	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	1 de 59


DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO DE TEORÍA DE COLAS APLICADO AL
SUPERMERCADO JUSTO & BUENO PARA DISMINUIR EL TIEMPO DE
ESPERA EN EL SERVICIO

EDGAR LEONARDO MANRIQUE RICO

CODIGO 1121884401

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
PAMPLONA NORTE DE SANTANDER

2017

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	2 de 59

DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO DE TEORÍA DE COLAS APLICADO AL
SUPERMERCADO JUSTO & BUENO PARA DISMINUIR EL TIEMPO DE
ESPERA EN EL SERVICIO

EDGAR LEONARDO MANRIQUE RICO

CODIGO 1121884401

TRABAJO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL


DIRECTOR

ESP. GERMAN G. GRANADOS MALDONADO

INGENIERO INDUSTRIAL


UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
PAMPLONA NORTE DE SANTANDER

2017

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	3 de 59


INFORMACION GENERAL

Título: DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO DE TEORÍA DE COLAS APLICADO AL SUPERMERCADO JUSTO & BUENO PARA DISMINUIR EL TIEMPO DE ESPERA EN EL SERVICIO							
Nombre Autor: Edgar Leonardo Manrique Rico				C.C. :1121884401			
FIRMA:							
E-mail: lucylsd25@hotmail.com				Teléfono: 3208748610			
Lugar de Ejecución del Proyecto: Pamplona Norte de Santander							
Duración de Proyecto (en meses): 2 meses y medio.							
Modalidad:							
Investigación		Pasantía Investigación		Práctica Empresarial		Diplomado	x


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	4 de 59

CONTENIDO

<u>1. DESCRIPCION DE LA PANORAMICA.....</u>	<u>8</u>
<u>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</u>	<u>10</u>
<u>3. JUSTIFICACION.....</u>	<u>13</u>
<u>4. PROPOSITO DEL ESTUDIO.....</u>	<u>14</u>
<u>5. OBJETIVOS.....</u>	<u>15</u>
OBJETIVO GENERAL	15
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	15
<u>6. ANTECEDENTES.....</u>	<u>16</u>
<u>7. NARRRATIVA</u>	<u>18</u>
<u>7.1. MODELOS EN FENOMENOS DE ESPERA.....</u>	<u>22</u>
<u>8. METODOLOGIA.....</u>	<u>28</u>
<u>8.1. TAREA Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....</u>	<u>29</u>


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	5 de 59

<u>9. RESULTADOS</u>	<u>30</u>
9.1. CALCULOS DEL MODELO ACTUAL M/M/1	30
9.2. CALCULOS DEL MODELO NUEVO CON UN SERVIDOR DE MÁS M/M/C	35
9.3. COSTOS DEL MODELO	36
9.4. COSTO DE PROPORCIONAR EL SERVICIO	38
9.5. SIMULACION EN ARENA UN SERVIDOR	39
9.6. SIMULACION EN ARENA CON DOS SERVIDORES Y UNA COLA.....	40
<u>CONCLUSIONES</u>	<u>41</u>
<u>10. RECOMENDACIONES</u>	<u>42</u>
<u>11. BIBLIOGRAFÍA.....</u>	<u>43</u>
<u>12. ANEXOS</u>	<u>46</u>

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	6 de 59


NDICE DE TABLAS

Tabla 5 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	29
Tabla 1 Promedio de personas que llegan en una hora de 5 ^a 6 pm	30
Tabla 2 promedio de espera de los cuatro días	31
Tabla 3 Tasa media en el servicio de los cuatro días	31
Tabla 4 Media de número de personas que entran en servicio por hora.	32
Tabla 6 fecha 03/05/2017 intervalos de tiempo de 10 minutos	46
Tabla 7 fecha 03/05/2017, registro de tiempo en el servicio	47
Tabla 8 fecha 04/05/2017 intervalos de tiempo de 10 minutos	50
Tabla 9 fecha 04/05/2017, registro de tiempo en el servicio	50
Tabla 10 fecha 08/05/2017 intervalos de tiempo de 10 minutos	53
Tabla 11 fecha 08/05/2017, registro de tiempo en el servicio	53
Tabla 12 fecha 09/05/2017 intervalos de tiempo de 10 minutos	56
Tabla 13 fecha 09/05/2017, registro de tiempo en el servicio	57

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	7 de 59

INDICE DE GRAFICAS E ILUSTRACIONES

Ilustración 1 diagrama causa efecto planteamiento de problema	10
Ilustración 2 Modelo de Cola Simple.....	24
Ilustración 3 cola en paralelo	26
Ilustración 4 simulación winQSB M/M/1	30
Ilustración 5 simulación en winQSB de dos servidores con costos M/M/2.....	35
Ilustración 6 COMPARACION DE COSTOS DE MODELO EN PESOS POR MES.	37
Ilustración 7 Equilibrio entre el costo y mejoramiento del servicio.	38
Ilustración 8 SIMULACION EN ARENA CON UN SERVIDOR	39
Ilustración 9 SIMULACION EN ARENA CON DOS CAJEROS	40

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	8 de 59


1. DESCRIPCION DE LA PANORAMICA

Justo & Bueno, una marca de la empresa Mercaderías S.A.S., planea abrir 58 puntos de venta en Bogotá y 10 más en Bucaramanga antes de que termine el primer trimestre. Ya tiene firmados los contratos de arrendamiento para este plan de expansión.


Los locales tienen en promedio 500 m2 más grandes que D1 e incluirán un mayor número de productos para la venta más de 600. Cada tienda generará en promedio ocho empleos; por eso, contará con más de 500 puestos de trabajo en el primer semestre del año. La comunicación con los clientes se hará a través de volantes en los que los personajes Justo y Bueno contarán las promociones y las historias a sus clientes.

El nuevo formato, la mercadería, es un concepto con una historia que apunta a generar un vínculo afectivo con el consumidor a partir de una decoración que evoca el arte popular y las tiendas de antaño. Cada tienda será pintada por un artista popular y tendrá detalles que permitan a los clientes sentirse a gusto y en confianza. Aunque el surtido es más amplio, la meta es que los precios sean muy atractivos. Además, tendrá una mayor participación de marcas reconocidas y las marcas propias participarán con menos de 40% del surtido.

A Pamplona Norte de Santander la marca de esta empresa llamada JUSTO&BUENO llegaron el 8 de abril de este año con un número de empleados de 7 personas sin jerarquía dentro del establecimiento se maneja

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	9 de 59

un tipo de persona orientadora, usan un método alemán en la organización de los artículos dentro del establecimiento, siendo competitivos en el mercado por sus buenos precios y productos de buena calidad, por esta razón algunos clientes dejan de comprar en otros supermercados, empleando dichas técnicas para disminuir los costos de personal y otros, este usa una política que el cliente debe ser el mismo quien empaque sus artículos que ha comprado se le sugiere que traiga bolsa o que compren una bolsa amigable con el medio ambiente dado a que se puede usar durante años, la buena atención que brinda el personal que trabaja bajo dicha subordinación.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	10 de 59


2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ilustración 1 diagrama causa efecto planteamiento de problema



El tiempo de espera en el servicio se presenta cuando los clientes llegan a un lugar demandando un servicio a un servidor, el cual tiene cierta capacidad de atención. Si el servidor no está disponible inmediatamente el cliente decide esperar, entonces se forma la línea de espera o decide abandonar la cola. (Cauch Ucan, 2017)

El supermercado JUSTO&BUENO es una empresa nueva en los Santanderes y especialmente en la ciudad de Pamplona, la cual ingreso al


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	11 de 59

mercado pisando fuerte, superando las expectativas de sus dueño, gracias a la aceptación de sus clientes.

El supermercado JUSTO&BUENO viene presentando un alto índice de clientes debido a sus bajos precios y productos de buena calidad que ellos ofrecen, el incremento de estos clientes a saturado totalmente el tiempo de espera en el servicio, los únicos cajeros que usa esta empresa están poco capacitados al momento de manejar la máquina registradora demorando más el tiempo en el servicio de los usuarios y causando algunas molestias.

Otro problema que se observó que provoca mucho tiempo en espera a los clientes es que al momento de comprar algunos productos no tienen precio unitario, debido a esto el cliente se remite algunas veces al servidor haciéndole perder tiempo para atender a las personas que están en la cola o que está siendo atendida.


También al momento de dar el cambio al cliente el servidor se queda sin sencillo a este le toca ir a buscar sencillo y en algunos casos el servidor le pide al usuario que consiga cambio para poder concretar la compra, al usuario le toca decidir si buscar cambio o abandonar la compra de los artículos provocando así pérdidas en ventas y aumento en los tiempos de espera en cola. Hay pérdidas de tiempo al momento de que los usuarios no acomodan bien los carros del supermercado entonces le toca al cajero organizarlos asiendo así una espera más larga de la cola.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	12 de 59

Según información suministrada por el personal de la organización, la hora más concurrida por los clientes es de 5:00 a 6:00 pm dado a que en esta hora los habitantes de Pamplona empiezan a salir de sus empleos y antes de llegar a su casa se dirigen a comprar los artículos que necesitan para el día o semana siguiente.

