

**MODELAMIENTO DEL TIEMPO DE IMPACIENCIA DE LOS USUARIOS
EN UNA LÍNEA DE ESPERA APLICADO EN UN CASINO
EMPRESARIAL**

**RODRIGO APARICIO SCHLESINGER
NATHALIE ORTIZ MERA**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C.
2009**

**MODELAMIENTO DEL TIEMPO DE IMPACIENCIA DE LOS USUARIOS
EN UNA LÍNEA DE ESPERA APLICADO EN UN CASINO
EMPRESARIAL**

RODRIGO APARICIO SCHLESINGER

NATHALIE ORTIZ MERA

Trabajo de grado

Director

JORGE ALVARADO VALENCIA

Ingeniero Industrial

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

BOGOTÁ D.C.

2009

CONTENIDO

pág

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. MODELO CONCEPTUAL DE LOS FACTORES QUE AFECTAN EL TIEMPO DE IMPACIENCIA DE UN USUARIO EN COLA	2
1.1 FACTORES QUE AFECTAN EL TIEMPO DE IMPACIENCIA DE UN USUARIO EN COLA.....	4
1.2 MARCO TEÓRICO DE LOS FACTORES QUE AFECTAN EL TIEMPO DE IMPACIENCIA DE UN USUARIO EN COLA	5
1.2.1 FACTOR ANSIEDAD.....	5
1.2.1.1 Estudios conocidos.....	5
1.2.1.2 Descripción de unidades de medida	6
1.2.1.3 Posibles Interacciones.....	7
1.2.1.4 Cuadro resumen.....	8
1.2.2 FACTOR ATENCIÓN.....	9
1.2.2.1 Estudios Conocidos	9
1.2.2.2 Descripción de unidades de medida	12
1.2.2.3 Posibles interacciones.....	13
1.2.2.4 Cuadro resumen.....	13
1.2.3 FACTOR AMBIENTE	14
1.2.3.1 Estudios Conocidos	14
1.2.3.2 Descripción de unidades de medida	15
1.2.3.3 Posibles interacciones.....	16
1.2.3.4 Cuadro resumen.....	16
1.2.4 FACTOR VALOR PARA EL CLIENTE	17
1.2.4.1 Estudios Conocidos:	17
1.2.4.2 Descripción de unidades de medida	18
1.2.4.3 Posibles interacciones.....	18
1.2.4.4 Cuadro resumen.....	18
1.2.5 FACTOR DESEMPEÑO DEL SERVICIO	19
1.2.5.1 Estudios Conocidos:	19
1.2.5.2 Descripción de unidades de medida	19
1.2.5.3 Posibles interacciones.....	19
1.2.5.4 Cuadro resumen.....	20
1.2.6 FACTOR CULTURA	20
1.2.6.1 Estudios Conocidos:	20
1.2.6.2 Descripción de unidades de medida	21
1.2.6.3 Posibles interacciones.....	21
1.2.6.4 Cuadro resumen.....	21
1.2.7 FACTOR EDAD	22

1.2.7.1	Estudios Conocidos:	22
1.2.7.2	Descripción de unidades de medida	23
1.2.7.3	Posibles interacciones.....	23
1.2.7.4	Cuadro resumen.....	23
1.2.8	FACTOR GÉNERO.....	23
1.2.8.1	Estudios Conocidos:	23
1.2.8.2	Descripción de unidades de medida	24
1.2.8.3	Posibles interacciones.....	24
1.2.8.4	Cuadro resumen.....	24
1.2.9	FACTOR COMPETENCIA.....	25
1.2.9.1	Estudios Conocidos	25
1.2.9.2	Descripción de las unidades de medida.....	25
1.2.9.3	Posibles interacciones.....	26
1.2.9.4	Cuadro resumen.....	26
1.3	POSIBLES NIVELES DE LOS FACTORES QUE AFECTAN EL TIEMPO DE IMPACIENCIA.....	26
1.4	MAPA RESUMEN DE RELACIONES ENTRE LOS FACTORES	28
CAPÍTULO 2. DISEÑO EXPERIMENTAL.....		30
2.1	SELECCIÓN DE LOS FACTORES QUE SERÁN UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO	31
2.1.1	DEFINICIÓN Y PONDERACIÓN DE CRITERIOS	31
2.1.2	ESCALA DE CALIFICACIÓN	32
2.1.3	MATRIZ DE PRIORIZACIÓN	32
2.2	PROPUESTA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	33
2.2.1	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS	33
2.2.2	MODELO ESTADÍSTICO PARA UN DISEÑO FACTORIAL CON TRES FACTORES	34
2.2.3	DEFINICIÓN DE UNIDADES EXPERIMENTALES	35
2.2.4	DEFINICIÓN DE FACTORES	36
2.2.5	TAMAÑO DE MUESTRA	38
2.2.5.1	Premuestra.....	38
2.2.5.2	Número de réplicas.....	40
2.2.6	SELECCIÓN DE UNIDADES EXPERIMENTALES.....	42
2.2.7	DISEÑO FACTORIAL	43
2.2.7.1	Hipótesis de la investigación.....	43
2.2.7.2	Diseño del tratamiento	43
2.2.7.3	Aleatorización	44
2.2.7.4	Técnicas para reducir el error no aleatorio y el sesgo	45
2.2.7.5	Diseño del experimento.....	46
2.2.7.6	Medición de covariados.....	47
2.3	DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ESCENARIO EN EL QUE SE LLEVARÁ A CABO EL EXPERIMENTO	47
2.4	METODOLOGÍA DE MEDICIÓN DE LOS FACTORES SELECCIONADOS.....	49
CAPÍTULO 3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA A PARTIR DEL DISEÑO EXPERIMENTAL		51
3.1	ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA UNIVARIADA	52
3.1.1	TIEMPO ESPERADO	52
3.1.2	TIEMPO PERCIBIDO	53
3.1.3	TIEMPO DE IMPACIENCIA	55

3.1.4	TIEMPO ENTRE LLEGADAS	56
3.1.5	TIEMPO DE SERVICIO	58
3.1.6	TIEMPO DE ESPERA EN COLA	60
3.1.7	NÚMERO DE PERSONAS EN COLA.....	62
3.2	ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA MULTIVARIADA Y CORRELACIONES.....	64
3.2.1	ANÁLISIS TIEMPO ESPERADO-NÚMERO DE PERSONAS EN COLA.....	65
3.2.2	ANÁLISIS TIEMPO PERCIBIDO-NÚMERO DE PERSONAS EN COLA	66
3.2.3	ANÁLISIS TIEMPO DE IMPACIENCIA-NÚMERO DE PERSONAS EN COLA.....	67
3.2.4	ANÁLISIS TIEMPO DE ESPERA EN COLA-TIEMPO PERCIBIDO EN COLA.....	68
3.2.5	ANÁLISIS TIEMPO ESPERADO-TIEMPO PERCIBIDO EN COLA	69
3.3	ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA EXPERIMENTO	70
3.4	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL	72
3.4.1	ANOVA	72
3.4.1.1	Prueba de de supuestos.....	72
3.4.1.2	Análisis del Modelo de ANOVA.....	78
3.5	CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS EXPERIMENTAL.....	84
CAPITULO 4. SIMULACIÓN Y ANÁLISIS FINANCIERO.....		86
4.1	MODELO DE SIMULACIÓN	87
4.1.1	DEFINICIÓN DEL SISTEMA	87
4.1.2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	87
4.1.3	ALCANCE DEL SISTEMA	87
4.1.4	DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD TIEMPO ENTRE LLEGADAS Y TIEMPO DE SERVICIO 88	
4.1.5	MODELAMIENTO MATEMÁTICO DEL TIEMPO DE IMPACIENCIA.....	89
4.1.6	MODELAMIENTO DEL SISTEMA EN ARENA.....	92
4.1.6.1	Módulos empleados en el modelo de simulación	93
4.1.7	IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO-DEFINICIÓN DEL NÚMERO DE RÉPLICAS	96
4.1.8	RESULTADOS	96
4.2	ANÁLISIS FINANCIERO.....	97
4.2.1	CONCEPTOS GENERALES.....	97
4.2.1.1	Variables propias del escenario simulado.....	97
4.2.1.2	Variables referentes a la empresa	98
4.2.2	FLUJO DE EFECTIVO.....	98
4.2.3	CÁLCULO DEL VPN.....	100
4.2.3.1	Variables Propias de la Empresa	100
4.2.3.2	Variables Propias del Escenario	100
4.2.3.3	Cálculo del Valor Presente Neto	101
4.2.4	ANALISIS DE SENSIBILIDAD.....	102
CONCLUSIONES.....		104
BIBLIOGRAFÍA.....		107
ANEXOS		113

LISTA DE TABLAS

pág

Tabla 1. Cuadro resumen del factor ansiedad	8
Tabla 2. Cuadro resumen del factor atención.....	14
Tabla 3. Cuadro resumen del factor ambiente	16
Tabla 4. Cuadro resumen del factor valor para el cliente.....	18
Tabla 5. Cuadro resumen del factor desempeño del servicio	20
Tabla 6. Cuadro resumen del factor desempeño del servicio	22
Tabla 7. Cuadro resumen del factor edad.....	23
Tabla 8. Cuadro resumen del factor género	25
Tabla 9. Cuadro resumen del factor competencia.....	26
Tabla 10. Cuadro de convenciones análisis de relaciones entre los factores.....	28
Tabla 11. Cuadro resumen relaciones entre los factores	29
Tabla 12. Ponderación de criterios matriz de priorización	31
Tabla 13. Escala de medición matriz de priorización	32
Tabla 14. Matriz de Priorización	32
Tabla 15. Desviaciones estándar muestreo.....	40
Tabla 16. Diseño de tratamientos.....	44
Tabla 17. Definición de los tratamientos aplicados el día del experimento.....	46
Tabla 18. Variables necesarias para la elaboración del modelo	49
Tabla 19. Variables medidas	50
Tabla 20. Puntos de medición de las variables	50
Tabla 21. Estadística descriptiva e histograma tiempo esperado	52
Tabla 22. Estadística descriptiva e histograma tiempo percibido	53
Tabla 23. Estadística descriptiva e histograma tiempo de impaciencia	55
Tabla 24. Estadística descriptiva e histograma tiempo entre llegadas.....	56
Tabla 25. Estadística descriptiva e histograma tiempo de servicio	58
Tabla 26. Estadística descriptiva e histograma tiempo de espera en cola	60
Tabla 27. Estadística descriptiva e histograma número de personas en cola	62
Tabla 28. Correlaciones de Pearson variables tiempo esperado y número de personas en cola	65
Tabla 29. Correlaciones de Pearson variables tiempo percibido en cola y número de usuarios esperando en cola.....	66
Tabla 30. Correlaciones de Pearson variables tiempo de impaciencia y número de usuarios esperando en cola.....	67
Tabla 31. Correlaciones de Pearson variables tiempo de espera en cola y tiempo percibido en cola	69
Tabla 32. Correlaciones de Pearson variables tiempo esperado y tiempo percibido en cola.....	69
Tabla 33. Prueba de homogeneidad de varianzas del análisis de varianzas ANOVA.....	73
Tabla 34. Estadística Durbin-Watson regresión lineal tiempo de impaciencia y número de personas en cola.....	74

Tabla 35. Coeficientes de correlación y determinación regresión lineal.....	75
Tabla 36. Análisis de varianza ANOVA regresión lineal	75
Tabla 37. Coeficientes regresión lineal	76
Tabla 38. Análisis de varianzas ANOVA diseño factorial completo	78
Tabla 39. Variables del modelo de simulación	88
Tabla 40. Distribuciones de probabilidad tiempo entre llegadas y tiempo de servicio ajustado.....	89
Tabla 41. Resultados de las regresiones tiempo de impaciencia y número de personas en cola....	90
Tabla 42. Modelos matemáticos del tiempo de impaciencia	90
Tabla 43. Configuración módulo Create	93
Tabla 44. Configuración módulo Assign.....	93
Tabla 45. Configuración módulo Read Write.....	94
Tabla 46. Configuración File.....	94
Tabla 47. Configuración módulo Process.....	94
Tabla 48. Configuración Resource	95
Tabla 49. Configuración Failure	95
Tabla 50. Configuración módulo Dispose	96
Tabla 51. Parámetros de corrida del modelo	96
Tabla 52. Resultados de la simulación	97
Tabla 53. Definición de las variables propias a la empresa	100
Tabla 54. Definición de las variables propias del escenario de simulación	101
Tabla 55. Calculo del VPN	101
Tabla 56. Análisis de sensibilidad.....	102
Tabla 57. Intervalos costo de tener un usuario impaciente en el casino al día.....	103

