corresponda.</p>	<p>24 horas</p>	<p>Trimestral</p>	<p>Tanto en el municipio como en los departamentos de salud y educación a principio de año se deben presentar al Director de control una planificación de los objetivos y metas que como institución desean lograr. Por esta razón el jefe de control debe fiscalizar que estas metas se cumplan, e informar al concejo. En recopilar la información analizarla preparar informe y presentarla utiliza 3 jornadas de trabajo.</p>

BIBLIOGRAFÍA

- Cao, R. (2002). *Introducción a la teoría de colas* (pp. 109 - 137). Coruña España: Carlos Iglesias.
- Cardona, B.(2005). *La Teoría de colas como una herramienta para optimizar el servicio en una entidad Municipal*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Politécnica de Cartagena.
- Carro R., González D. (2012). Modelos de Líneas de Espera. *Administración de las operaciones*, 16(1), 1-16.
- Casadiego, R. (2013). Guía de usuario para el modelamiento de FlexSim.
- Chase, R., Jacobs, F., & Aquilano, N. (2006). *Administración de operaciones, producción y cadena de suministro* (12va ed., pp. 278-296). México: McGraw-Hill.
- Cortez, P.(2011). *Sistema para medir tiempos de espera en colas de supermercado usando visión por computador y métodos estadísticos*. (Tesis de Magíster). Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago
- Scribano, A. (2008). *El proceso de investigación social cualitativo* (pp. 65-66). Buenos Aires: Prometeo Libros.
- García, J.(2011). *Aplicando la teoría de colas en la dirección de operaciones*. Valencia. Recuperado de <http://personales.upv.es/jpgarcia/LinkedDocuments/Teoriadecolasdoc.pdf>
- Garduño Aguilar, F. (2007). *Software para dimensionamiento de troncales para redes* (Tesis de Licenciatura). Universidad de las Américas de Puebla.
- González, P. (2012). Aplicación de la Teoría de Colas a la atención al público en una correduría de seguros. (Tesis de Licenciatura). Universidad Politécnica de Cartagena.
- Hillier, F., & Lieberman, G. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones* (9na ed., pp. 708-757). México, D. F.: McGraw-Hill.
- Ley N° 18.695, Orgánica Constitucional de Municipalidades. (1997).
- Martínez, V. (2012). Simulación de una línea de espera con la tasa de llegada dependiente del estado del sistema. (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Portilla, L., Arias, L., & Fernández, S. (2010). Análisis de la línea de espera a través de la teoría de colas y simulación. *Scientia Et Technica* Año XVII, (46), 56-61.
- Taha, H. (2012). *Investigación de operaciones* (9th ed., pp. 593-633).México D.F. Pearson