Lo que se pretende con este trabajo es disminuir los tiempos de espera en la cola del servicio para mejorar la atención al cliente usando un modelo matemático llamado teoría de colas para ver cuantos servidores deben estar en caja y de esta manera mejorar la eficiencia y la eficacia.

¿De qué manera se puede disminuir los tiempos de espera en el servicio de los clientes del supermercado JUSTO & BUENO?


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	13 de 59

3. JUSTIFICACION

Este trabajo es importante realizarlo debido a que mejorará la atención al cliente, se calculará la capacidad del sistema para atender las colas y así disminuir los tiempos de las líneas de espera, atendiendo un número mayor de personas en un menor intervalo de tiempo, debido a esto el cliente quedara satisfecho y la organización será beneficiada tanto económica como públicamente dándole una buena imagen frente a otras empresas que prestan el mismo servicio.


Ayudará a generar más ventas y por lo tanto más utilidades netas a la organización, y satisfaciendo al cliente con menos tiempo en el servicio, calidad y buenos precios.

Si se disminuye el tiempo que el cliente espera en cola este será un cliente más satisfecho, gracias al servicio que se le preste, disminuyendo estrés y ayudando a promocionar la organización con otras personas, los clientes aumentan la fluidez en el servicio y como resultado a esto aumenta las utilidades debido a que los servidores van a atender más personas en un intervalo de tiempo más corto, captando cada vez más clientes.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	14 de 59

4. PROPOSITO DEL ESTUDIO

Proponer un modelo matemático de teoría de colas aplicado al supermercado **JUSTO & BUENO** para disminuir el tiempo de espera en el servicio.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	15 de 59


5. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Proponer el modelo matemático de teoría de colas aplicado al supermercado JUSTO & BUENO para disminuir el tiempo de espera en el servicio

OBJETIVOS ESPECIFICOS


- Identificar la tasa de servicio y de llegada que se maneja actualmente.
- Calcular la capacidad ideal del servicio para mejorar la atención al cliente.
- Establecer un balance de equilibrio óptimo entre las consideraciones cuantitativas de costes y las cualitativas del servicio

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	16 de 59

6. ANTECEDENTES


Aplicación de teoría de colas en una entidad financiera herramienta para el mejoramiento de los procesos de atención al cliente la metodología general se basó inicialmente en la recolección de datos, relacionados con tiempos de llegada y de atención, y el análisis exploratorio estadístico de los mismos para comprobar supuestos del modelo y confiabilidad de los datos. Posteriormente se determinaron los parámetros necesarios para utilizar el modelo de teoría de colas y determinar las variables de salida de interés. Finalmente se aplicó un modelo de aceptación que permitió calcular el número óptimo de promotores sin sacrificar la eficiencia de la empresa representada en el tiempo ocioso de los empleados. (Jiménez, 2011)

Análisis de redes de colas modeladas con tiempos entre llegadas exponenciales e híper erlang para la asignación eficiente de los recursos para cumplir con dicho objetivo en este estudio se realizó un análisis descriptivo y estadístico mediante la simulación de escenarios tradicionales y otros estresados que brinden la inteligencia a un algoritmo heurístico multi-objetivo concebido desde la teoría de colas, desarrollado con procesos de búsqueda local y evaluado mediante principios económicos de igualdad, que fue capaz de generar el diseño óptimo de un sistema y a la vez ser base conceptual para la toma de decisiones. (Camilo, 2009)

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	17 de 59

Análisis estadístico mediante teoría de colas para determinar el nivel de satisfacción del paciente atendido en el departamento de admisiones del hospital provincial general docente de Riobamba el servicio de admisiones, que integra y desarrolla las clásicas funciones de admisión y archivos, otorgándoles un fuerte carácter de gestión y organización de los procesos asistenciales, y es a su vez uno de los motores de la estrategia de reorientación del servicio. Dentro del sistema de atención integral de salud, el servicio de admisiones tiene una función primordial que cumplir para contribuir a la atención oportuna y eficiente de las personas que consultan al hospital provincial general docente Riobamba. (HUARACA, 2014)

Aplicación de la teoría de colas al problema de atención al cliente para la optimización del número cajeros en ventanillas en la organización BCP, la presente investigación, establece el requerimiento óptimo de personal en la atención de las ventanillas de cajeros asignados en las distintas agencias de la entidad bancaria BCP dentro del país, lo que se verá reflejado en la eficiencia del recurso humano y la eficacia para la organización. (Arévalo, UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS , 2016)


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	18 de 59

7. NARRATIVA

La teoría de colas es un conjunto de modelos matemáticos que describen el comportamiento de los sistemas de líneas de espera ya sea de servicios o productos el objetivo principal de este es encontrar el estado de equilibrio apropiado para que el sistema garantice una disminución en los precios que es el factor cuantitativo y que el cliente quede satisfecho con el servicio prestado que es el factor cualitativo.(Portilla, Montoya, & Henao, 2010)

La teoría de colas fue estudiada por Kauffman en 1981 entre otros autores reconocidos como Cooper, Gross y Harris decían que este modelo matemático daba posibles soluciones a un fenómeno de la espera que hace posible un cálculo de unas probabilidades y así facilitar una toma de decisiones basadas en los resultados para mejorar el servicio dentro de la organización y determinando indicadores y parámetros que hacen más eficiente el proceso.(Centro de Mecanización Agropecuaria (Cuba) & Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana., 1988).

Los clientes presentan una variabilidad en la llegadas al servicio, estos andan en grupos y así aumentan el tamaño de la cola en un pequeño intervalo de tiempo las características de los clientes son diferentes debido a que las personas provienen de diferentes lados de Colombia en este contexto es fácil aplicar el modelo matemático de teoría de colas ya que


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	19 de 59

mejora la calidad del servicio prestado a los clientes.(Universidad de los Andes (Bogotá & Riaño, 2007)

El uso de teoría de colas permite tratar modelos realistas al describir la demanda y la producción a través de los procesos, el objetivo que perseguimos es mejorar el servicio al cliente disminuyendo los tiempos de espera en el servicio y ofreciendo productos de calidad.(Frutos & Gallego, 1999)

La teoría de colas es el estudio de un modelo matemático basado en la Investigación de Operaciones mediante la toma de tiempos para solucionar problemas que se presentan en las situaciones en las cuales se forman turnos de espera o colas para la prestación de un servicio o ejecución de un trabajo, ya sea de un cajero o servidor para mejorar la atención al cliente este sistema tiene un máximo de capacidad de mejoramiento en donde reduce al mínimo el tiempo de espera. (Barbosa & Rojas, 1995a)


Las entidades financieras como empresas prestadoras de servicios, saben que además de ofrecer diferentes tipos de estrategias como los portafolios de productos y servicios para cada segmento del mercado, es importante la manera en que se le entrega el producto o servicio al cliente, con esta teoría se estudiaran los factores como el tiempo de espera medio en las colas o la capacidad de trabajo del sistema sin que llegue a colapsar, teniendo en cuenta el diseño de las instalaciones, la calidad del personal que está en contacto con los clientes y la confortabilidad para brindar un

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	20 de 59

mejor servicio y que el cliente quede satisfecho, el último de ellos se ve en gran medida reflejado en el tiempo transcurrido entre el momento de la solicitud del servicio por parte del cliente y aquel en que realmente se lleva a cabo de manera efectiva. En ese trabajo se muestra la aplicación de una herramienta de la Investigación de Operaciones como la teoría de colas, la cual busca modelar los procesos de líneas de espera, aplicado a una entidad financiera que posee problemas para la atención de sus clientes en la agencia principal, especialmente en la variable tiempo de atención al cliente.(Jiménez, 2011)

Es una estimación de costos que optimiza el funcionamiento de cualquier tipo de servicio, basado en un modelo matemático llamado teoría de colas con el fin de medir el transcurso de los años en personas de avanzadas edades.(Peláez Feroso, Gómez García, & García González, 2011)

Se proponen procedimientos matemáticos para deducir y dar una predicción y un diseño de diferentes sistemas de colas que incluyen modelos con distribuciones generales para el tiempo entre las llegadas y/o el tiempo de servicio, con uno o varios servidores y con capacidad finita e infinita, la evaluación de los aspectos subjetivos que acompañan el modelo matemático en la toma de decisiones en problemas de líneas de espera van a tener un distinto peso o valoración según la situación presentada.(Barbosa & Rojas, 1995b)