LISTA DE FIGURAS

pág

Figura 1. Esquema de los factores de afectan el tiempo de impaciencia.....	4
Figura 2. Pirámide de Maslow.....	17
Figura 3. Nivel de impacto del factor ansiedad	36
Figura 4. Nivel de impacto del factor atención.....	37
Figura 5. Diseño de los tratamientos del experimento.....	38
Figura 6. Esquema del casino de 3M Colombia	48
Figura 7. Serie de tiempo variable tiempo de espera en cola	61
Figura 8. Series de tiempo variables tiempo real de espera en cola y tiempo esperado	61
Figura 9. Serie de tiempo variable número de personas en cola	63
Figura 10. Series de tiempo tiempo real de espera en cola y número de personas en cola	63
Figura 11. Histogramas del tiempo de impaciencia en cada tratamiento	71
Figura 12. Diagrama de caja y bigotes residuales de la regresión lineal	77
Figura 13. Diagrama de caja y bigotes factor género	81
Figura 14. Diagrama de caja y bigotes factor ansiedad	82
Figura 15. Diagrama de caja y bigotes factor atención.....	83
Figura 16. Alcance del modelo de simulación.....	87
Figura 17. Modelo de simulación en <i>Arena</i>	92
Figura 18. Flujo de efectivo del análisis financiero	98

LISTA DE ANEXOS

pág

Anexo 1. Premuestreo discriminado por tratamiento.....	113
Anexo 2. Plantillas de recolección de datos.....	116
Anexo 3. Gráfico p-p y pruebas de hipótesis distribución de probabilidad tiempo esperado	117
Anexo 4. Gráfico p-p y pruebas de hipótesis distribución de probabilidad tiempo percibido	118
Anexo 5. Pruebas de hipótesis distribución de probabilidad tiempo de impaciencia.....	119
Anexo 6. Gráfico p-p y pruebas de hipótesis distribución de probabilidad tiempo entre llegadas.....	120
Anexo 7. Gráfico p-p y pruebas de hipótesis distribución de probabilidad tiempo de servicio	121
Anexo 8. Gráfico de dispersión tiempo esperado y número de personas en cola	122
Anexo 9. Gráfico de dispersión tiempo percibido y número de personas en cola.....	123
Anexo 10. Gráfico de dispersión tiempo de impaciencia y número de usuarios esperando en cola	124
Anexo 11. Gráfico de dispersión tiempo de espera en cola y tiempo percibido en cola	125
Anexo 12. Gráfico de dispersión tiempo esperado y tiempo percibido en cola.....	126
Anexo 13. Estadística descriptiva del experimento	127
Anexo 14. Prueba de normalidad residuales del análisis de varianza ANOVA	128
Anexo 15. Gráfico ZPRED-ZRESID.....	129
Anexo 16. Prueba de hipótesis para los residuales de la regresión lineal tiempo de impaciencia y número de personas	130
Anexo 17. Análisis diagrama de caja y bigotes de los residuales de la regresión lineal entre el tiempo de impaciencia y el número de personas en cola	131
Anexo 18. Prueba de normalidad tiempo de impaciencia ajustado	132
Anexo 19. Prueba de diferencia de medias Wilcoxon factor género	133
Anexo 20. Prueba de diferencia de medias Wilcoxon factor ansiedad	134
Anexo 21. Prueba de diferencia de medias Wilcoxon factor atención.....	135
Anexo 22. Estadística descriptiva diferencia de medias del factor género	136
Anexo 23. Estadística descriptiva diferencia de medias del factor ansiedad.....	137
Anexo 24. Estadística descriptiva diferencia de medias factor atención	138
Anexo 25. Cuadro resumen Capítulo 3	139
Anexo 26. Distribuciones de probabilidad utilizadas en el modelo de simulación	140
Anexo 27. Regresiones lineales tiempo de impaciencia y número de personas en cola para cada tratamiento	141
Anexo 28. Distribuciones de probabilidad de los residuales de las regresiones lineales por cada escenario.....	145
Anexo 29. Conciliación del salario costo para un trabajador con salario mínimo.....	148

INTRODUCCIÓN

“Esperar es frustrante, desmoralizante, agravante, molesto e increíblemente costoso”¹.

Esperar en línea es un componente inevitable y molesto de la vida moderna y hacer que sea lo menos desagradable posible es un elemento vital en la satisfacción del cliente. Usualmente las personas esperan y forman largas filas para acceder a bancos, parques de diversiones, teatros, cines, restaurantes etc. con la esperanza de ser atendidos rápidamente; es por ello que el tiempo de espera constituye un factor crítico en la calidad de los servicios puesto que la satisfacción del cliente está definida en función de la diferencia entre el tiempo de espera que percibe el cliente antes de acceder al servicio y el tiempo que a priori el usuario cree que debe esperar para ser atendido.

Para el proyecto de grado se hizo una juiciosa revisión de la literatura que no se ve reflejada en este documento, en la cual se encontraron estudios del comportamiento de las líneas de espera bajo dos enfoques principales: las investigaciones matemáticas centradas en hallar una tasa de pérdida de los clientes del sistema y las investigaciones psicológicas y de servicio al cliente, en medir la diferencia entre el tiempo de espera real en línea y la percepción de ese tiempo de espera, asociada a múltiples factores.

A lo largo de los antecedentes consultados se identificó la reciente preocupación de los matemáticos por integrar a sus teorías factores psicológicos de las líneas de espera para entender las variaciones y el comportamiento de éste tipo de sistemas. Por lo tanto investigar y entender el contexto psicológico de las líneas de espera y combinarlo con la teoría matemática resulta una poderosa herramienta para orientar a la administración de las empresas a la toma de decisiones estratégicas a través de las cuales se pueda obtener un impacto significativo sobre la satisfacción del cliente con respecto al servicio ofrecido y consecuentemente en los beneficios y retornos de cualquier sistema de colas.

¹ MAISTER, David. The Psychology of Waiting Lines. [En línea] <<http://davidmaister.com/articles/5/52/>> [Citado en mayo de 2008]

CAPÍTULO 1. MODELO CONCEPTUAL DE LOS FACTORES QUE AFECTAN EL TIEMPO DE IMPACIENCIA DE UN USUARIO EN COLA

La variable principal del modelo a desarrollar es el tiempo de impaciencia de un cliente en cola definida en términos de una función condicional que depende del tiempo percibido y el tiempo que el cliente tiene pensado esperar en cola:

$$\text{tiempo de impaciencia} = \text{tiempo de espera percibido} - \text{tiempo de espera esperado}^2 \quad (1.1)$$

Tal que:

- Si el *tiempo de impaciencia* es ≥ 0 , el cliente estuvo impaciente durante la espera en cola.
- Si el *tiempo de impaciencia* es < 0 , el cliente no estuvo impaciente durante la espera en cola, es decir su percepción del servicio fue mejor de lo que había planeado.

El planteamiento del modelo conceptual del tiempo de impaciencia se basa en la hipótesis hecha por Maister acerca de la ley del servicio definida como:

$$\text{satisfacción} = \text{percepción} - \text{expectativa}^3 \quad (1.2)$$

En donde,

- Si la *satisfacción* ≥ 0 , el cliente está insatisfecho
- Si el *satisfacción* < 0 , el cliente está insatisfecho

² El tiempo de espera esperado representa la expectativa que tiene el usuario del tiempo que debe esperar en cola y no un promedio o valor esperado.

³ MAISTER, David. The Psychology of Waiting Lines. [En línea] <<http://davidmaister.com/articles/5/52/>> [Citado en mayo de 2008]

Según ésta hipótesis, si el cliente espera un nivel determinado de calidad de servicio y percibe un nivel superior es un cliente satisfecho y, si espera más y percibe menos es un cliente molesto e insatisfecho. En este orden de ideas se puede afirmar que el tiempo de impaciencia de un usuario en cola es un indicador de la satisfacción del cliente con el servicio; si el resultado de este indicador es positivo, es decir si existe un tiempo de impaciencia, es muy probable que exista también insatisfacción del cliente con el servicio.

De acuerdo con Horovitz⁴ las expectativas tienen que ver con el nivel de servicio que los clientes creen que se les debe dar, teniendo en cuenta sus necesidades y sus percepciones de la oferta. Una expectativa es lo que se considera como lo más probable que suceda, es una suposición centrada en el futuro que puede o no ser realista. En términos de tiempo, el tiempo esperado por un cliente depende de lo que él cree que es aceptable esperar por recibir un servicio, de la percepción de la oferta y de las necesidades de ese servicio.

La percepción es la función psíquica que permite al organismo, a través de los sentidos, recibir, elaborar e interpretar la información proveniente del entorno. Las necesidades de los clientes se modifican por las percepciones que, a su vez, modifican las expectativas. Las percepciones modifican una evaluación “objetiva” de cómo un servicio puede responder a una necesidad e introducen un elemento subjetivo en el juicio.

Tanto la expectativa como la percepción son fenómenos psicológicos, no son la realidad y son el foco de atención de éste modelo que busca determinar la relación existente entre un conjunto de factores, el tiempo percibido y el tiempo esperado del cliente en un servicio.

En las empresas de servicio el cliente interactúa directamente con el sistema y el producto como tal es intangible, por lo tanto, la expectativa y la percepción del cliente de la forma como le fue prestado el servicio son inclusive más importantes que el servicio por sí mismo⁵.

⁴ HOROVITZ, Jacques. Los siete secretos del servicio al cliente, Primera Edición, Madrid: Prentice Hall, 2000, Pág 19.

⁵ HEINEKE, Janelle; DAVIS, Mark M. Understanding the roles of the customer and the operation for better queue management, En: International Journal of Operations & Production Management [En línea], Volumen 14, No. 5, 1994, Págs. 21-34 [Citado en diciembre de 2008] Disponible en Emerald Base de Datos en Línea.

1.1 FACTORES QUE AFECTAN EL TIEMPO DE IMPACIENCIA DE UN USUARIO EN COLA

La idea del modelo conceptual del tiempo de impaciencia que se presenta a continuación consiste en una serie de factores que pueden afectar tanto la percepción como la expectativa del usuario en una línea de espera y por consiguiente podrían influir en la satisfacción del usuario con el servicio.

A partir de una revisión bibliográfica se planteó un modelo de nueve factores que afectan el tiempo de impaciencia de un usuario en cola que se exponen en la **Figura 1**, y se explican detalladamente a lo largo de este primer capítulo.



Figura 1. Esquema de los factores de afectan el tiempo de impaciencia

1.2 MARCO TEÓRICO DE LOS FACTORES QUE AFECTAN EL TIEMPO DE IMPACIENCIA DE UN USUARIO EN COLA

1.2.1 FACTOR ANSIEDAD

1.2.1.1 Estudios conocidos

Maister⁶ en una de las proposiciones hechas en su artículo científico “*La psicología de las líneas de espera*” plantea que la ansiedad del usuario en una cola hace que parezca más larga, según Maister cuando el nivel de ansiedad aumenta en un individuo, la espera se vuelve intolerable y la percepción del tiempo de espera se incrementa de manera considerable.

Por otro lado Sigmund Freud⁷ en su teoría psicológica definió la ansiedad como un estado bélico entre las tres partes de la mente: *Ello*, fuente de los instintos primitivos, *Superyo*, voz severa de la conciencia y *Yo*, mediador entre las dos partes e identificó dos tipos de situaciones que la provocan: la estimulación instintiva avasallante y la anticipación del peligro⁸.

- **Estimulación instintiva avasallante:** El prototipo es la experiencia del nacimiento, pero también puede presentarse ante experiencias de guerra o terrorismo, aparición de enfermedades graves y tratamientos muy agresivos en donde una cantidad excesiva de presión penetra las barreras protectoras del ego, haciendo que la persona se sienta indefensa y provocando un trauma. Tal es el caso de una línea de espera en donde el usuario concibe como una pérdida el tiempo que espera en cola, provocando así una gran cantidad de presión en el individuo que da lugar a la ansiedad.
- **Anticipación del peligro:** Es una forma de ansiedad-señal inconsciente y sirve para movilizar los recursos del ego a fin de prevenir y evitar el peligro que puede provenir de

⁶ MAISTER, David. The Psychology of Waiting Lines. [En línea] <<http://davidmaister.com/articles/5/52/>> [Citado en mayo de 2008]

⁷ FREUD, Sigmund. Introducción al Psicoanálisis. Bogotá: Círculo de Lectores, 1986. p. 67-69.

⁸FUNDACIÓN VALLE DE LILÍ, RINCON, Hernán Gilberto. La ansiedad.[En línea] <<http://www.valledellili.org/?p=1150>> [Citado en noviembre de 2008]

fuentes internas (conflictos intrapsíquicos) o de fuentes externas (medio ambiente). En el caso de provenir de fuentes externas conocidas o no conflictivas se denomina temor.

De acuerdo con la teoría psicoanalítica de Freud, la ansiedad constituye una señal que despierta en el ego la necesidad de tomar una acción defensiva contra las presiones internas y tiene manifestaciones psicológicas y cognoscitivas cómo:

- Sentimiento de vergüenza: “Otros pueden darse cuenta de que tengo temor”
- **Confusión y alteraciones de la percepción del tiempo y el espacio.**
- **Alteraciones en la percepción de las personas y de las situaciones.**
- Disminución y alteraciones en la atención, concentración, memoria y capacidad de asociación⁹.