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	21 de 59

Como sistema de teoría colas, un SAP solo es viable si su capacidad de respuesta es mayor que las necesidades planteadas por la demanda debido a que no ay apariciones de líneas de espera atendidas por el recurso. El modelo de múltiples recursos en servicio amortigua mejor los aumentos sostenidos de la demanda mejorando los tiempos de espera en el servicio.(Ruiz Maciá et al., 2014)

Estudia el comportamiento del sistema de atención a diferentes tipos de clientes y condiciones de funcionamiento en que los sujetos entran en espera para recibir una atención por parte de la entidad, esta cuantifica la eficiencia para dar un mejor servicio y eficiencia para mantener bajos costos.(Singer & Scheller-wolf, 2008)

Teoría de colas o líneas de espera analiza el comportamiento de sistemas sujetos a diferentes condiciones de trabajo como bancos, cajeros automáticos, supermercados o tiendas de ropa, lo que a veces obliga a los clientes a esperar el servicio. Tiene una vasta aplicabilidad, ya que cuantifica el dilema de muchas empresas e instituciones entre la eficacia (proporcionar un buen servicio) y la eficiencia (reducir el costo). (Donoso & Scheller-wolf, 2008)

Cualquiera que haya tenido que esperar frente a un semáforo, en la cola de un banco o de un restaurante de comidas rápidas, ha vivido la dinámica de


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	22 de 59

las filas de espera. El análisis de líneas de espera es de interés para los gerentes porque afecta el diseño, la planificación de la capacidad, la planificación de la distribución de espacios, la administración de inventarios y la programación.(Carro Paz & González Gómez, 2012)

El diseño de las instalaciones, la calidad del personal que está en contacto con los clientes y la confortabilidad de estos, son algunos de dichos aspectos. El último de ellos se ve en gran medida reflejado en el tiempo transcurrido entre el momento de la solicitud del servicio por parte del cliente y aquel en que realmente se lleva a cabo de manera efectiva. El trabajo que aquí se presenta, muestra la aplicación de una herramienta de la Investigación de Operaciones como la teoría de colas, la cual busca modelar los procesos de líneas de espera, aplicado en una entidad financiera que posee problemas para la atención de sus clientes en la agencia principal, especialmente en la variable tiempo de atención al cliente.(Administrativa, 2008)

7.1. MODELOS EN FENOMENOS DE ESPERA

La clasificación de los modelos en Teoría de Colas, se basa en los elementos básicos (componentes) de un sistema de espera que dependen de los siguientes factores:

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	23 de 59

- Distribución de llegadas.
- Distribución del tiempo de servicio.
- Diseño de la instalación de servicio.
- Disciplina de servicio.
- Tamaño de la línea de espera.
- Fuente de llamadas.

Existiendo tantos modelos de espera de colas, como variaciones de los factores citados. Para aplicar las técnicas apropiadas, se debe identificar las características del sistema de colas. La clasificación se realiza empleando letras y/o símbolos. La notación basada en Kendall-Lee (Taha, 2012), parte que en particular adecuada para resumir las características principales de las líneas de espera en paralelo se ha estandarizado como sigue:

Ecuación 1 líneas de espera en paralelo


$$a/b/c : d/e/f$$

Dónde:

a = Distribución de llegadas: Proceso de llegadas

b = Distribución del tiempo de servicio (o de salidas): Proceso de servicio

c = Número de servidores en paralelo (c = 1, 2, 3,...)

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	24 de 59

d = Disciplina de servicio (FCFS, LCFS, SIRO o prioridad = Disciplina General, DG)

e = Número máximo admitido en todo el sistema (en la línea de espera y en el servicio)

f = Tamaño de la población de clientes (fuente de llamadas finita o infinita)

La distribución de llegadas (el parámetro a) y del tiempo de servicio (el parámetro b) se reemplazan por los códigos siguientes: M, D, Ek, GI, o G (cualquiera de los 5 códigos), y significan lo siguiente:

M = Distribución de llegadas o salidas de Poisson (proceso de Markov), o lo que es lo mismo, distribución exponencial entre llegadas o tiempos de servicio.

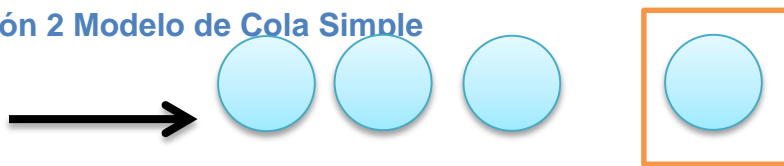
D = Tiempo entre llegadas o de servicio son constantes o deterministas.


Ek = Distribución Erlang o Gamma para la distribución del tiempo entre llegadas o tiempo de servicio, con el parámetro K.

GI = Distribución general de llegadas o del tiempo inter arribos.

G = Distribución general del tiempo de servicio o salidas.

Ilustración 2 Modelo de Cola Simple



	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	25 de 59

Respecto a la disciplina de servicio se considera "DG" para indicar que es una disciplina general en notación Kendall, y que pudiera ser FCFS, LCFS, SIRO o cualquier procedimiento que puedan utilizar los servidores para decidir el orden en que se escogerá a los clientes de la línea de espera para iniciar el servicio.

Viene denotado

Ecuación 2 modelo de cola en serie

$$M/M/1: GD/\infty/\infty$$

La longitud esperada de clientes en el sistema viene como:

Ecuación 3 La longitud esperada de clientes en el sistema

$$L = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{\mu}{\mu - \lambda}$$

La longitud esperada de clientes en la cola viene como:

Ecuación 4 La longitud esperada de clientes en la cola

$$Lq = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$$

De acuerdo a Little:

Ecuación 5 de acuerdo a Little

$$Wq = \frac{Lq}{\lambda}$$

$$W = \frac{L}{\lambda}$$



El modelo de colas denominado de cola en paralelo:

$$M/M/k: GD/\infty/\infty$$

Ecuación 6 cola en paralelo

Ilustración 3 cola en paralelo



La probabilidad de esperar viene como:

Ecuación 7 probabilidad de esperar

$$\sum_{n=k}^{\infty} P_n = P_k \left(\frac{1}{1 - \frac{\lambda}{k\mu}} \right), \quad \frac{\lambda}{k\mu} < 1$$


La probabilidad de encontrar cero clientes en el sistema viene como:

Ecuación 8 probabilidad de encontrar cero clientes en el sistema

$$P_0 = \left\{ \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n + \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k \left(\frac{1}{1 - \frac{\lambda}{k\mu}} \right) \right\}^{-1}$$

La longitud esperada de clientes en la cola viene como:

Ecuación 9 longitud esperada de clientes en la cola


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	27 de 59

$$Lq = Pk \left(\frac{\left(\frac{\rho}{k}\right)}{\left(1 - \frac{\rho}{k}\right)^2} \right)$$

$$L = Lq + \rho$$

(Arévalo, UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, 2016, págs.

16,17)

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	28 de 59

8. METODOLOGIA

Se gestionaron los respectivos permisos para la elaboración de la toma de tiempos al supermercado durante 4 días tratando de hacerlos días seguidos, iniciando el 3 de mayo y finalizando el 10 de mayo a la misma hora para tomar los tiempos requerido para hacer los cálculos matemáticos para dar las respectivas recomendaciones y conclusiones de los resultados arrojados de este.

Observación y toma de tiempos del usuario que ingresa a la fila.

Observación y toma de tiempos del usuario cuando sale de la fila.

Observación y toma de tiempos del número de personas en un intervalo de tiempo de 10 minutos empezando a las 5pm durante una hora.

Observación y toma de tiempo del tiempo en el servicio.

Hallar el tiempo de espera entre llegadas

Hallar la media del servicio

La congestión del sistema actual con un cajero

Calcular la capacidad del sistema para disminuir los tiempos de espera

Hallar medias y desviación estándar de los datos actuales

Mediante asesoramiento del director se hacen los cálculos correspondientes para aplicar el modelo matemático de teoría de colas y así obtener los resultados esperados para mejorar el servicio.




Hallar el equilibrio óptimo en las consideraciones cuantitativas de costes y cualitativas del servicio.

8.1. TAREA Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Meses	Marzo				Abril				Mayo			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Actividades												
Registro de tiempos en hojas de Excel, en horario de atención de 5 a 6 pm	■	■	■									
Registro de número de personas en un intervalo de 10 minutos				■	■	■						
Cálculos del modelo matemático actual							■	■				
Cálculos de modelo matemático del nuevo método									■	■		
Hallar balance de equilibrio de las consideraciones cualitativas y cuantitativas											■	■

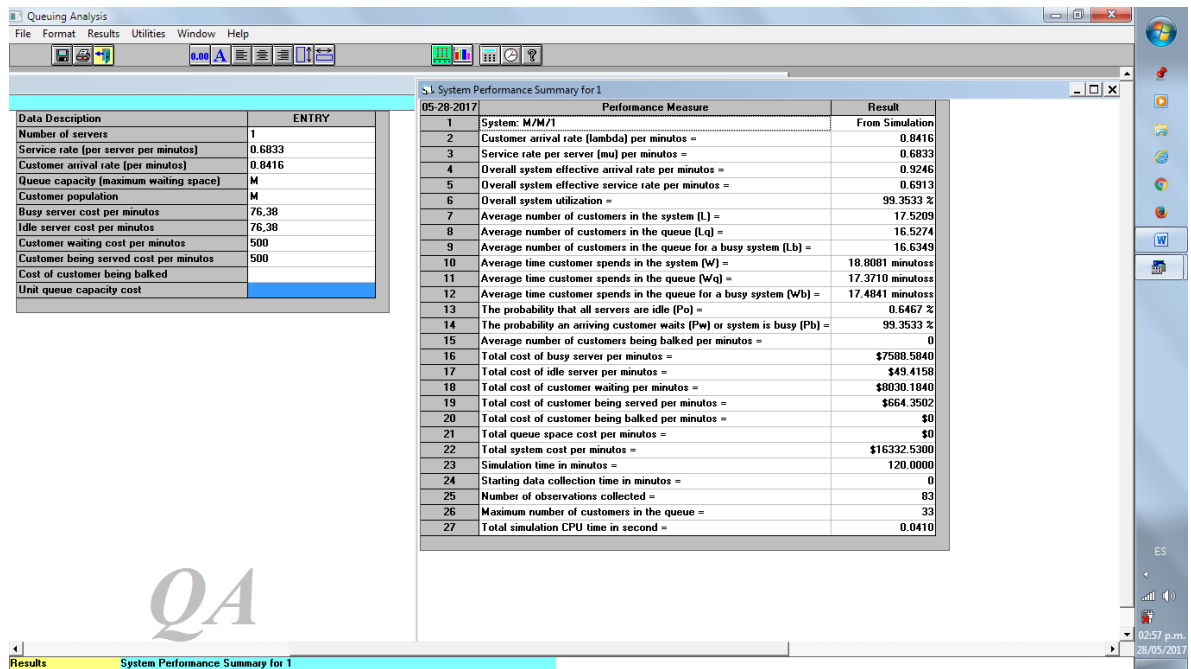
	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	30 de 59

9. RESULTADOS

9.1. CALCULOS DEL MODELO ACTUAL M/M/1

Promedio de personas que llegan en una hora de 5^a 6 pm

Ilustración 4 simulación winQSB M/M/1




Data Description	ENTRY
Number of servers	1
Service rate (per server per minutos)	0.6833
Customer arrival rate (per minutos)	0.8416
Queue capacity (maximum waiting space)	M
Customer population	M
Busy server cost per minutos	76.38
Idle server cost per minutos	76.38
Customer waiting cost per minutos	500
Customer being served cost per minutos	500
Cost of customer being balked	
Unit queue capacity cost	

05-28-2017	Performance Measure	Result
1	System: M/M/1	From Simulation
2	Customer arrival rate (lambda) per minutos =	0.8416
3	Service rate per server (mu) per minutos =	0.6833
4	Overall system effective arrival rate per minutos =	0.9246
5	Overall system effective service rate per minutos =	0.6913
6	Overall system utilization =	99.3533 %
7	Average number of customers in the system (L) =	17.5209
8	Average number of customers in the queue (Lq) =	16.5274
9	Average number of customers in the queue for a busy system (Lb) =	16.6349
10	Average time customer spends in the system (W) =	18.8081 minutos
11	Average time customer spends in the queue (Wq) =	17.3710 minutos
12	Average time customer spends in the queue for a busy system (Wb) =	17.4841 minutos
13	The probability that all servers are idle (Po) =	0.6467 %
14	The probability an arriving customer waits (Pw) or system is busy (Pb) =	99.3533 %
15	Average number of customers being balked per minutos =	0
16	Total cost of busy server per minutos =	\$7588.5840
17	Total cost of idle server per minutos =	\$49.4158
18	Total cost of customer waiting per minutos =	\$8030.1840
19	Total cost of customer being served per minutos =	\$664.3502
20	Total cost of customer being balked per minutos =	\$0
21	Total queue space cost per minutos =	\$0
22	Total system cost per minutos =	\$16332.5300
23	Simulation time in minutos =	120.0000
24	Starting data collection time in minutos =	0
25	Number of observations collected =	83
26	Maximum number of customers in the queue =	33
27	Total simulation CPU time in second =	0.0410

Tabla 2 Promedio de personas que llegan en una hora de 5^a 6 pm

Promedio de personas

PRIMER DÍA	42
SEGUNDO DÍA	50
TERCER DÍA	60
CUARTO DÍA	50
	50.5

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	31 de 59

a) Media de llegada de los clientes por hora

$$\lambda = 50.5 \frac{\text{clientes}}{\text{hora}} (\text{media de llegada}) = \frac{50.5}{60} = 0.8416 \text{ clientes por minuto}$$

b) Tiempo esperado entre llegadas

$$e = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{50.5} = 0.01980 \text{ horas} * \left(\frac{60 \text{ minutos}}{\text{hora}} \right) = 1.18 \text{ minutos}$$

Tabla 3 promedio de espera de los cuatro días


**promedio
espera**

PRIMER DÍA	0:11:02
SEGUNDO DÍA	0:26:52
TERCER DÍA	0:14:18
CUARTO DÍA	0:18:53
	0:17:46

**Tabla 4 Tasa media en el
días**

servicio de los cuatro


**Tasa
media en
el
servicio**

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	32 de 59

PRIMER	
DÍA	0:01:00
SEGUNDO	
DÍA	0:01:30
TERCER	
DÍA	0:01:00
CUARTO	
DÍA	0:01:30
	0:01:15

Tabla 5 Media de número de personas que entran en servicio por hora.

NUMERO DE PERSONAS	
PRIMER	
DÍA	40
SEGUNDO	
DÍA	32
TERCER	
DÍA	51
CUARTO	
DÍA	40

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	33 de 59

41

c) Media del servicio.

$$\mu = 41 \frac{\text{clientes}}{\text{hora}} \text{ (media de servicio)} = \frac{41}{60} = 0.6833 \text{ clientes por minuto}$$

d) Congestión del sistema

$$\rho = \frac{\lambda}{c * \mu} = \frac{0.8416}{1 * 0.6833} = 1.23$$

e) Tiempo promedio de espera de un cliente en la cola

$$Wq = 17.46 \text{ minutos}$$

f) Tiempo promedio que el cliente pasa en el sistema W_s

$$W_s = Wq + \frac{1}{\mu} = 17.46 + \left(\frac{1}{0.6833} \right) = 18.92 \text{ minutos}$$

Es decir en promedio el cliente pasa 18.46 minutos en el sistema: distribuidos así 17.46 minutos pasa esperando en la cola + 1.47 minuto en servicio.


g) Número de clientes en la cola

$$Lq = \lambda * Wq = \frac{0.8416 \text{ clientes}}{\text{minuto}} * 17.46 \text{ minutos} = 14.69 \text{ clientes}$$

Es decir los cálculos nos muestran que la cola puede haber más de catorce clientes en cola.

h) Número de clientes en la cola (L_s)

$$L_s = \lambda * W_s = 0.8416 \frac{\text{clientes}}{\text{minutos}} * 18.92 \text{ minutos} = 15.93 \text{ clientes}$$

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	34 de 59

Es decir que en promedio hay trece clientes en el sistema como solo hay un servidor, sabemos que solo un cliente puede ser atendido, por lo tanto hay doce clientes en espera.