La alteración que produce la ansiedad en la atención, en la capacidad de asociación, en la percepción del tiempo y de las situaciones, son un claro indicador del impacto de este factor en el tiempo de impaciencia de usuario en una línea de espera definido en términos de tiempo esperado y tiempo percibido.

1.2.1.2 Descripción de unidades de medida

La presencia de indicadores de ansiedad y estrés, o de situaciones frecuentes que evocan la respuesta de ansiedad, constituyen factores de riesgo para el bienestar y el desarrollo del ser humano. Estos hechos han llevado a que los investigadores diseñen instrumentos y estrategias de evaluación, para identificar a los individuos con ansiedad y estrés, y prevenir la aparición de trastornos o dificultades en su desarrollo¹⁰:

⁹ FUNDACIÓN VALLE DE LILÍ, RINCON, Hernán Gilberto. La ansiedad.[En línea] <<http://www.valledelili.org/?p=1150>> [Citado en noviembre de 2008]

¹⁰ MAGAZ LAGO, Ángela; GARCÍA PEREZ, Manuel; SANDÍN, M. del Valle. Ansiedad, estrés y problemas de ansiedad en escolares de 12 a 18 años. Papeles del Psicólogo. [En Línea] <<http://www.papelesdelpsicologo.es/vernumero.asp?id=796>>[Citado en Noviembre de 2008]

- **La Escala Magallanes de Ansiedad (EMANS)¹¹**: Consta de 15 frases que describen sensaciones fisiológicas y movimientos involuntarios, relacionados con tensión, malestar, agobio entre otros. La persona en evaluación informa sobre la frecuencia con que ha experimentado cada una de esas sensaciones o movimientos durante los últimos dos meses.
- **Cognitive-Somatic Anxiety Questionnaire (CSAQ) de Schwartz 1978¹²**: Consta de 14 ítems, de los cuales 7 son de índole cognitivo (subescala cognitiva) y 7 de tipo somático (subescala somática). Los sujetos deben contestar a los diferentes ítems según cómo experimenten típicamente cada uno de los síntomas cuando se siente nerviosos o con ansiedad en una escala tipo Likert graduada de 1 a 5.

Las metodologías de medición de la ansiedad investigadas consisten en una serie de preguntas que evocan experiencias del pasado y evalúan de forma general el nivel de ansiedad del individuo; por lo tanto no son útiles para este estudio que tiene por objeto evaluar el nivel de ansiedad de un cliente exclusivamente en una situación, una línea de espera.

1.2.1.3 Posibles Interacciones

La teoría psicoanalítica de Freud expone que una de las manifestaciones psicológicas de la ansiedad es la disminución y alteración en la atención del individuo¹³, por lo tanto hay evidencia científica para proponer una posible interacción entre estos factores.

En cuanto a la interacción de la ansiedad con el género expuesta en la **Tabla 1.**, la Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNAD, publicó un artículo científico titulado “*Ansiedad*

¹¹ MAGAZ LAGO, Ángela; GARCÍA PEREZ, Manuel; SANDÍN, M. del Valle. Ansiedad, estrés y problemas de ansiedad en escolares de 12 a 18 años. Papeles del Psicólogo. [En Línea] <<http://www.papelesdelpsicologo.es/vernumero.asp?id=796>>[Citado en Noviembre de 2008]

¹² CHOROT RASO, Paloma; SANTED, Germán, SANDÍN, Bonifacio. Revista de psicología general y aplicada En: Revista de la Federación Española de Asociaciones de Psicología [En línea], Volumen 47, Número 3, 1994, Págs. 313-320[Citado Noviembre de 2008] Disponible en Dialnet Base de Datos en Línea

¹³ FUNDACIÓN VALLE DE LILÍ, RINCON, Hernán Gilberto. La ansiedad.[En línea] <<http://www.valledellili.org/?p=1150>> [Citado en noviembre de 2008]

*Cognitiva y Somática: Relación con otras variables de Ansiedad y Psicósomáticas*¹⁴ en el que a través de un estudio experimental concluye que existen diferencias en los niveles de ansiedad encontrados entre hombres y mujeres.

No se conocen investigaciones previas que puedan sugerir una posible interacción entre el factor valor para el cliente y el factor ansiedad, por lo tanto se parte del supuesto que si el valor del servicio para el cliente es grande este experimenta mayor ansiedad porque está expuesto a diversas emociones durante la línea de espera.

1.2.1.4 Cuadro resumen

Nombre del Factor	Ansiedad
Definición	La ansiedad (del latín <i>anxietas</i> , angustia, aflicción) es un estado que se caracteriza por un incremento de las facultades perceptivas ante la necesidad fisiológica del organismo de incrementar el nivel de algún elemento que se encuentra por debajo del nivel adecuado, o, por el contrario, ante el temor de perder un bien preciado. Los más importantes síntomas de ansiedad pueden agruparse bajo las categorías cognitiva y somática. La categoría cognitiva incluye pensamientos desagradables, tales como miedos y/o preocupaciones y la categoría somática se refiere a signos orgánicos internos como tensión el estómago, taquicardia, palpitaciones, etc. ¹⁵
Unidades de Medida	<ul style="list-style-type: none"> • La Escala Magallanes de Ansiedad (EMANS) • Cognitive-Somatic Anxiety Questionnaire (CSAQ)
Nivel que afecta	<ul style="list-style-type: none"> • Percepción
Posibles interacciones	<ul style="list-style-type: none"> • Atención • Género • Valor para el cliente • Edad • Desempeño del Servicio

Tabla 1. Cuadro resumen del factor ansiedad

¹⁴ CHOROT RASO, Paloma; SANTED, Germán, SANDÍN, Bonifacio. Revista de psicología general y aplicada *En: Revista de la Federación Española de Asociaciones de Psicología* [En línea], Volumen 47, Número 3, 1994, Págs. 313-320[Citado Noviembre de 2008] Disponible en Dialnet Base de Datos en Línea

¹⁵ *Ibíd.*

1.2.2 FACTOR ATENCIÓN

1.2.2.1 *Estudios Conocidos*

Reategui en 1999 señala que la atención es un proceso discriminativo y complejo que acompaña todo el procesamiento cognitivo, además es el responsable de filtrar información e ir asignando los recursos para permitir la adaptación interna del organismo en relación a las demandas externas¹⁶.

Diversos autores¹⁷ como Ardila en 1979, Celada en 1989, Cerdá en 1982, Luria en 1986, Celada y Cario en 1990 y Taylor en 1991, definen la atención como un proceso y lo describen detalladamente desde el punto de vista neropsicológico señalando que presenta fases entre las que se destacan la fase de orientación, selección y sostenimiento. La actividad psicológica del hombre se caracteriza por el funcionamiento conjunto e interactivo de procesos y mecanismos que tienen funciones concretas, por lo tanto la atención no es una actividad aislada, sino que se relaciona directamente con muchos procesos psicológicos que tienen lugar en el individuo tales como la percepción.

La atención ha sido concebida en muchas ocasiones como una propiedad o atributo de la percepción, gracias a la cual **el individuo selecciona más eficazmente la información que le es relevante.**

García¹⁸ en 1997 indica que la atención considerada como propiedad de la percepción produce dos efectos principales:

- Que los objetos se perciban con mayor claridad.
- Que la experiencia perceptiva no se presente de forma desorganizada, sino que al excluir y seleccionar datos, estos se organicen en términos de figura y fondo.

¹⁶ TORRES ARBIETO, Kenni. La atención [En línea] < <http://www.psicopedagogia.com/atencion> > [Citado en diciembre de 2008]

¹⁷ *Ibíd.*

¹⁸ *Ibíd.*

Para Kahneman (1973), la atención interviene en una de las fases del proceso de percepción, cuando en una fase inicial de la percepción el campo que forma la estimulación se divide en unidades, segmentos o grupos; la atención entra en juego para enfatizar en algunas figuras más que en otras. Por consiguiente, tomando como base los estudios que demuestran el impacto de la atención sobre la percepción como procesos psicológicos se asume también que la atención afecta la percepción del tiempo de un individuo¹⁹.

Según Anna Eisler²⁰ “la percepción temporal suele describirse mediante variables biológicas y psicológicas tal que la relación "tiempo psicológico" (subjetivo, percibido) versus "tiempo universal objetivo" (físico, reloj) depende no sólo del factor biológico sino también del aprendizaje, habilidad cognitiva, experiencia, ambiente físico y social, personalidad, cultura y otros”. El tiempo subjetivo se refiere a la estimación subjetiva sin las "claves" externas del reloj. De hecho, casi siempre las estimaciones subjetivas difieren de las objetivas. Desde lo teórico, el tiempo psicológico está más bien constituido por eventos físicos y psicológicos que ocurren internamente.

¿Por qué en ciertas condiciones el tiempo pasa más rápidamente que en otras? Según Fraisse²¹ porque la situación de esperar y la expectativa en general, enfoca la atención en el paso del tiempo y esto aumenta la percepción de la duración. Cuando la atención se aparta del paso del tiempo y se dirige a un evento determinado, la experiencia o percepción de la duración parece más corta para el individuo.

En un estudio reciente de la Universidad de Alberta, científicos como Anthony Chaston y Alan Kingstone demostraron que el intervalo de tiempo percibido por aquellos individuos que focalizan

¹⁹ TORRES ARBIETO, Kenni. La atención [En línea] < <http://www.psicopedagogia.com/atencion> > [Citado en diciembre de 2008]

²⁰EISLER, Anna. La percepción del tiempo no es igual para todos. [En línea]< <http://www.santafeconicet.gov.ar/servicios/comunica/tiempo.htm>> [Citado en octubre de 2008]

²¹ FRAISSE, Paul. La percepción / compiladores Paul Fraisse y Jean Piaget; Elianne Vurpillot y Robert Frances; traducción María Teresa Cevasco. Buenos Aires : Editorial Paidós, 1973. Págs. 65-78

su atención en una actividad específica es menor al tiempo percibido por los individuos con atención dispersa²².

Los estudios anteriores corroboran algunas de las preposiciones de Maister²³ acerca de la psicología de las líneas de espera, en las que plantea que:

- El tiempo ocupado parece transcurrir más rápido que el tiempo ocioso.
- Los clientes quieren ser atendidos y hacer parte del sistema tan pronto como sea posible. En otras palabras el tiempo de espera antes de entrar al proceso parece mas largo que el tiempo de espera dentro del proceso.
- La espera incierta parece ser mas larga que la espera conocida, por ejemplo si a un paciente que espera para ser atendido por un médico se le informa que el doctor estará desocupado en 30 minutos, el paciente inicialmente ansioso finalmente se relaja y acepta la inevitable espera, en cambio si al paciente se le informa que el doctor se desocupará pronto, el usuario estará ansioso durante todo el tiempo de espera.
- El tiempo de espera sin explicación parece más largo que el tiempo de espera que se explica y se entiende. Por ejemplo si la recepcionista de un consultorio médico informa que el doctor está atendiendo una emergencia los pacientes pueden esperar más de lo acostumbrado al entender la causa de la demora.
- Los tiempos de espera variables parecen más largos que los tiempos fijos.
- Cuando un cliente espera en compañía el tiempo de espera parece transcurrir más rápido que cuando espera solo.

En general el resultado de la investigación de Maister es un conjunto de consideraciones psicológicas que están estrechamente relacionadas con la experiencia del cliente en una línea de espera en las que indirectamente plantea que el cliente puede percibir más o menos tiempo de espera de acuerdo al grado de atención prestado sobre el tiempo que transcurre durante la cola.

²² THE JOURNAL OF YOUNG INVESTIGATORS. The Psychology of Time. [En línea] <<http://www.jyi.org/features/ft.php?id=447>>[Citado en noviembre de 2008]

²³ MAISTER, David. The Psychology of Waiting Lines. [En línea] <<http://davidmaister.com/articles/5/52/>> [Citado en mayo de 2008]

Con la proposición “El tiempo ocupado parece transcurrir más rápido que el tiempo ocioso” Maister afirma que cuando el cliente dirige su atención hacia un foco diferente al tiempo percibe un tiempo de espera en cola menor²⁴. La idea que rige para las demás preposiciones, es que el cliente espera ser atendido lo más pronto posible y por consiguiente centra su atención en todo aquello que pueda interferir en la prestación de su servicio; tal que en la medida en que se dispersa la atención sobre el sistema, el tiempo de espera percibido disminuye.

1.2.2.2 Descripción de unidades de medida

La atención puede ser medida mediante tests de reacciones psicomotrices que tienen por objetivo medir el grado de atención de los individuos²⁵.

- **Test de atención (Test de atención concentrada en reacciones manuales de J.M. LAHY)²⁶:**
El objetivo de esta prueba es apreciar el grado de atención de los individuos por las reacciones motrices simples. De cara al candidato, hay una pantalla en la que se pasa una serie de 50 líneas que reproducen las letras del alfabeto. Cuando el candidato reconoce una S o una Z, debe apretar un botón. Un contador unido al botón registra las respuestas buenas y malas. El tiempo otorgado no está limitado y la prueba dura en promedio 5 minutos.
- **Test de colación:** Este test se presenta bajo la forma de cuaderno compuesto de cuatro pruebas. Cada una está compuesta de una serie de números o de nombres dispuestos en dos columnas. Se trata de comparar los números o palabras de cada columna según una consigna específica que varía. El tiempo otorgado es de 4 minutos para cada una de las cuatro partes, constituidas a su vez por cien preguntas. Se concede una pausa de algunos minutos entre la segunda y la tercera parte.

²⁴ Willian James “A watched pot never boils”. MAISTER, David. The Psychology of Waiting Lines. [En línea] <<http://davidmaister.com/articles/5/52/>> [Citado en mayo de 2008]

²⁵ CONCEJALIA JUVENTUD AYUNTAMIENTO DE GRANADA. Proceso de selección de personal. [En línea] <http://www.granajoven.com/adjuntos/Empleo/proceso_de_seleccion_de_personal.pdf> [Citado en noviembre de 2008]

²⁶ UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE. Tipos de test de selección. [En línea] <http://observatorio.umh.es/cas/PIL/tipos_de_test_de_seleccion.htm> [Citado en noviembre de 2008]

El test de atención concentrada en reacciones manuales de J.M. LAHY no es útil para el caso de estudio porque implica sacar al individuo del contexto de una línea de espera para realizar la prueba y el test de colación consta de 400 preguntas cuya ejecución, para el caso de estudio, resultaría tediosa para los participantes por lo tanto no se usarán éstas metodologías de medición para el factor atención en el experimento.

1.2.2.3 Posibles interacciones

Además de las alteraciones que produce la ansiedad en el proceso de atención de un individuo propuestas por Freud mencionadas anteriormente existe un estudio titulado “*Ansiedad, atención y percepción del dolor*” de la Universidad Autónoma de Barcelona presentado en el congreso internacional *Stress, Anxiety and Emotional Disorders* en 1991²⁷ que indica que el nivel de ansiedad de los sujetos que desvían su atención de un estímulo (sensaciones de dolor), es menor que el de los que centran su atención en el estímulo. Con base en evidencia se plantea que hay una posible interacción entre el factor ansiedad y atención.

A partir de la afirmación de Goncalves²⁸ “el individuo presta atención en función de aquello que se relacione con sus intereses propios o aficiones” se plantea que las personas tienen diferentes intereses que pueden ser categorizados por el género y la edad de acuerdo a las prácticas comunes de segmentación de mercado propias de mercadotecnia; por lo tanto se plantea la posible interacción entre el factor atención con: el factor género y el factor edad.

1.2.2.4 Cuadro resumen

Nombre del Factor	Atención
Definición	La atención es un proceso de orientación mental selectivo hacia unos determinados estímulos en función de los cuales la percepción de ellos se hace clara y precisa, haciendo

²⁷ UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA, MIRO, Jordi, Ansiedad, atención. [En línea] <[http://www.robertexto.com/archivo14/ansied_att_dolor.htm#\(*\)Esta](http://www.robertexto.com/archivo14/ansied_att_dolor.htm#(*)Esta)> [Citado en diciembre de 2008]

²⁸ GONCALVES, Lila; RUFINO, Juan Antonio. Sensación, percepción y atención [En línea] <<http://www.slideshare.net/juanruffino/procesos-de-percepcin-y-atencin-presentation>> [Citado en diciembre de 2008]

	que la actividad cognoscitiva se centre en un estímulo o actividad e inhibiendo simultáneamente los demás estímulos o actividades concurrentes ²⁹ .
Unidades de Medida	<ul style="list-style-type: none"> • Test de reacciones psicomotrices
Nivel que afecta	<ul style="list-style-type: none"> • Percepción • Expectativa
Posibles interacciones	<ul style="list-style-type: none"> • Ansiedad • Edad • Género • Desempeño del Servicio

Tabla 2. Cuadro resumen del factor atención

1.2.3 FACTOR AMBIENTE

1.2.3.1 Estudios Conocidos

Mark Davis y Janelle Heineke³⁰ afirman que una empresa prestadora del servicio debe controlar el sistema y ofrecer ciertas comodidades a los usuarios del servicio durante la línea de espera tales como: temperatura, iluminación, espacios para sentarse y niveles de ruido.

Block³¹ en 1990 señaló que la evaluación del tiempo depende de la interacción de varios factores como las características individuales del sujeto, los atributos internos del periodo de tiempo, las actividades cognoscitivas llevadas a cabo durante el período de tiempo y otro tiempo relativo a las conductas impuestas por los requerimientos experimentales o del medio ambiente.

²⁹ LINDSAY, Peter H y DONALD A, Norman. Introducción a la psicología cognitiva, Segunda Edición. Madrid: Tecnos, 1986. Págs. 520-535

³⁰ HEINEKE, Janelle; DAVIS, Mark M. Understanding the roles of the customer and the operation for better queue management, En: International Journal of Operations & Production Management [En línea], Volumen. 14, No. 5, 1994, Págs. 21-34 [Citado en septiembre de 2008] Disponible en Emerald Base de Datos en Línea

³¹ THE JOURNAL OF YOUNG INVESTIGATORS. The Psychology of Time. [En línea] <<http://www.jyi.org/features/ft.php?id=447>> [Citado en noviembre de 2008]

Siguiendo con la idea del impacto del medio ambiente sobre la evaluación del tiempo Goody W³² afirmó que el tiempo percibido por el sujeto depende de factores como la comodidad o incomodidad ambiental.

1.2.3.2 Descripción de unidades de medida

- **Iluminación:** Se mide la intensidad media de iluminación en lux. Para determinar los valores de iluminación se utiliza como instrumento un luxómetro calibrado³³.
- **Ruido:** Se utiliza la escala de decibeles para la medición del ruido. El nivel de decibeles es la razón logarítmica de la intensidad del sonido real entre la intensidad del sonido en el umbral de la capacidad auditiva de una persona joven.³⁴ Para medir el ruido se utiliza un decibelímetro integrador.
- **Vibración:** Los parámetros más importantes de la vibración son frecuencia y amplitud de desplazamiento. La frecuencia se mide en Hz³⁵.
- **Carga térmica:** Se entiende por carga térmica a la suma de la carga térmica ambiental y el calor generado en los procesos metabólicos. La medición consiste en determinar el TGBH (Índice de temperatura globo bulbo termómetro).

Para exteriores con carga solar, la TGBH se define como:

$$TGBH = 0.7 BHN + 0.2 TG + 0.1 BS \quad (1.3)$$

Y para interiores o exteriores sin carga solar, la TGBM es:

$$TGBH = 0.7 BHN + 0.3 TG \quad (1.4)$$

³² Goody W., citada por: BARBOSA R., ROJAS A., "Teoría de colas de espera: Modelo Integral para la toma de decisiones", Ingeniería y Desarrollo (Universidad del Norte, Colombia), No 1, Vol 1, 1995, Pgs 73-78.

³³ AMBIENTE LABORAL. Agentes de Riesgo. [En línea]< <http://ambientelaboral.com/seguridad-e-higiene/agentes-de-riesgo/>>[Citado en noviembre de 2008]

³⁴ NIEBEL, Benjamin W. Ingeniería industrial : métodos, tiempos, y movimientos, Novena Edición, 1996

³⁵ Ibíd.

Donde:

BHN = Temperatura de bulbo húmedo natural (medida del enfriamiento por evaporación, usando un termómetro y el movimiento del aire natural).

TG = Temperatura de globo (medida con carga de radiación, en un termómetro dentro de una esfera de cobre negro de 6 pulgadas de diámetro).

BS = Temperatura de bulbo seco (temperatura de ambiente básica; termómetro a la sombra defendido de la radiación).

1.2.3.3 Posibles interacciones

No se encontraron estudios que evidencien una posible interacción entre el factor ambiente y el factor ansiedad; sin embargo se plantea que el individuo puede experimentar ansiedad como una emoción que lo prepara para la lucha o huida³⁶ cuando percibe una amenaza producida por condiciones indebidas de iluminación, ruido, vibración y temperatura.

1.2.3.4 Cuadro resumen

Nombre del Factor	Ambiente
Definición	Se refiere a las características del entorno físico en el que tiene lugar la línea de espera tales como: ambiente visual, ruido, vibraciones, condiciones térmicas y ventilación ³⁷ .
Unidades de Medida	<ul style="list-style-type: none">• Lux• Decibeles• HZ• TGBH
Nivel que afecta	<ul style="list-style-type: none">• Percepción
Posibles interacciones	<ul style="list-style-type: none">• Ansiedad• Desempeño del servicio

Tabla 3. Cuadro resumen del factor ambiente

³⁶ GARCÍA, Carolina. La ansiedad un mal de nuestros días. [En línea] <<http://www.parasaber.com/salud/psicologia/trastornos-psicologicos/ansiedad/articulo/ansiedad-psicologia-trastornos-psicologicos-mal-dias/3752/>> [Citado en diciembre de 2008]

³⁷ NIEBEL, Benjamin W. Ingeniería industrial : métodos, tiempos, y movimientos, Novena Edición, 1996

1.2.4 FACTOR VALOR PARA EL CLIENTE

1.2.4.1 Estudios Conocidos:

Abraham Maslow formula en su teoría psicológica una jerarquía de necesidades humanas y defiende que conforme se satisfacen las necesidades más básicas, los seres humanos desarrollan necesidades y deseos más elevados³⁸.

Los servicios con mayor valor para el cliente hacen que el tiempo que un cliente está dispuesto a esperar sea mayor³⁹. Así dependiendo del impacto del servicio en la vida del cliente, este le asigna un valor único que puede alterar su evaluación del tiempo. Según Maslow⁴⁰ existen cinco niveles jerárquicos de las necesidades humanas que tratan de explicar el valor que cada individuo asigna a un servicio, que se muestran en la siguiente figura.

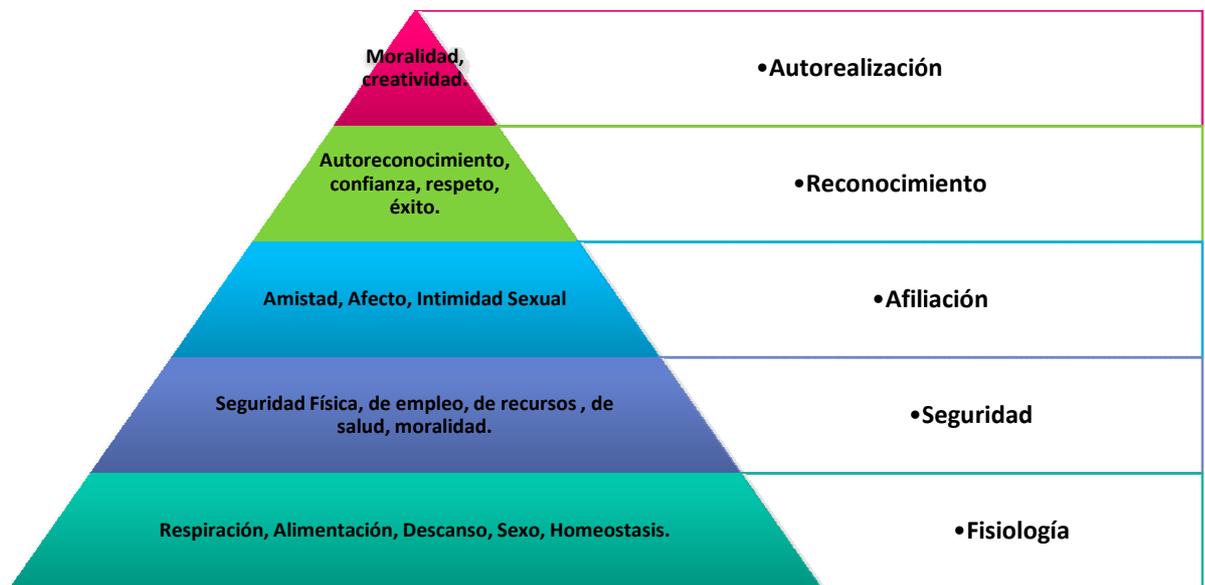


Figura 2. Pirámide de Maslow

³⁸ MANKIW, Gregory. Principios de Economía, Tercera Edición: Editorial McGraw Hill, 2004

³⁹ MAISTER, David. The Psychology of Waiting Lines. [En línea] <<http://davidmaister.com/articles/5/52/>> [Citado en mayo de 2008]

⁴⁰ MANKIW, Gregory. Principios de Economía, Tercera Edición: Editorial McGraw Hill, 2004

La teoría psicológica de las necesidades de Maslow plantea que los servicios con mayor valor para el individuo son aquellos que satisfacen las necesidades básicas, ubicadas en la parte baja de la pirámide y los servicios con menor valor son los que satisfacen los deseos más elevados ubicados en la cima de la pirámide⁴¹.

1.2.4.2 Descripción de unidades de medida

Como se trata de un factor definido para el estudio del tiempo de impaciencia no se encontraron metodologías de medición para este factor.