- i) Numero promedio de clientes que atenderá el servidor

$$W = \frac{L}{\lambda} = \frac{16}{0.8416} = 19.01 \text{ clientes por hora}$$

- j) Utilización del sistema

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{0.8416}{0.6833} = 1.23, \quad \text{si } \rho \geq 1 \text{ no se alcanza el estado estacionario}$$

- k) Probabilidad de arribos por minuto

$$P(X) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{X!} = \frac{(1.18)^{-0.8416} (0.8416)^1}{1!} = 0.7321 * 100 = 73,21\%$$

- l) Costo de proporcionar el servicio Matemáticamente se representa la función:

$$\text{Min } C_t = C_s S + C_q L_q$$


C_t : costo total por unidad de tiempo

C_s : costo del servicio por servidor / unidad de tiempo

S : número de servidores

C_q : costo de espera por cliente/unidad de tiempo

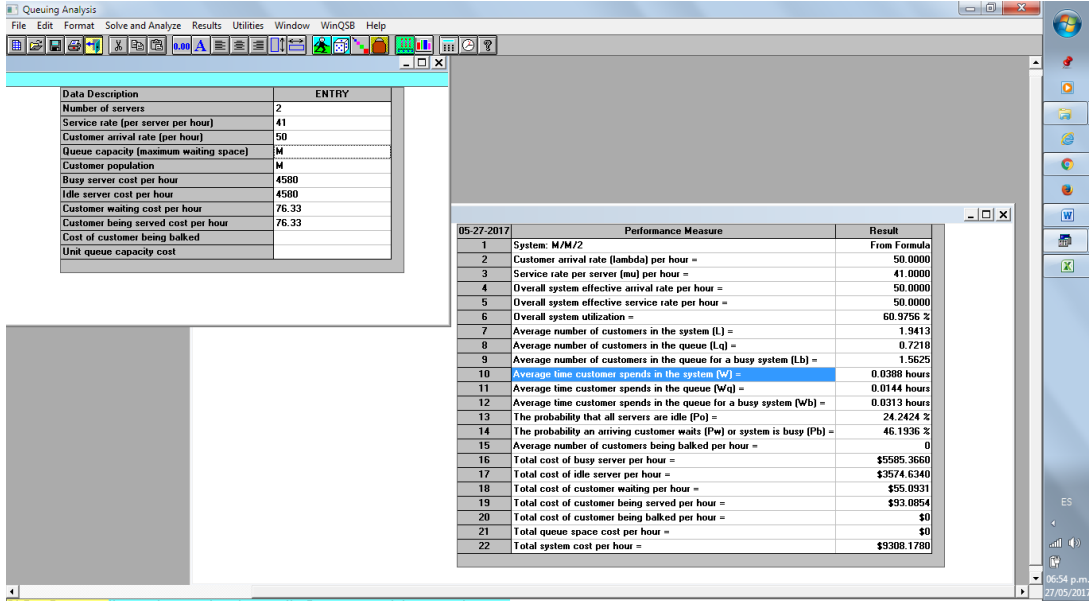
L_q : número de clientes en la fila.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	35 de 59

$\text{MinCt} = (4583 \text{ pesos/hora})(1) + (30000 \text{ pesos})(14.69 \text{ clientes}) = 445238 \text{ pesos}$
aproximadamente 445300 pesos.

9.2. CALCULOS DEL MODELO NUEVO CON UN SERVIDOR DE MÁS M/M/C

Ilustración 5 simulación en winQSB de dos servidores con costos M/M/2




Performance Measure	Result
1 System: M/M/2	From Formula
2 Customer arrival rate (lambda) per hour =	50.0000
3 Service rate per server (mu) per hour =	41.0000
4 Overall system effective arrival rate per hour =	50.0000
5 Overall system effective service rate per hour =	50.0000
6 Overall system utilization =	60.9756 %
7 Average number of customers in the system (L) =	1.9413
8 Average number of customers in the queue (Lq) =	0.7218
9 Average number of customers in the queue for a busy system (Lb) =	1.5625
10 Average time customer spends in the system (W) =	0.0388 hours
11 Average time customer spends in the queue (Wq) =	0.0144 hours
12 Average time customer spends in the queue for a busy system (Wb) =	0.0313 hours
13 The probability that all servers are idle (Po) =	24.2424 %
14 The probability an arriving customer waits (Pw) or system is busy (Pb) =	46.1936 %
15 Average number of customers being balked per hour =	0
16 Total cost of busy server per hour =	\$5585.3660
17 Total cost of idle server per hour =	\$3574.6340
18 Total cost of customer waiting per hour =	\$55.0931
19 Total cost of customer being served per hour =	\$93.0854
20 Total cost of customer being balked per hour =	\$0
21 Total queue space cost per hour =	\$0
22 Total system cost per hour =	\$9308.1780

a) Con dos servidores congestión del sistema

$$\rho = \frac{\lambda}{2\mu} = \frac{0.8416}{(2)0.6833} = 0.6158 = 61.58\%$$

Esto quiere decir que la eficiencia del sistema es de un 61,58%, se alcanza estado estacionario.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	36 de 59

b) Tiempo promedio de espera de un cliente en la cola

$$Wq = 0.0149 \text{ horas} * 60 \text{ minutos} = 0.894 \text{ minutos}$$

c) Número de clientes en la cola

$$Lq = 0.7526 \text{ clientes}$$

Es decir los cálculos nos muestran que la cola puede haber aproximadamente un cliente en cola.

d) Número de clientes en la cola (L_s)

$$L_s = 1.5625 \text{ clientes}$$

e) Numero promedio de clientes que atenderá el servidor

$$W = \frac{L}{\lambda} = \frac{1.94}{50.5} = 0.03841 \text{ horas} * 60 \text{ minutos} = 2.30 \text{ (clientes/minuto)}$$

$W = 26$ clientes por hora


f) Probabilidad de arribos es :

$$P_0 = 46,19\%$$

9.3. COSTOS DEL MODELO

1. Contratando un empleado a esa hora del día, empezando a las 8:30 - 10:30am y 4:30 -6:30 pm.

El salario del empleado es de 1'100.000 pesos, incluye salud y pensión, trabaja 8h diarias durante 7 días a la semana.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	37 de 59

$$\text{costo por hora} = \left(\frac{1100000}{30 \text{ dias}} \right) * \left(\frac{1 \text{ dia}}{8 \text{ horas}} \right) = \left(\frac{4.583 \text{ pesos}}{\text{hora}} \right)$$

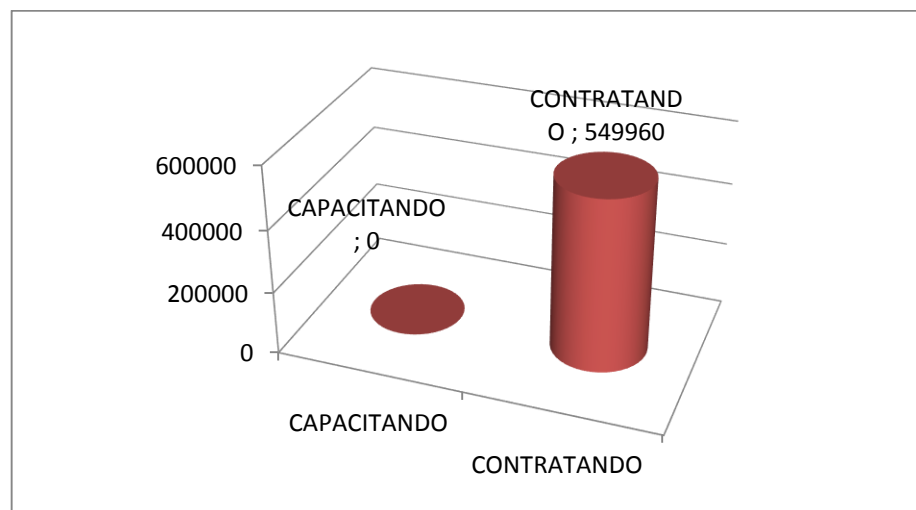
El costo del mes si solo el empleado se contrata temporalmente para cubrir el puesto de las horas más concurridas que es de 8.30 a 10:30 am y de 4:30 a 6:30 pm.


$$\text{costo mes} = 4.583 \text{ pesos} * 4 \text{ horas/dia} * 30 \text{ dias} = 549960 \text{ pesos}$$

- De los mismos empleados que trabajan en la organización capacitar uno que ayude en esas horas del día.

El costo de capacitar es de 0 pesos, para dichas horas nombradas anteriormente se le designa a un empleado que ayude atender en un cajero para disminuir el tiempo en el servicio.

Ilustración 6 COMPARACION DE COSTOS DE MODELO EN PESOS POR MES.

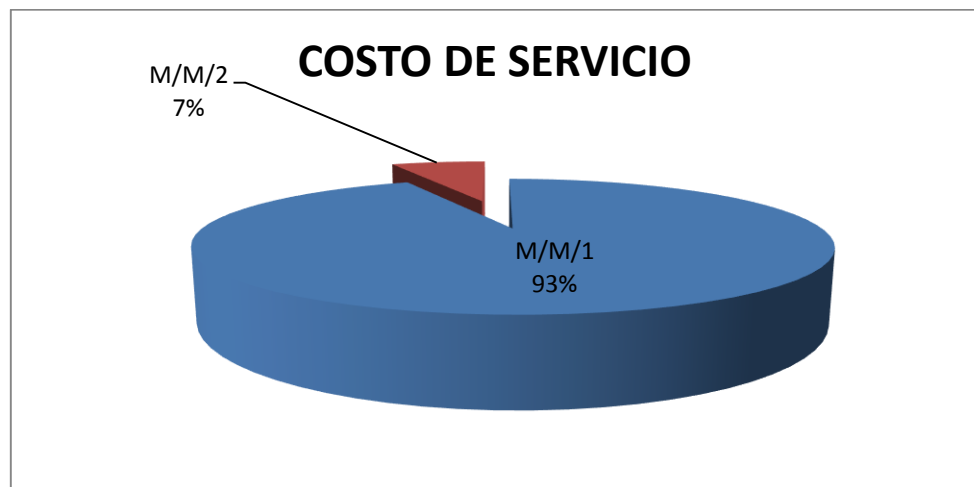


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	38 de 59

Aquí se compara el costo de contratar vs capacitar, por lo tanto la conclusión es capacitar a los empleados para disminuir el tiempo en cola y satisfacer con una mejor atención al cliente ya que no genera ningún costo a la empresa.