1.2.4.3 Posibles interacciones

La interacción del factor valor para el cliente fue descrita anteriormente en las interacciones del factor ansiedad en el numeral **1.2.1.3** de éste documento.

1.2.4.4 Cuadro resumen

Nombre del Factor	Valor para el cliente
Definición	El valor para el cliente se define en términos de la importancia o valor que le da un individuo a determinado servicio.
Unidades de Medida	<ul style="list-style-type: none"> • N/A
Nivel que afecta	<ul style="list-style-type: none"> • Expectativa • Percepción
Posibles interacciones	<ul style="list-style-type: none"> • Ansiedad

Tabla 4. Cuadro resumen del factor valor para el cliente

⁴¹ MANKIW, Gregory. Principios de Economía, Tercera Edición: Editorial McGraw Hill, 2004

1.2.5 FACTOR DESEMPEÑO DEL SERVICIO

1.2.5.1 *Estudios Conocidos:*

En vista de que no se encontraron estudios que relacionen la percepción del tiempo con el desempeño del servicio se plantea como hipótesis que ésta variable influye en la evaluación del tiempo del individuo. El excelente desempeño del sistema significa tiempos cortos de atención que cumplan con el objetivo de la operación. Si el cliente percibe un tiempo de atención corto, la hipótesis plantea entonces que la evaluación del tiempo transcurrido es corta también.

Cuando el desempeño del servicio es considerado como deficiente, el tiempo de espera real es mayor y por lo tanto la evaluación del usuario acerca del tiempo transcurrido también es mayor. Si el usuario percibe movimiento y agilidad en la prestación del servicio tendrá su atención enfocada en los movimientos del sistema y con base en la afirmación hecha anteriormente si un individuo centra su atención en alguna actividad la evaluación del tiempo suele subestimarse con respecto al tiempo real.

1.2.5.2 *Descripción de unidades de medida*

- **Tiempo esperado de servicio τ** : Está definido en términos de la diferencia entre el tiempo esperado de permanencia de un cliente en el sistema W y el tiempo esperado de permanencia de un cliente en cola W_q .

1.2.5.3 *Posibles interacciones*

El desempeño del servicio no se refiere solamente a la tasa en que el servidor atiende a cada uno de los usuarios sino también a la forma como lo hace, por ejemplo si un servidor atiende de manera pausada a un cliente, aún si lo hace rápido y efectivamente, puede ocurrir que el cliente perciba que el desempeño del servicio no es bueno. Si el usuario que está en cola percibe que el servicio no es bueno puede sentir ansiedad al percibir la amenaza de un incremento en el tiempo

de espera, por lo tanto se plantea una probable interacción entre los factores ansiedad y desempeño del servicio.

En cuanto al factor atención, puede ocurrir que si el cliente percibe que el desempeño del servicio es deficiente centre su atención en el servidor, en la forma en cómo atiende a un usuario y en el tiempo transcurrido durante el servicio. En estos términos puede ser posible que exista una interacción entre la atención y el desempeño del servicio.

1.2.5.4 Cuadro resumen

Nombre del Factor	Desempeño del servicio
Definición	Se refiere al nivel de atención prestado: velocidad del servicio, percepción por parte del cliente de la eficiencia del servicio.
Unidades de Medida	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo promedio de atención por usuario
Nivel que afecta	<ul style="list-style-type: none"> • Percepción
Posibles interacciones	<ul style="list-style-type: none"> • Ansiedad • Atención

Tabla 5. Cuadro resumen del factor desempeño del servicio

1.2.6 FACTOR CULTURA

1.2.6.1 Estudios Conocidos:

Miguel Angel Naxtle Ortiz⁴², presenta un artículo titulado “La Percepción del Tiempo”, donde asegura que la percepción de tiempo de cada individuo es distinta y depende del contexto cultural donde se encuentre. Soportado por los experimentos del Doctor Robert V. Levine, profesor de

⁴² AXTLE ORTIZ, Miguel Ángel. La Percepción del Tiempo [En línea] <<http://www.uas.mx/negocios/Doctorado/DoctosAlumnos/La%20percepción%20del%20tiempo.pdf>> [Citado en noviembre de 2008]

Psicología de la Universidad Estatal de California, Naxtle afirma que se pueden hacer dos grandes distinciones en las culturas en cuanto a la percepción subjetiva del tiempo.

Las culturas descendientes de la revolución industrial donde se evalúan estudios de tiempos y movimientos, y donde el tiempo es cuantificado monetariamente como Japón, Europa y gran parte de América, denominadas Monocrónicas tienden a tener mayor conciencia del tiempo y a estar prestando más atención al mismo, por lo cual el tiempo percibido tiende a estar alineado con el tiempo real, esto hace que la percepción del tiempo sea lineal y escasa.

Las culturas en vía de desarrollo en cambio, denominadas policrónicas, son flexibles y no tienden a cuantificar monetariamente el tiempo, lo cual permite tener pasatiempos y realizar varias actividades a la vez. En los estudios del Dr Levine, se encontró que en estas culturas se percibe el tiempo de forma distinta, donde este tiende a ser abundante e inclusive cíclico, al estar relacionado con la agricultura o las creencias específicas.

1.2.6.2 Descripción de unidades de medida

No se encontraron metodologías de medición para este factor.

1.2.6.3 Posibles interacciones

Se desconocen estudios previos que puedan evidenciar posibles interacciones.

1.2.6.4 Cuadro resumen

Nombre del Factor	Cultura
Definición	Es el conjunto de símbolos y objetos que son aprendidos, compartidos y transmitidos de una generación a otra por los miembros de una sociedad, por tanto, es un factor que determina, regula y moldea la conducta humana. ⁴³

⁴³ THOMSON, Ivan. Definición de cultura[En línea] <<http://www.promonegocios.net/mercadotecnia/cultura-definicion.html>> [Citado en noviembre de 2008]

Unidades de Medida	N/A
Nivel que afecta	<ul style="list-style-type: none"> • Percepción • Expectativa
Posibles interacciones	N/A

Tabla 6. Cuadro resumen del factor desempeño del servicio

1.2.7 FACTOR EDAD

1.2.7.1 Estudios Conocidos:

Michael Flaherty, reconocido profesor de psicología en el Eckerd College, publicó en el 2001 un artículo titulado "*The Deceits of Perception*"⁴⁴ donde habla de la diferencia en el tiempo subjetivo percibido en tres grupos de edades: Los ancianos, los niños y las personas de edad media. Afirma que los niños tienen continuamente espacios de aprendizaje donde cada detalle es nuevo y llama la atención, haciendo que se llenen las unidades estándares de tiempo con la densidad de la experiencia. Por otro lado, la cantidad de tiempo libre que tienen los ancianos hace que el tiempo que experimentan parezca más rápido debido a la falta de experiencias significativas y de nuevos sucesos en su vida.

Igualmente, explica como para un niño, un año de vida puede significar en algunos casos hasta una quinta parte, mientras para un anciano, solamente significa una pequeña parte de sus 70 años. De esta forma, el niño piensa que ha transcurrido mayor tiempo al darle mayor importancia a dicho período.

Es así como, entre más edad tenga una persona, tenderá a relacionar el tiempo subjetivo que percibe con escalas más cortas de tiempo, en otras palabras: se le pasará el tiempo más rápido.

⁴⁴ FLAHERTY, Michael. The Deceits of Perception. [En línea] <www.fau.unlp.edu.ar/descargas/academica/curso_ingreso/m1_3_trampas_percepcion.doc> [Citado en noviembre de 2008]

1.2.7.2 Descripción de unidades de medida

La edad es una variable escalare discreta susceptible a medición cuantitativa.

1.2.7.3 Posibles interacciones

La interacción del factor edad con los factores ansiedad y atención fueron descritas anteriormente en los numerales que hacen referencia a cada factor.

1.2.7.4 Cuadro resumen

Nombre del Factor	Edad
Definición	Número de años que han transcurrido en la vida de una persona desde que nace, nivel de desarrollo mental y acumulación de experiencias en un período de tiempo.
Unidades de Medida	<ul style="list-style-type: none">• Años
Nivel que afecta	<ul style="list-style-type: none">• Percepción
Posibles interacciones	<ul style="list-style-type: none">• Ansiedad• Atención

Tabla 7. Cuadro resumen del factor edad

1.2.8 FACTOR GÉNERO

1.2.8.1 Estudios Conocidos:

Según Anna Eisler⁴⁵, para la misma duración de reloj, los varones perciben tiempos menores que las mujeres y en cuanto a esta diferencia se postula que durante la vida, las mujeres acumulan una mayor cantidad y variedad de experiencias que los hombres. Por lo tanto, hacen un mayor número de asociaciones con eventos por unidad de tiempo de reloj. Dando por sentado que la unidad

⁴⁵ EISLER, Anna. La percepción del tiempo no es igual para todos. [En línea]< <http://www.santafeconicet.gov.ar/servicios/comunica/tiempo.htm>> [Citado en octubre de 2008]

subjetiva de tiempo depende de la cantidad de asociaciones, las mujeres -para la misma duración física- requieren de más unidades subjetivas de tiempo porque tienen asociaciones más variadas que los hombres.

En un artículo científico publicado por la UNAD (Universidad Nacional de Educación a Distancia) titulado: *“Ansiedad Cognitiva y Somática: Relación con otras variables de Ansiedad y Psicósomáticas”*⁴⁶ en 1994, se menciona que existen diferencias en los niveles de ansiedad encontrados en los hombres y en las mujeres. El estudio se realizó con adolescentes entre 16 y 17 años sin ningún problema psicológico reconocido y con conocimiento del experimento.

Según el muestreo que se realizó, se encontró que la ansiedad cognitiva es mayor en las mujeres por 0,8 unidades de calificación en la prueba del cuestionario CSAQ que en los hombres

1.2.8.2 Descripción de unidades de medida

El género es una variable categórica nominal que genera clasificación entre hombres y mujeres.

1.2.8.3 Posibles interacciones

La interacción del factor género con los factores ansiedad y atención están descritas en los numerales que hacen referencia a cada factor.

1.2.8.4 Cuadro resumen

Nombre del Factor	Género
Definición	Característica del ser humano que determina los roles, derechos y responsabilidades entre los hombres y las mujeres.
Unidades de Medida	<ul style="list-style-type: none">• Hombre• Mujer

⁴⁶ CHOROT RASO, Paloma; SANTED, Germán, SANDÍN, Bonifacio. Revista de psicología general y aplicada En: Revista de la Federación Española de Asociaciones de Psicología [En línea], Volumen 47, Número 3, 1994, Págs. 313-320[Citado Noviembre de 2008] Disponible en Dialnet Base de Datos en Línea

Nivel que afecta	<ul style="list-style-type: none"> • Percepción
Posibles interacciones	<ul style="list-style-type: none"> • Ansiedad • Atención

Tabla 8. Cuadro resumen del factor género

1.2.9 FACTOR COMPETENCIA

1.2.9.1 Estudios Conocidos

Los estudios más importantes en el campo de la competencia se han realizado en el ámbito económico donde se han encontrado que cuando existen varias empresas en un mercado ofreciendo un producto similar (competencia), el precio de un bien tenderá a estabilizarse en un punto donde todos los competidores no puedan reducirlo más puesto que los clientes siempre buscarán el menor precio. Por otro lado, en un ambiente de monopolio donde una sola empresa sea la que ofrece un producto, esta tenderá a subir el precio del bien sin que el cliente pueda acudir a un competidor como dice Robert S. Pindyck en su libro *“Microeconomía”*.⁴⁷

Si se entiende el precio de un bien como el costo del mismo para el cliente, se puede determinar que el costo de un bien no es únicamente el valor monetario, sino todos los costos logísticos en los cuales se incurre para obtenerlo. Siguiendo este orden de ideas, se podría interpretar la pérdida de tiempo relacionada con la espera de un usuario en una línea como un costo para obtener un bien. De tal forma que el usuario tomará la decisión de abandonar una fila por un bien, si el costo de la espera en la que está incurriendo, es mayor al diferencial de precios con la competencia.

1.2.9.2 Descripción de las unidades de medida

- **El Índice de Lerner:** Indicador que mide el poder de un monopolio en el mercado, está determinado por el negativo del inverso de la elasticidad precio de la demanda de una empresa. Si el índice de Lerner toma un valor de cero ($L=0$), se asume que la empresa se

⁴⁷ PINDYCK, Robert.; RUBINFELD, Daniel., Microeconomía, Quinta Edición: Mc Graw Hill, 2005.

encuentra en un estado de competencia perfecta; cuánto mayor es L, mayor es el poder del monopolio.⁴⁸

$$L = -\frac{1}{Epd} \tag{1.5}$$

Donde L se refiere al índice de Lerner y Epd a la Elasticidad Precio de la demanda.

1.2.9.3 Posibles interacciones

No hay investigaciones previas que evidencien una posible interacción entre el factor competencia y otro factor incluido en el modelo.

1.2.9.4 Cuadro resumen

Nombre del Factor	Competencia
Definición	Se refiere al nivel de existencia de competidores en un mismo mercado ofreciendo productos similares.
Unidades de Medida	<ul style="list-style-type: none"> Índice de Lerner
Nivel que afecta	<ul style="list-style-type: none"> Percepción Expectativa
Posible interacción	N/A

Tabla 9. Cuadro resumen del factor competencia

1.3 POSIBLES NIVELES DE LOS FACTORES QUE AFECTAN EL TIEMPO DE IMPACIENCIA

Los factores expuestos anteriormente pueden manifestarse en diferentes niveles según la naturaleza y contexto donde se pretenda hacer el modelo del tiempo de impaciencia. El número

⁴⁸ PINDYCK, Robert.; RUBINFELD, Daniel., Microeconomía, Quinta Edición: Mc Graw Hill, 2005.

de niveles definido para cada factor depende de la hipótesis que se plantea como objetivo del estudio experimental.

A continuación se nombran posibles niveles de los factores que pueden ser usados de acuerdo a la hipótesis de investigación:

- **Ansiedad:** Los niveles para éste factor pueden ser presencia o ausencia de un estímulo que cause ansiedad en el individuo o varios niveles que representen diferentes grados de intensidad del estímulo.
- **Atención:** Al igual que en la ansiedad, es usual en los experimentos psicológicos usar dos niveles, presencia o ausencia de un estímulo que afecte la atención del individuo. También se pueden usar varios estímulos que impacten de forma distinta la ansiedad, cada uno representado por un nivel del factor.
- **Ambiente:** Se pueden usar varios niveles que representen diferentes valores de las variables asociadas al factor ambiente tales como temperatura, ruido, vibración y/o iluminación.
- **Valor para el cliente:** Los niveles de este factor definido para las necesidades del modelo del tiempo de impaciencia, pueden ser los diferentes niveles de la pirámide de necesidades propuesta por Mashlow.
- **Desempeño del servicio:** En este caso se pueden determinar diferentes niveles a partir de rangos del tiempo de duración del servicio.
- **Cultura:** Para este factor se pueden definir varios niveles de acuerdo a los grupos culturales del contexto que se esté analizando.
- **Edad:** Los posibles niveles para este factor pueden ser tantos rangos de edades como necesite el investigador.
- **Género:** Por su naturaleza para éste factor solo existen dos niveles femenino y masculino.
- **Competencia:** Se podría estimar por rangos del índice de Lerner para determinar que tan monopolizado está el mercado. El número de rangos o número de niveles depende del grado de precisión que se requiera en el estudio experimental.

1.4 MAPA RESUMEN DE RELACIONES ENTRE LOS FACTORES

Con base en las investigaciones encontradas en las que se exponen probables relaciones entre los factores planteados, el tiempo percibido y el tiempo esperado; se elaboró un cuadro resumen en el que se usan las siguientes convenciones:

Convención	Significado
-	No existe relación entre factores
↘	Relación inversa entre los factores
↗	Relación directa entre los factores

Tabla 10. Cuadro de convenciones análisis de relaciones entre los factores

Factor	Unidad de medida	Impacto en el tiempo de impaciencia ⁴⁹	Posibles interacciones con otros factores
Ansiedad	<ul style="list-style-type: none"> EMANS CSAQ 	<ul style="list-style-type: none"> Percepción 	<ul style="list-style-type: none"> Atención ↗ Género - Desempeño del servicio ↘ Valor para el cliente ↗ Ambiente - Edad ↘
Atención	<ul style="list-style-type: none"> Test de reacciones psicomotrices 	<ul style="list-style-type: none"> Percepción Expectativa 	<ul style="list-style-type: none"> Ansiedad ↗ Edad ↘ Desempeño del servicio ↘ Género -
Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> Lux, Decibeles HZ TGBH 	<ul style="list-style-type: none"> Percepción 	<ul style="list-style-type: none"> Ansiedad - Desempeño del servicio -
Valor para el cliente		<ul style="list-style-type: none"> Percepción Expectativa 	<ul style="list-style-type: none"> Ansiedad ↗
Desempeño del servicio	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo promedio de atención por usuario 	<ul style="list-style-type: none"> Percepción 	<ul style="list-style-type: none"> Ansiedad ↘ Ambiente - Atención ↘

⁴⁹ Este campo indica si el factor afecta la expectativa o la percepción del individuo con el objetivo de mostrar probables impactos del factor en el tiempo de impaciencia definido como *Tiempo de impaciencia = tiempo percibido – tiempo esperado*

Cultura		<ul style="list-style-type: none"> • Percepción • Expectativa 	-
Edad	<ul style="list-style-type: none"> • Años 	<ul style="list-style-type: none"> • Percepción 	<ul style="list-style-type: none"> • Ansiedad ↘ • Atención ↘
Genero	<ul style="list-style-type: none"> • Hombre • Mujer 	<ul style="list-style-type: none"> • Percepción 	<ul style="list-style-type: none"> • Ansiedad - • Atención -
Competencia	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de Lerner 	<ul style="list-style-type: none"> • Percepción • Expectativa 	-

Tabla 11. Cuadro resumen relaciones entre los factores

CAPÍTULO 2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se diseñó un experimento con el propósito de observar y evaluar las implicaciones de algunos factores definidos en el capítulo 1 en el tiempo de impaciencia de un usuario en una línea de espera.

El experimento utilizado fue de tipo comparativo ya que se establecieron un conjunto de circunstancias producto de la combinación de los factores y se compararon las respuestas en los diferentes escenarios.

Se utilizó un diseño factorial completo para obtener información sobre todos los factores seleccionados para el modelo⁵⁰.

⁵⁰ KUEHL, Robert O. Diseño de experimentos: Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. México: International Thomson Editores, 2001. Pág. 4

2.1 SELECCIÓN DE LOS FACTORES QUE SERÁN UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO

Los factores a incluir en el experimento con diseño factorial fueron seleccionados haciendo uso de una matriz de priorización propuesta por los autores de este estudio en la que:

- Los criterios fueron definidos de acuerdo a la utilidad de la intervención en los factores por las empresas prestadoras de servicio y al grado de impacto de cada uno de ellos en el tiempo de impaciencia de un usuario en cola, tomando como referencia los estudios existentes sobre cada factor.
- Se usó una escala de calificación con valores de 0, 3 y 5.

2.1.1 DEFINICIÓN Y PONDERACIÓN DE CRITERIOS

- **Criterio 1:** Existencia de investigaciones previas que demuestren o planteen hipótesis de posibles relaciones entre el factor y el tiempo de impaciencia de un individuo.
- **Criterio 2:** Utilidad para las empresas prestadoras de servicio en términos de mejoramiento de la satisfacción del cliente mediante la alteración del factor en condiciones de espera.

Criterio	Ponderación
Criterio 1	40%
Criterio 2	60%

Tabla 12. Ponderación de criterios matriz de priorización

Como la literatura del servicio reconoce que el problema de la administración de colas no es el tiempo que permanece un cliente en cola sino la percepción del tiempo que espera, relacionado negativamente con la evaluación de la calidad de los servicios, la satisfacción del cliente y la utilidad de las compañías⁵¹; se le asigna una mayor ponderación al criterio 2.

⁵¹ BILANCIO, Guillermo. Marketing, El valor de provocar, Primera Edición: Pearson Educación, 2005, Pág 91.

2.1.2 ESCALA DE CALIFICACIÓN

Escala	Definición
0	Si el criterio no se cumple para el factor
3	Escala intermedia
5	Si el criterio se cumple para el factor

Tabla 13. Escala de medición matriz de priorización

2.1.3 MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

Factor	Criterio 1 40%		Criterio 2 60%		Total
	Escala	Valor	Escala	Valor	
Ansiedad	5	2	5	3	5
Atención	5	2	5	3	5
Ambiente	5	2	3	1,8	3,8
Valor para el cliente	3	1,2	0	0	1,2
Desempeño del servicio	0	0	5	3	3
Cultura	5	2	0	0	2
Edad	5	2	0	0	2
Genero	5	2	5	3	5
Competencia	3	1,2	3	1,8	3

Tabla 14. Matriz de Priorización

Se usa como criterio de selección los puntajes más altos obtenidos por los factores en la matriz de priorización. De acuerdo a esto, los factores seleccionados para el experimento son: **ansiedad, atención y género**, que en la matriz de priorización obtuvieron el puntaje máximo en cada criterio y una puntuación total de 5 cada uno.

La aplicación de la matriz de priorización puede estar restringida al lugar en donde se lleve a cabo el experimento, por lo tanto los resultados podrían variar de forma significativa dependiendo de los intereses y particularidades de la investigación en curso en la cual algunos de los factores podrían resultar más relevantes que otros.

2.2 PROPUESTA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

Se llaman diseños factoriales a aquellos experimentos en los que se estudia simultáneamente dos o más factores, y donde los tratamientos se forman por la combinación de los diferentes niveles de cada uno de los factores⁵².

Fisher en 1926 fue el primero en ofrecer argumentos convincentes en torno a los beneficios que los diseños factoriales proporcionan cuando son utilizados en lugar de sucesivos diseños unifactoriales. De acuerdo con Fisher, el uso de estos diseños reduce los costos, incrementa la información y potencia la base inductiva de las conclusiones⁵³.

Con base en la información anterior y con el propósito de cumplir con el objetivo de determinar el efecto de un conjunto de tratamientos sobre la variable respuesta tiempo de impaciencia se elige un diseño factorial para el experimento de este trabajo.

2.2.1 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS⁵⁴

- **Covariada:** Cualquier atributo medible que pueda tener una relación estadística con la variable de interés primario es candidata para ajuste covariado.
- **Efecto de un factor:** Cambio en la variable respuesta, ocasionado por un cambio en el nivel de ese factor.
- **Efecto de interacción:** Miden las diferencias entre los efectos simples de un factor a diferentes niveles de otro.
- **Error experimental:** Describe la variación entre las unidades experimentales tratadas de manera idéntica e independiente. Los distintos orígenes del error experimental son: la

⁵² TECNOLÓGICO. Conceptos básicos diseños factoriales. [En línea] <<http://www.mitecnologico.com/Main/ConceptosBasicosDise%F1osFactoriales>> [citado en diciembre de 2008]

⁵³ VALLEJO SECO, Guillermo; FERNANDEZ GARCÍA, Maria Paula; LIVACIC ROJAS, Pablo Esteban. Generalización del enfoque Brown-Forsythe a diseños factoriales. En: Psicothema [En línea], Volumen. 20, No. 4, 2008, Págs. 969-963 [Citado en diciembre de 2008] Disponible en <<http://www.psicothema.com/pdf/3584.pdf>>.

⁵⁴ *Ibíd.*

variación natural entre unidades experimentales, la variabilidad en la medición de la respuesta, la imposibilidad de reproducir las condiciones del tratamiento con exactitud de una unidad a otra; la interacción de los tratamientos con las unidades experimentales y cualquier otro factor que influya en las características medidas.

- **Factor:** Grupo específico de tratamiento.
- **Nivel del factor:** Diversas categorías que se consideran dentro de un factor.
- **Tratamiento:** Conjunto de circunstancias creadas para el experimento como respuesta a una hipótesis de investigación.
- **Unidad experimental:** Entidad física o sujeto que se expone al tratamiento independientemente de otras unidades.

2.2.2 MODELO ESTADÍSTICO PARA UN DISEÑO FACTORIAL CON TRES FACTORES

El modelo de medias de celdas para un experimento con **tres factores** y **r réplicas** de cada de las abc combinaciones de tratamientos en un diseño totalmente aleatorizado es:

$$y_{ijkl} = \mu_{ijkl} + e_{ijkl}^{55}$$

$$i = 1, 2, \dots, a \quad j = 1, 2, \dots, b \quad k = 1, 2, \dots, c \quad l = 1, 2, \dots, r$$

(2.1)

La media de celdas μ_{ijkl} expresada como una función del factorial de los efectos principales y las interacciones es:

$$\mu_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk}$$

(2.2)

⁵⁵ KUEHL, Robert O. Diseño de experimentos: Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. México: International Thomson Editores, 2001. Pág. 201

Donde $\mu = \bar{\mu} \dots$ es la media general y α_i, β_j y γ_k son los efectos principales de los factores A, B y C. Los efectos de la interacción respectivos de dos factores son $(\alpha\beta)_{ij}, (\alpha\gamma)_{ik}$ y $(\beta\gamma)_{jk}$, y el efecto de la interacción de tres factores es $(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$. Los efectos principales son:

$$\alpha_i = \bar{\mu}_{i..} - \bar{\mu} \dots, \beta_j = \bar{\mu}_{.j.} - \bar{\mu} \dots \text{ y } \gamma_k = \bar{\mu}_{k..} - \bar{\mu} \dots \quad (2.3)$$

Y una interacción de dos factores típica es:

$$(\beta\gamma)_{jk} = (\bar{\mu}_{.jk} - \bar{\mu} \dots) - \beta_j - \gamma_k \quad (2.4)$$

Reemplazando β_j y γ_k se obtiene:

$$(\beta\gamma)_{jk} = \bar{\mu}_{.jk} - \bar{\mu}_j - \bar{\mu}_k + \bar{\mu} \dots \quad (2.5)$$

La interacción de tres factores se presenta cuando las interacciones del efecto principal y dos factores no logran explicar la variación en las desviaciones de las medias de celdas $\mu_{ijk} - \bar{\mu} \dots$. La interacción de tres factores es: la **diferencia** entre la **desviación de la media de celdas** y la **suma** de los **efectos principales** y los **efectos de la interacción de dos** factores:

$$\begin{aligned} (\alpha\beta\gamma)_{ijk} &= (\mu_{ijk} - \bar{\mu} \dots) - [\alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk}] \\ (\alpha\beta\gamma)_{ijk} &= \mu_{ijk} - \bar{\mu}_{ij} - \bar{\mu}_{i.k} - \bar{\mu}_{.jk} + \bar{\mu}_{i..} + \bar{\mu}_{.j.} + \bar{\mu}_{..k} \end{aligned} \quad (2.6)$$

2.2.3 DEFINICIÓN DE UNIDADES EXPERIMENTALES

La unidad experimental definida para el experimento es el usuario del casino de 3M Colombia. Los clientes de este servicio son personas con diferentes perfiles académicos y socioeconómicos.