En la gráfica de abajo el antes se evidencia un costo de servicio normal con un alto tiempo en espera en cola, en el nuevo se mantiene el costo pero se disminuye el tiempo de espera en la cola y mejora la calidad del servicio.

Ilustración 7 Equilibrio entre el costo y mejoramiento del servicio.




Se evidencia en el diagrama de torta el costo del servicio es más económico usando un servidor de más a las horas recomendadas ya que minimiza el número de personas en cola esperando hacer atendidas.

9.4. COSTO DE PROPORCIONAR EL SERVICIO

Matemáticamente se representa la función:

$$\text{Min } C_t = C_s S + C_q L_q$$

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	39 de 59

Ct: costo total por unidad de tiempo

Cs: costo del servicio por servidor / unidad de tiempo

S: número de servidores

Cq: costo de espera por cliente/unidad de tiempo

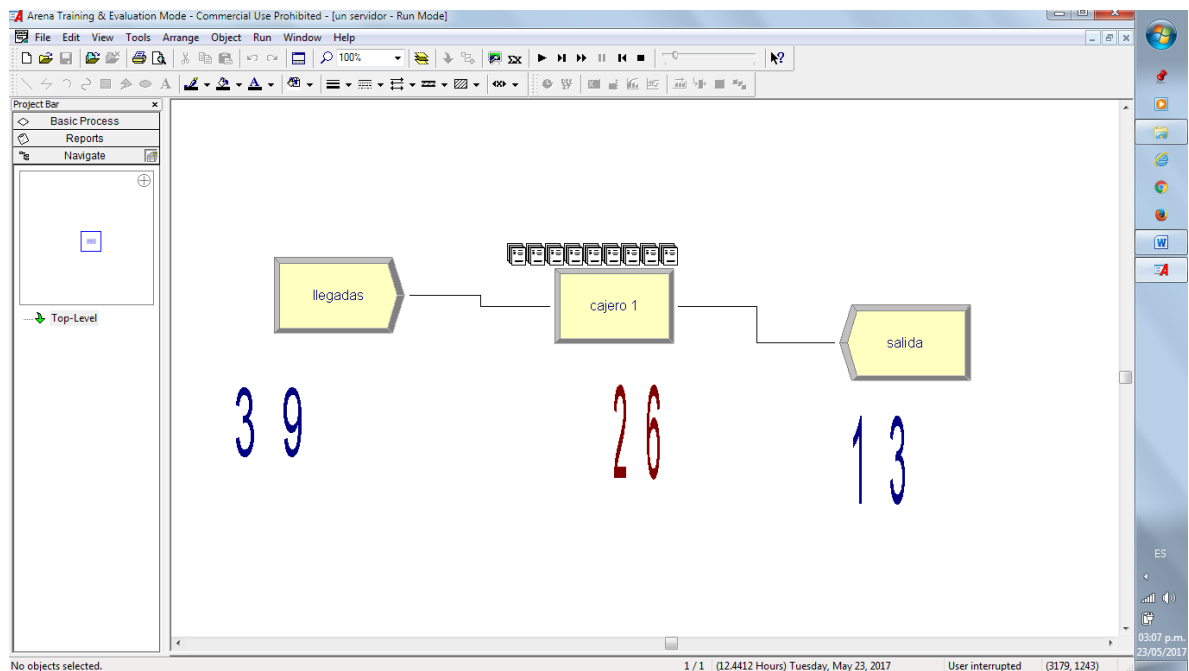
Lq: número de clientes en la fila.

$$\text{MinCt} = (4583 \text{ pesos/hora})(2) + (30000 \text{ pesos})(0.7526 \text{ clientes}) = 31744 \text{ pesos}$$


aproximadamente 32000 mil pesos.

9.5. SIMULACION EN ARENA UN SERVIDOR

Ilustración 8 SIMULACION EN ARENA CON UN SERVIDOR

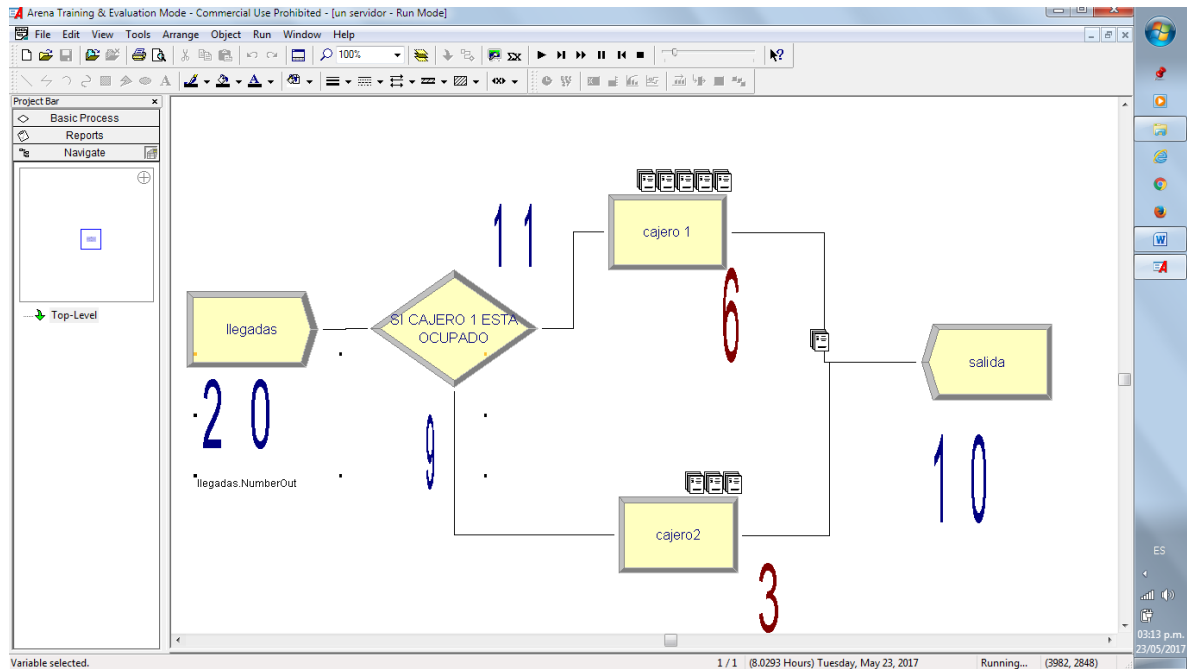


En la anterior imagen se evidencia la cola que se forma dado a que llegan 39 clientes esperan en fila 26 y se han atendido 13, con un solo servidor.


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	40 de 59

9.6. SIMULACION EN ARENA CON DOS SERVIDORES Y UNA COLA

Ilustración 9 SIMULACION EN ARENA CON DOS CAJEROS




En la anterior imagen se colocan dos servidores con una cola llegan 20 clientes a dos cajeros, e cajero 1 tiene en cola a 6 personas y el cajero dos a 3 clientes disminuyendo así el tempo de espera en la cola.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	41 de 59


CONCLUSIONES

- Se concluyó que el número medio de llegadas de personas es de 51 por hora, con el sistema actual en promedio el cliente pasa 18.46 minutos en el sistema distribuidos así 17.46 minutos pasa esperando en la cola + 1.47 minuto en servicio.
- Mediante el análisis de los resultados obtenidos se concluyó que se necesita un cajero de más, de 8:30 a 10:30 y de 4:30 a 6:30 de la tarde todos los días por su alta afluencia de clientes, para disminuir los tiempos de espera.
- Se debe capacitar previamente a los cajeros para mejorar el servicio de atención, en cuanto costos sería preferible que de los 7 empleados que hay actualmente se le designe la función de cajero a dicha hora todos los días.
- Es posible concluir que es más viable capacitar a los empleados que no tiene ningún costo ya que lo hace el mismo personal de la organización a contratar un nuevo empleado con un costo 549960 pesos por mes.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	42 de 59

10. RECOMENDACIONES

1. Capacitar a los empleados disminuirá el tiempo de espera ya que será más eficiente la utilización de las maquinas dando una atención más ágil al cliente.
2. Tener el doble del sencillo actual para dar el cambio para que el servidor no pierda tiempo o ventas al momento de quedarse sin el mismo.
3. Incentivar a los clientes a ordenar de manera adecuada los carros del supermercado que usen al momento de finalizar la compra para mejorar la atención al cliente.
4. Colocar precios por unidad de artículos.
5. Usar imágenes que motiven al cliente a no pedir bolsa y a que usen cajas para llevar sus artículos que adquirieron para poner una huella ambiental.
6. Reordenar la dirección dentro de la empresa los carros del supermercado para mejorar el flujo del mismo y mejorar el servicio al cliente.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	43 de 59

11. Bibliografía

Administrativa, M. I. (2008). Aplicación de teoría de colas. *Universidad EAFIT*, 44(150), 51–63.