2.2.4 DEFINICIÓN DE FACTORES

Se define cada factor con dos niveles: femenino y masculino para el factor género e intervención y no intervención controlada del factor para los factores ansiedad y atención:

Ansiedad: Para influir en la ansiedad del usuario durante su espera en cola, se parte de la afirmación de Maister⁵⁶, “los clientes quieren ser atendidos y hacer parte del sistema tan pronto como sea posible”, quien además en sus estudios sobre la psicología en las líneas de espera plantea que el tiempo de espera percibido por el usuario antes de entrar al proceso parece más largo que el tiempo de espera dentro del proceso. Para diseñar el nivel de intervención del factor ansiedad considerado en el diseño experimental, se parte del supuesto que la ansiedad de un usuario disminuye cuando siente que el servicio ya empezó; por lo tanto el nivel del factor fue entregar al cliente en la puerta de entrada al sistema un menú de las posibles opciones del almuerzo con el objeto de dar una aparente impresión del inicio del servicio. El otro nivel del factor fue no usar ninguna medida que pueda influir en la ansiedad del usuario.

Se muestra a continuación el menú entregado a los usuarios en el experimento:



Figura 3. Nivel de impacto del factor ansiedad

⁵⁶ MAISTER, David. The Psychology of Waiting Lines. [En línea] <<http://davidmaister.com/articles/5/52/>> [Citado en mayo de 2008]

Atención: Según Fraisse⁵⁷ la situación de esperar y la expectativa en general, enfoca la atención en el paso del tiempo aumentando la percepción de la duración. Tomando como punto de partida esta afirmación el nivel de impacto del factor atención consistió en entregar a los usuarios que esperan en cola un pasatiempo, con el objeto de desviar la atención sobre el tiempo de espera en cola percibido hacia otro foco de atención. El pasatiempo entregado a los usuarios consistió en una ficha para mejorar la atención de la autoría de Maribel Martínez y Ginés Ciudad⁵⁸:

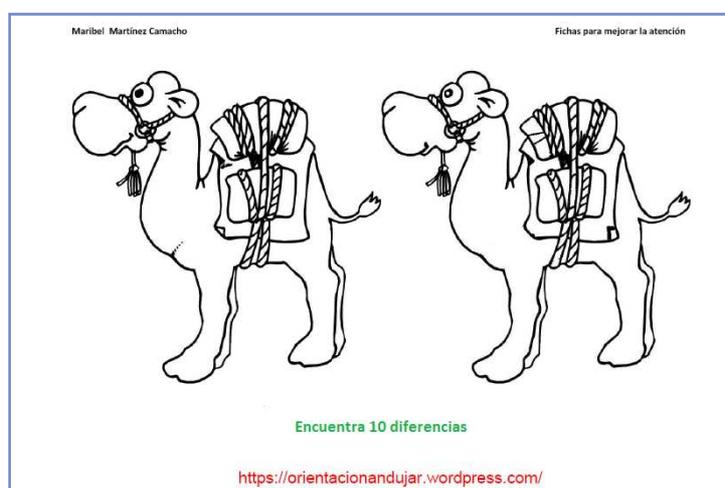


Figura 4. Nivel de impacto del factor atención

Género: Anna Eisler⁵⁹ en sus estudios afirma que para la misma duración de reloj, los varones perciben tiempos menores que las mujeres. Definido el tiempo de impaciencia como tiempo percibido menos tiempo esperado se espera, de acuerdo a la afirmación de Eisler obtener diferencias entre hombres y mujeres; por lo tanto los dos niveles del factor género quedan definidos como femenino y masculino.

En la **Figura 5** se muestra un esquema los niveles de los factores elegidos para el experimento:

⁵⁷ FRAISSE, Paul. La percepción / compiladores Paul Fraisse y Jean Piaget; Elianne Vurpillot y Robert Frances; traducción María Teresa Cevasco. Buenos Aires : Editorial Paidós, 1973. Págs. 65-78

⁵⁸ MARTINEZ, Maribel; CIUDAD, Ginés; Fichas para mejorar la atención. [En línea] <<http://orientacionandujar.wordpress.com/fichas-mejorar-atencion/#labe4>> [Citado en diciembre de 2008]

⁵⁹ EISLER, Anna. La percepción del tiempo no es igual para todos. [En línea] < <http://www.santafeconicet.gov.ar/servicios/comunica/tiempo.htm>> [Citado en octubre de 2008]



Figura 5. Diseño de los tratamientos del experimento

2.2.5 TAMAÑO DE MUESTRA

2.2.5.1 *Premuestra*

Se hizo una premuestra de 10 réplicas⁶⁰, en las mismas condiciones en las que se hizo el experimento, por cada nivel de los factores ansiedad, atención y género tomando cada nivel del factor de forma independiente y no la interacción entre niveles de los factores. Usando esta metodología se obtuvieron 4 escenarios:

- Escenario 1: Entrega del menú en la entrada al sistema para controlar la ansiedad del usuario.
- Escenario 2: Entrega de un pasatiempo en la cola para focalizar la atención del cliente.
- Escenario 3 y 4: Diferenciación de las unidades experimentales por el género.

⁶⁰ El tamaño de la premuestra fue elegido arbitrariamente con base en la frecuencia de uso de la potencia 10 para diversos estudios científicos para obtener un tamaño de muestra inicial para el experimento.

La premuestra fue una muestra aleatoria simple en la que todas las unidades experimentales (usuarios del casino 3M Colombia) tuvieron la misma probabilidad de asignación de uno de los tres tratamientos.

Para asignar aleatoriamente los tratamientos a las unidades experimentales se generó una lista de números aleatorios en *Excel* de 1 a 5 hasta que cada número se repitiera 10 veces, cada número del 1 al 4 representó uno de los cuatro escenarios descritos anteriormente y el número 5 la situación inicial en la que no interviene ningún factor. Para el factor género representado en la lista de asignación por los números 3 y 4 se generaron 15 repeticiones de cada número para garantizar igual número de réplicas en ambos escenarios. En el orden de llegada al sistema se le asignó a cada usuario o unidad experimental el tratamiento correspondiente según la disposición la lista.

En la premuestra solo se consideró como tratamientos la presencia del estímulo para focalizar la atención (pasatiempo), el estímulo para alterar la ansiedad del usuario durante la espera en cola (menú de almuerzo) y el género; la ausencia de los estímulos y la indiferencia del género del usuario corresponde a la situación inicial, representada con el número 5 en el listado de asignación de tratamientos.

Para cada tratamiento se preguntó al usuario en la entrada al sistema, el tiempo en minutos que tenía pensado esperar en cola, y en la salida del sistema el tiempo que percibió durante la línea de espera. Medidas estas dos variables se calculó el tiempo de impaciencia como la diferencia entre tiempo percibido y tiempo esperado, tal como se muestra en el **Anexo 1**.

A partir de los datos de la premuestra⁶¹ se calcularon las desviaciones estándar de cada tratamiento para la variable tiempo de impaciencia:

Tratamiento	Desviación estándar tiempo de impaciencia
Situación inicial	1,79 minutos
Atención (Con Pasatiempo)	2.50 minutos

⁶¹ Ver **Anexo 1**. Premuestreo discriminado por tratamiento

Ansiedad (Con menú)	2.01 minutos
Mujeres	1.83 minutos
Hombres	1.96 minutos

Tabla 15. Desviaciones estándar premuestreo

2.2.5.2 Número de réplicas

Se determina el número requerido de réplicas utilizando un método basado en el estadístico F. El estadístico $F_0 = \frac{CMT}{CME}$ se usa para probar la hipótesis nula $H_0: \tau_i = 0$. La potencia de la prueba es $1 - \beta = P(F > F_{\alpha, v_1, v_2} | H_0 \text{ es falsa})$, donde v_1 y v_2 son los grados respectivos del numerador y el denominador.

Cuando H_0 es falsa, F_0 tiene una distribución F desplazada con v_1 y v_2 grados de libertad y el parámetro de desplazamiento $\lambda = \frac{r * \sum_i^t \tau_i^2}{\sigma^2}$. Si la hipótesis nula es cierta entonces el parámetro de desplazamiento tiene un valor $\lambda = 0$, puesto que $\tau_i = 0$ y F_0 tiene una distribución F centrada⁶². Ya se han calculado valores tabulados de la potencia de la prueba F para valores dados del nivel significancia α , la potencia $1 - \beta$, los grados de libertad con v_1 y v_2 y Φ , una función del parámetro de desplazamiento, que es:

$$\Phi = \sqrt{\frac{\lambda}{t}} = \sqrt{\frac{r * \sum_i^t \tau_i^2}{t \sigma^2}}. \tag{2.7}$$

Existen tablas en donde están graficadas las curvas de la potencia para algunos valores del parámetro de la distribución F desplazada. Las gráficas se usan para estimar el número de réplicas necesario para valores dados de $\alpha, 1 - \beta, \sigma^2, v_1, v_2$ y Φ .

⁶² KUEHL, Robert O. Diseño de experimentos: Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. México: International Thomson Editores, 2001. Pág. 64

Para definir el número de réplicas del experimento se usó la siguiente expresión, propuesta por Kuehl⁶³ para diseños factoriales:

$$\Phi^2 = \frac{r \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \tau_{ij}^2}{ab\sigma^2} \quad (2.8)$$

Donde,

- **a** : Es el número de factores
- **b** : Es el número de niveles por cada factor
- **τ_{ij}** : Es el valor sensible o aquel valor que hace del error algo inaceptable⁶⁴.
- **r** : Es el número de réplicas.
- **σ^2** : La desviación estándar hallada a partir de una premuestra.
- **Φ^2** : Una Función del parámetro de desplazamiento λ . Los valores necesarios para la curva de potencia son $v_1 = (t - 1)$, $v_2 = t(r - 1)$, α , $1 - \beta$. Con v_1 se elige la tabla y con v_2 , α y $1 - \beta$ se halla el valor de Φ . Cuando el valor de v_2 no coincide con los valores que se presentan en la gráfica es necesario interpolar para determinar el valor de Φ .

Despejando r de la ecuación (2.8):

$$r = \frac{ab\sigma^2\Phi^2}{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \tau_{ij}^2} \quad (2.9)$$

A partir de los datos obtenidos en la premuestra se calcula el número de réplicas usando la expresión (2.9) en donde:

- $a = 3$ que corresponde al número de factores usados en la premuestra: Atención, Ansiedad y Género.

⁶³ KUEHL, Robert O. Diseño de experimentos: Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. México: International Thomson Editores, 2001. Pág. 208

⁶⁴ ALVARADO, Jorge; OBAGI, Juan José. Inferencia Estadística. Primera Edición. Bogotá D.C.: Editorial Pontificia Universidad Javeriana, 2008, Pág. 86.