Barbosa, R., & Rojas, A. (1995a). Teoría de Colas de Espera: Modelo integral de aplicación para la toma de decisiones. *Ingeniería & Desarrollo*, 1(1), 73–78.

Barbosa, R., & Rojas, A. (1995b). Teoría de Colas de Espera: Modelo integral de aplicación para la toma de decisiones. *Ingeniería & Desarrollo*, 1(1), 73–78.

Retrieved from [http://ciruelo.uninorte.edu.co/pdf/ingenieria_desarrollo/1/8Teoria de colas de espera.pdf](http://ciruelo.uninorte.edu.co/pdf/ingenieria_desarrollo/1/8Teoria%20de%20colas%20de%20espera.pdf)

Carro Paz, R., & González Gómez, D. (2012). Modelos de Líneas de espera. *Administración de Las Operaciones*, 1–16. Retrieved from

http://nulan.mdp.edu.ar/1622/1/17_modelos_lineas_espera.pdf%5Cn


Centro de Mecanización Agropecuaria (Cuba), Y., & Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana., C. E. (1988). *Revista ciencias técnicas agropecuarias*. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* (Vol. 23). Centro de

Mecanización Agropecuaria, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana. Retrieved from

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542014000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=en

Donoso, P., & Scheller-wolf, A. (2008). Una Introducción a La Teoría De Colas Aplicada a La gestión de servicios. *Abante*, 11(Octubre), 93–120.

Frutos, P., & Gallego, A. (1999). Modelos de mercado : una aplicación de la Teoría

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	44 de 59

de Colas. *Estudios de Economía Aplicada*, 121–142.

Jiménez, F. A. G. (2011). Aplicación de teoría de colas en una entidad financiera: herramienta para el mejoramiento de los procesos de atención al cliente.

Revista Universidad EAFIT, 44(150), 51–63.

Peláez Feroso, F. J., Gómez García, J. M., & García González, A. (2011).

Aplicaciones de la Teoría de Colas a la provisión óptima de servicios sociales: El caso del servicio de Teleasistencia. (Spanish). *Queuing Theory*

Applications to an Optimal Provision of Social Services: The Telecare Service Case. (English), 29(3), 1–25. Retrieved from

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=72396966&lang=es&site=ehost-live>

Portilla, L. M., Montoya, L. A., & Henao, S. A. F. (2010). Análisis De Líneas De

Espera a Través De Teoría De Colas Y Simulación. *Scientia Et Technica*, 17(46), 56–61.

Ruiz Maciá, J. A., Ferri Níguez, B., Rodríguez Ruiz, D., Andreu Sober, L., Andreu


Níguez, M., Martínez Barba, E., ... Sola Pérez, J. (2014). Algunos conceptos básicos de la teoría de colas aplicables en la planificación de un servicio de anatomopatológica. *Revista Espanola de Patologia*, 47(2), 83–89.

<https://doi.org/10.1016/j.patol.2014.01.005>

Singer, M., & Scheller-wolf, A. (2008). Una introducción a la teoría de colas

aplicada a la gestión de servicios. *Revista ABANTE*, 11(octubre), 1–22.

Universidad de los Andes (Bogotá, C. F. de I., & Riaño, G. (2007). *Revista de*

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	45 de 59

ingeniería. Revista de Ingeniería. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería. Retrieved from

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932007000100002&lng=en&nrm=iso&tlng=es

Arévalo, J. A. (2016). *UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS.*

Obtenido de

http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/5227/1/Arista_aj.pdf

Arévalo, J. A. (2016). *UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS .*

Obtenido de

http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/5227/1/Arista_aj.pdf

Camilo, M. E. (2009). *CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN.* Obtenido de

<http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis285.pdf>

Cauich Ucan, V. (15 de mayo de 2017). *Modelo de línea de espera y*

programación lineal. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/modelo-de-linea-de-espera-y-programacion-lineal/>

HUARACA, F. R. (2014). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE*


CHIMBORAZO. Obtenido de

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3207/1/226T0026.pdf>

Jiménez, G. (2011). Aplicación de teoría de colas en una entidad financiera:

herramienta para el mejoramiento de los procesos de atención al cliente. .

Universidad EAFIT, 44(150), 51-63.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	46 de 59

12. ANEXOS

Primer día e toma de datos de tiempos en el supermercado

JUSTO&BUENO día miércoles

Tabla 6 fecha 03/05/2017 intervalos de tiempo de 10 minutos

Tiempo inicial	Tiempo final	Número de personas
05:10	05:20	5
05:20	05:30	5
05:30	05:40	5
05:40	05:50	17
05:50	06:00	10
06:00	06:10	7
06:10	06:20	12
06:20	06:30	9
		70

Se registra el tiempo por cliente que dura en el servicio


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	47 de 59

Tabla 7 fecha 03/05/2017, registro de tiempo en el servicio

Llegada	Tiempo inicial	Tiempo final	Tiempo en el servicio
1	05:10	05:18	00:08
2	05:18	05:20	00:02
3	05:20	05:21	00:01
4	05:21	05:22	00:01
5	05:22	05:23	00:01
6	05:23	05:24	00:01
7	05:24	05:26	00:02
8	05:26	05:27	00:01
9	05:27	05:28	00:01
10	05:28	05:29	00:01
11	05:29	05:31	00:02
12	05:31	05:40	00:09
13	05:40	05:41	00:01
14	05:41	05:42	00:01
15	05:42	05:43	00:01
16	05:43	05:44	00:01
17	05:44	05:45	00:01
18	05:45	05:46	00:01
19	05:46	05:48	00:02



Propuesta trabajo de grado para optar por el título
de Ingeniero Industrial

Código

00

Página

48 de 59

20	05:48	05:49	00:01
21	05:49	05:50	00:01
22	05:50	05:51	00:01
23	05:51	05:52	00:01
24	05:52	05:53	00:01
25	05:53	05:54	00:01
26	05:54	05:55	00:01
27	05:55	05:57	00:02
28	05:57	05:58	00:01
29	05:58	05:59	00:01
30	05:59	06:00	00:01
31	06:00	06:01	00:01
32	06:01	06:02	00:01
33	06:02	06:03	00:01
34	06:03	06:04	00:01
35	06:04	06:05	00:01
36	06:05	06:06	00:01
37	06:06	06:07	00:01
38	06:07	06:08	00:01
39	06:08	06:09	00:01
40	06:09	06:10	00:01



Propuesta trabajo de grado para optar por el título
de Ingeniero Industrial

Código

00


Página

49 de 59

41	06:10	06:11	00:01
42	06:11	06:12	00:01
43	06:12	06:13	00:01
44	06:13	06:13:30	00:00
45	06:13:30	06:14	00:00
46	06:14	06:15	00:01
47	06:15	06:15:30	00:00
48	06:15:30	06:16	00:00
49	06:16	06:17	00:01
50	06:17	06:18	00:01
51	06:18	06:19	00:01
52	06:19	06:20	00:01
53	06:20	06:22	00:02
54	06:22	06:23	00:01
55	06:23	06:23:50	00:00
56	06:23:50	06:24:30	00:00
57	06:24:30	06:25	00:00
58	06:25	06:26	00:01

01:16

Tabla 3 (CONTINUACION)

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	50 de 59

Segundo día de registro de tiempos

Tabla 8 fecha 04/05/2017 intervalos de tiempo de 10 minutos

Tiempo inicial	Tiempo final	Número de personas
05:10	05:20	20
05:20	05:30	9
05:30	05:40	8
05:40	05:50	9
05:50	06:00	4
06:00	06:10	9
06:10	06:20	8
06:20	06:30	8
		75

Tabla 9 fecha 04/05/2017, registro de tiempo en el servicio

Llegada	Tiempo inicial	Tiempo final	Tiempo en el servicio
1	05:10	05:12	00:02
2	05:12	05:13	00:01
3	05:13	05:15	00:02
4	05:15	05:16	00:01
5	05:16	05:18	00:02
6	05:18	05:21	00:03



Propuesta trabajo de grado para optar por el título
de Ingeniero Industrial

Código

00

Página

51 de 59

7	05:21	05:22	00:01
8	05:22	05:27	00:05
9	05:27	05:29	00:02
10	05:29	05:30	00:01
11	05:30	05:36	00:06
12	05:36	05:39	00:03
13	05:39	05:40	00:01
14	05:40	05:41	00:01
15	05:41	05:42	00:01
16	05:42	05:46	00:04
17	05:46	05:48	00:02
18	05:48	05:49	00:01
19	05:49	05:50	00:01
20	05:50	05:51	00:01
21	05:51	05:52	00:01
22	05:52	05:54	00:02
23	05:54	05:55	00:01
24	05:55	05:57	00:02
25	05:57	06:00	00:03
26	06:00	06:02	00:02
27	06:02	06:05	00:03



Propuesta trabajo de grado para optar por el título
de Ingeniero Industrial

Código


00

Página

52 de 59

28	06:05	06:06	00:01
29	06:06	06:07	00:01
30	06:07	06:08	00:01
31	06:08	06:09	00:01
32	06:09	06:11	00:02
33	06:11	06:12	00:01
34	06:12	06:15	00:03
35	06:15	06:16	00:01
36	06:16	06:17	00:01
37	06:17	06:19	00:02
38	06:19	06:20	00:01
39	06:20	06:21	00:01
40	06:21	06:22	00:01
41	06:22	06:23	00:01
42	06:23	06:25	00:02
43	06:25	06:26	00:01
44	06:26	06:27:00	00:01
45	06:27	06:29	00:02
46	06:29	06:30	00:01

Tabla 5 (CONTINUACION)

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	53 de 59

Tercer día de registro

Tabla 10 fecha 08/05/2017 intervalos de tiempo de 10 minutos

Tiempo inicial	Tiempo final	Número de personas
05:00:00 p.m.	05:10:00 p.m.	19
05:10:00 p.m.	05:20:00 p.m.	7
05:20:00 p.m.	05:30:00 p.m.	8
05:30:00 p.m.	05:40:00 p.m.	13
05:40:00 p.m.	05:50:00 p.m.	5
05:50:00 p.m.	06:00:00 p.m.	8
06:00:00 p.m.	06:10:00 p.m.	
06:10:00 p.m.	06:20:00 p.m.	
06:20:00 p.m.	06:30:00 p.m.	
		60

Tabla 11 fecha 08/05/2017, registro de tiempo en el servicio

Llegada	Tiempo inicial	Tiempo final	Tiempo en el servicio
1	05:00:00 p.m.	05:02:00 p.m.	00:02



Propuesta trabajo de grado para optar por el título
de Ingeniero Industrial

Código

00

Página

54 de 59

2	05:02:00 p.m.	05:03:00 p.m.	00:01
3	05:03:00 p.m.	05:04:00 p.m.	00:01
4	05:04:00 p.m.	05:05:00 p.m.	00:01
5	05:05:00 p.m.	05:05:30 p.m.	00:00
6	05:05:30 p.m.	05:06:00 p.m.	00:00
7	05:06:00 p.m.	05:07:44 p.m.	00:01
8	05:07:44 p.m.	05:08:00 p.m.	00:00
9	05:08:00 p.m.	05:09:00 p.m.	00:01
10	05:09:00 p.m.	05:10:00 p.m.	00:01
11	05:10:00 p.m.	05:10:30 p.m.	00:00
12	05:10:30 p.m.	05:12:00 p.m.	00:01
13	05:12:00 p.m.	05:12:30 p.m.	00:00
14	05:12:30 p.m.	05:14:00 p.m.	00:01
15	05:14:00 p.m.	05:17:00 p.m.	00:03
16	05:17:00 p.m.	05:18:00 p.m.	00:01
17	05:18:00 p.m.	05:19:00 p.m.	00:01
18	05:19:00 p.m.	05:21:00 p.m.	00:02
19	05:21:00 p.m.	05:22:00 p.m.	00:01
20	05:22:00 p.m.	05:23:00 p.m.	00:01
21	05:23:00 p.m.	05:24:00 p.m.	00:01
22	05:24:00 p.m.	05:27:00 p.m.	00:03



Propuesta trabajo de grado para optar por el título
de Ingeniero Industrial


Código

00

Página

55 de 59

23	05:27:00 p.m.	05:28:00 p.m.	00:01
24	05:28:00 p.m.	05:29:00 p.m.	00:01
25	05:29:00 p.m.	05:32:00 p.m.	00:03
26	05:32:00 p.m.	05:33:00 p.m.	00:01
27	05:33:00 p.m.	05:34:00 p.m.	00:01
28	05:34:00 p.m.	05:35:00 p.m.	00:01
29	05:35:00 p.m.	05:36:00 p.m.	00:01
30	05:36:00 p.m.	05:37:00 p.m.	00:01
31	05:37:00 p.m.	05:38:00 p.m.	00:01
32	05:38:00 p.m.	05:39:00 p.m.	00:01
33	05:39:00 p.m.	05:40:00 p.m.	00:01
34	05:40:00 p.m.	05:40:30 p.m.	00:00
35	05:40:30 p.m.	05:41:00 p.m.	00:00
36	05:41:00 p.m.	05:42:00 p.m.	00:01
37	05:42:00 p.m.	05:43:00 p.m.	00:01
38	05:43:00 p.m.	05:45:00 p.m.	00:02
39	05:45:00 p.m.	05:46:00 p.m.	00:01
40	05:46:00 p.m.	05:47:20 p.m.	00:01
41	05:47:20 p.m.	05:48:00 p.m.	00:00
42	05:48:00 p.m.	05:49:30 p.m.	00:01
43	05:49:30 p.m.	05:50:30 p.m.	00:01

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	56 de 59


44	05:50:30 p.m.	05:53:00 p.m.	00:02
45	05:53:00 p.m.	05:54:10 p.m.	00:01
46	05:54:10 p.m.	05:56:00 p.m.	00:01
47	05:56:00 p.m.	05:56:34 p.m.	00:00
48	05:56:34 p.m.	05:57:00 p.m.	00:00
49	05:57:00 p.m.	05:58:35 p.m.	00:01
50	05:58:35 p.m.	05:59:36 p.m.	00:01
51	05:59:36 p.m.	06:00:00 p.m.	00:00
52	06:00:00 p.m.	06:01:00 p.m.	00:01

Tabla 7 (CONTINUACION)

Cuarto día de recolecta de tiempos

Tabla 12 fecha 09/05/2017 intervalos de tiempo de 10 minutos

Tiempo inicial	Tiempo final	Número de personas
05:00	05:10	14
05:10	05:20	12
05:20	05:30	12
05:30	05:40	9

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	57 de 59

05:40	05:50	8
		55

Tabla 13 fecha 09/05/2017, registro de tiempo en el servicio

Llegada	Tiempo inicial	Tiempo final	Tiempo en el servicio
1	5:00:00	5:01:43	0:01:43
2	5:01:43	5:03:30	0:01:47
3	5:03:30	5:05:30	0:02:00
4	5:05:30	5:06:30	0:01:00
5	5:06:30	5:08:00	0:01:30
6	5:08:00	5:08:30	0:00:30
7	5:08:30	5:09:20	0:00:50
8	5:09:20	5:10:20	0:01:00
9	5:10:20	5:11:50	0:01:30
10	5:11:50	5:13:36	0:01:46
11	5:13:36	5:13:50	0:00:14
12	5:13:50	5:15:50	0:02:00
13	5:15:50	5:19:16	0:03:26
14	5:19:16	5:19:50	0:00:34
15	5:19:50	5:20:30	0:00:40



Propuesta trabajo de grado para optar por el título
de Ingeniero Industrial


Código

00

Página

58 de 59

16	5:20:30	5:22:00	0:01:30
17	5:22:00	5:22:50	0:00:50
18	5:22:50	5:24:30	0:01:40
19	5:24:30	5:28:20	0:03:50
20	5:28:20	5:30:00	0:01:40
21	5:30:00	5:32:05	0:02:05
22	5:32:05	5:33:42	0:01:37
23	5:33:42	5:36:00	0:02:18
24	5:36:00	5:37:06	0:01:06
25	5:37:06	5:38:15	0:01:09
26	5:38:15	5:40:40	0:02:25
27	5:40:40	5:42:30	0:01:50
28	5:42:30	5:43:40	0:01:10
29	5:43:40	5:44:30	0:00:50
30	5:44:30	5:45:50	0:01:20
31	5:45:50	5:48:10	0:02:20
32	5:48:10	5:50:00	0:01:50
33	5:50:00	5:51:20	0:01:20
34	5:51:20	5:52:00	0:00:40
35	5:52:00	5:53:40	0:01:40
36	5:53:40	5:56:00	0:02:20

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	59 de 59

37	5:56:00	5:57:20	0:01:20
38	5:57:20	5:58:00	0:00:40
39	5:58:00	5:58:55	0:00:55
40	5:58:55	6:00:00	0:01:05

Tabla 10 (CONTINUACION)