- $b = 2$ niveles, por cada uno de los factores utilizados en la premuestra. Presencia y ausencia de un estímulo para los factores atención y ansiedad; y femenino y masculino para el factor género.
- τ_{ij} : Es el valor sensible definido como aquel valor que hace del error algo inaceptable⁶⁵ que se define como un minuto; por lo tanto el resultado de la doble sumatoria en la expresión **(2.9)** es: $\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \tau_{ij}^2 = \tau_{11}^2 + \tau_{12}^2 + \tau_{21}^2 + \tau_{22}^2 + \tau_{31}^2 + \tau_{32}^2 = 6$
- $\sigma^2 = 2.5^2$ minutos que corresponde a la mayor de las desviaciones de la variable tiempo de impaciencia halladas para cada tratamiento en la premuestra.
- $\Phi = 2.07$ hallado haciendo uso de las gráficas de las curvas de la potencia de la prueba F para análisis de varianza del modelo de efectos fijos a partir de valores de $\alpha = 5\%$, $1 - \beta = 98\%$, $\sigma^2 = 2.1^2$, $v_1 = (t - 1) = (6 - 1) = 5$, $v_2 = t(r - 1) = 6(10 - 1) = 54$. Con $v_1 = 5$, se elige la tabla⁶⁶, con α y v_2 se elige la curva y con $1 - \beta$ se localiza el punto de intersección de la curva para hallar en el eje x de la gráfica el valor de Φ

Reemplazando los datos expuestos anteriormente en **(2.9)** se obtiene el número de réplicas para el experimento:

$$r = \frac{3 * 2 * 2.5^2 * 2.07^2}{6} = 26.78 \approx 30$$

(2.10)

2.2.6 SELECCIÓN DE UNIDADES EXPERIMENTALES

Para asegurar que los resultados de un experimento sean confiables, las unidades experimentales deben representar la variedad suficiente de condiciones, sin que aumente innecesariamente la heterogeneidad de las unidades experimentales⁶⁷. Seleccionando como unidades experimentales a todos los usuarios del casino 3M Colombia, se garantiza que se representa la suficiente variedad

⁶⁵ ALVARADO, Jorge; OBAGI, Juan José. Inferencia Estadística. Primera Edición. Bogotá D.C.: Editorial Pontificia Universidad Javeriana, 2008, Pág. 86.

⁶⁶ KUEHL, Robert O. Diseño de experimentos: Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. México: International Thomson Editores, 2001. Pág. 608

⁶⁷ Ibíd

de condiciones al considerar que son individuos con características únicas de personalidad, de diversas áreas de la compañía y con formación académica diversa; y que son unidades experimentales uniformes al concebirse como personas que pertenecen a la misma organización y satisfacen la misma necesidad básica de alimentación, categoría uno según Maslow⁶⁸, cuando hacen uso del servicio de casino. Se asume además que los factores ambiente, valor para el cliente, desempeño del servicio, edad y competencia son uniformes al concebirse como constantes del servicio del casino 3M; que tiene lugar siempre en una ubicación espacial, satisface la misma necesidad, tiene características de desempeño de servicio constantes y su competencia es estable.

2.2.7 DISEÑO FACTORIAL

2.2.7.1 Hipótesis de la investigación

Se plantea como hipótesis alternativa que los factores ansiedad, atención y género influyen en el tiempo de impaciencia de un usuario en cola definido en términos de una función condicional dependiente del tiempo percibido por ese usuario y el tiempo que tiene pensado esperar en cola.

2.2.7.2 Diseño del tratamiento

Para evaluar la hipótesis planteada se usó un arreglo factorial con tres factores, cada uno con dos niveles: Ansiedad (Con menú del almuerzo al entrar al sistema, Sin menú del almuerzo), Atención (Con pasatiempo, Sin pasatiempo) y Género (Femenino, Masculino). El diseño del tratamiento desarrollado para evaluar la hipótesis incluyó 8 escenarios producto del diseño factorial 2^3 usado para el experimento.

Escenario	Combinación de niveles		
Escenario 1	Femenino	Con menú del almuerzo	Con pasatiempo
Escenario 2	Femenino	Con menú del almuerzo	Sin pasatiempo
Escenario 3	Femenino	Sin menú del almuerzo	Con pasatiempo
Escenario 4	Femenino	Sin menú del almuerzo	Sin pasatiempo
Escenario 5	Masculino	Con menú del almuerzo	Con pasatiempo
Escenario 6	Masculino	Con menú del almuerzo	Sin pasatiempo

⁶⁸ MANKIW, Gregory. Principios de Economía, Tercera Edición: Editorial McGraw Hill, 2004

Escenario 7	Masculino	Sin menú del almuerzo	Con pasatiempo
Escenario 8	Masculino	Sin menú del almuerzo	Sin pasatiempo

Tabla 16. Diseño de tratamientos

2.2.7.3 Aleatorización

Según datos proporcionados por 3M, en la nómina de la empresa en promedio hay una proporción de 45% de hombres y 55% de mujeres; por lo tanto se asume que existe la misma proporción de hombres y mujeres en la compañía y que el género es un fenómeno aleatorio en la medida en que los usuarios llegan al sistema.

Se tienen por lo tanto solo 4 tratamientos o escenarios para hacer la asignación aleatoria:

- **Tratamiento 1:** Con pasatiempo-Con menú de almuerzo
- **Tratamiento 2:** Sin pasatiempo-Con menú de almuerzo
- **Tratamiento 3:** Con pasatiempo-Sin menú de almuerzo
- **Tratamiento 4:** Sin pasatiempo-Sin menú de almuerzo

Listados los 4 tratamientos en una columna en *Excel* se genera para cada uno de ellos un número aleatorio entre 1 y 4, se asigna a cada tratamiento un número, verificando que no se repitan números aleatorios. Se ordenan los tratamientos según los números generados y se repite el procedimiento de generación de números para que finalmente sea asignado a cada tratamiento un número.

- **Número 1:** Con pasatiempo-Con menú de almuerzo
- **Número 2:** Con pasatiempo-Sin menú de almuerzo
- **Número 3:** Sin pasatiempo-Con menú de almuerzo
- **Número 4:** Sin pasatiempo-Sin menú de almuerzo

Para hacer la asignación de los 4 tratamientos a las 240 unidades experimentales⁶⁹ se generaron números aleatorios entre 1 y 4 hasta completar 60 repeticiones, cada número del 1 al 4 representó uno de los 4 tratamientos descritos anteriormente.

Al frente del listado de los números del 1 al 4 se generaron números aleatorios del 1 al 240 y se ordenaron los tratamientos de acuerdo al número aleatorio, el procedimiento se repitió una vez más para finalmente obtener un listado de 240 puntos.

En el orden de llegada al sistema se le asignó a cada usuario o unidad experimental el tratamiento correspondiente según la disposición la lista.

2.2.7.4 *Técnicas para reducir el error no aleatorio y el sesgo*

Para asegurar que se reduce al mínimo el error no aleatorio y el sesgo en las repuestas del estudio se incluyeron las siguientes precauciones:

- Los estímulos utilizados como niveles de los factores ansiedad y atención fueron iguales para todas las unidades experimentales.
- Se pidió y controló que los usuarios no hablaran entre sí para evitar que los resultados del experimento fueran afectados por la interacción entre las unidades experimentales.
- El experimento se lleva a cabo bajo condiciones consideradas “normales de operación” del casino. Las condiciones normales se refieren a la operación del casino de lunes a jueves, en los que no haya algún evento especial como día de la semana sin menú especial, día del mes ubicado cerca al cierre del mes, festivales de comida entre otros.

⁶⁹ Se necesitan 240 replicas para el experimento, 30 réplicas por cada uno de los 8 tratamientos. Como el género se consideró como aleatorio se determinan 60 réplicas para cada uno de los 4 tratamientos descritos.

2.2.7.5 *Diseño del experimento*

Se usó un diseño factorial para el experimento. A cada tratamiento entendido como la combinación de los niveles de los factores se le asignó aleatoriamente 60 réplicas como se describió en el numeral 2.2.7.3.

Se diseñó el experimento para ejecutarlo en un día de la siguiente forma:

Escenario	Combinación de niveles		
Escenario 1	Género aleatorio	Con menú del almuerzo	Con pasatiempo
Escenario 2	Género aleatorio	Sin menú del almuerzo	Con pasatiempo
Escenario 3	Género aleatorio	Con menú del almuerzo	Sin pasatiempo
Escenario 4	Género aleatorio	Sin menú del almuerzo	Sin pasatiempo

Tabla 17. Definición de los tratamientos aplicados el día del experimento

En el día se registraron 240 réplicas, 60 por cada uno de los 4 tratamientos.

Las variables medidas en el experimento en cada uno de los tratamientos se listan a continuación con su correspondiente definición:

- **Tiempo percibido:** Tiempo que el usuario cree que se demoró en cola.
- **Tiempo esperado:** Tiempo que el usuario piensa que se va a demorar o debería demorarse en cola.
- **Tiempo real de espera en cola:** Tiempo cronometrado desde el momento en que el usuario llega al sistema hasta el momento en que empieza a ser atendido.
- **Hora de entrada al sistema:** Hora reloj en la que el usuario llega al sistema.
- **Hora del final de la cola:** Hora reloj en la que el usuario termina la cola y empieza a ser atendido
- **Número de personas en cola:** Número de usuarios en cola justo en el momento en que un usuario ingresa al sistema.

2.2.7.6 Medición de covariados

Se considera que variables como el tiempo real de espera en cola, la hora de entrada del usuario al sistema y la longitud de la fila justo en el instante en que el usuario llega al sistema, pueden tener alguna relación con el tiempo de impaciencia. Se registra en el experimento los datos que corresponden al tiempo real de espera en cola, la hora de entrada de cada uno de los usuarios y el número de personas en cola en el momento en el usuario llega al sistema, independientemente del tratamiento que se aplique.

2.3 DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ESCENARIO EN EL QUE SE LLEVARÁ A CABO EL EXPERIMENTO

El experimento planteado se llevó a cabo en el Casino de la empresa 3M Colombia, ubicado en la Avenida El Dorado No. 75-93 de la ciudad de Bogotá D.C., actualmente tercerizado y a cargo de DIALIMENTOS LTDA., empresa de carácter privado, con cobertura nacional, creada con el objetivo principal de desarrollar técnica y profesionalmente los servicios de alimentación comercial, industrial e institucional en el país⁷⁰.

El servicio de casino se congestiona en el horario de almuerzo causando la formación de una larga fila en frente del área de servicio que produce cierta tensión e insatisfacción de los usuarios con el servicio que esperan obtener su almuerzo lo más pronto posible. Muchas alternativas de mejora del servicio han sido evaluadas sin producir resultados satisfactorios, puesto que existen restricciones de espacio que impiden alterar libremente variables críticas del sistema tales como la velocidad del servicio y el número de servidores.

3M es una compañía interesada en brindar un ambiente de trabajo que garantice la satisfacción personal y el desarrollo profesional de cada uno de sus trabajadores, razón por la cual el área de gestión humana en su interés por mejorar el bienestar de sus empleados y específicamente el servicio de casino, estuvo interesada en el modelo de impaciencia de un usuario en cola a través

⁷⁰ DIALIMENTOS LTDA. [En línea] < <http://www.dialimentos.com.co/> > [Citado en diciembre de 2008]

del cual es posible obtener información de aquellos factores que afectan la satisfacción del cliente en función del tiempo de impaciencia.

El horario de operación del casino es de lunes a viernes de 11:30 a.m. a 1:30 p.m., el servicio de Casino se divide en tres áreas:

- Área de espera
- Área de atención
- Área de consumo de alimentos

El área de consumo de alimentos cuenta con 12 recursos que en cuatro estaciones sirven el almuerzo.

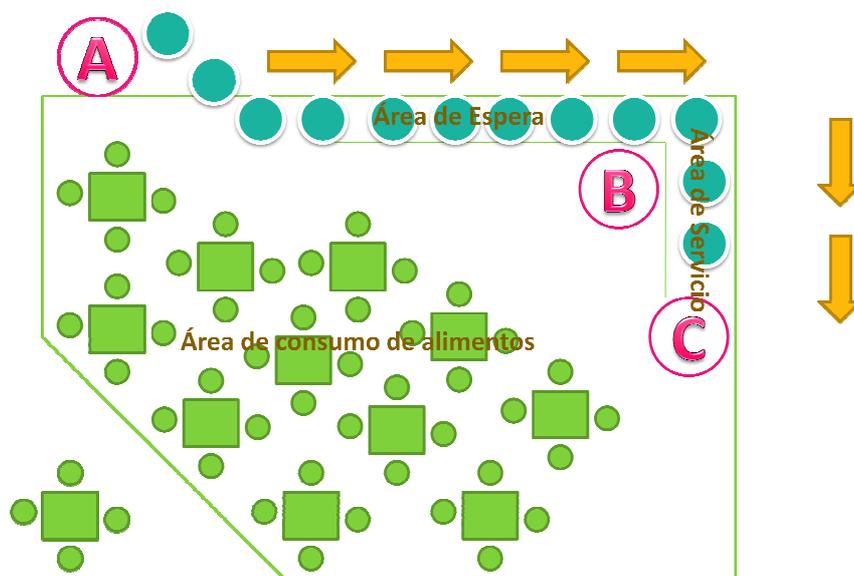


Figura 6. Esquema del casino de 3M Colombia

Los puntos azules representan los clientes que siguen el flujo indicado por las líneas amarillas: en la fase inicial del servicio hacen cola en el área de espera, son atendidos en el área de servicio y pasan finalmente al área de consumo de alimentos.

2.4 METODOLOGÍA DE MEDICIÓN DE LOS FACTORES SELECCIONADOS

Se definen a continuación las variables necesarias en el experimento que están en función de variables básicas que se describen a continuación:

Variables necesarias	Variables básicas
Tasa de llegada	Tiempo entre llegadas
Tiempo de impaciencia (Tiempo percibido – Tiempo esperado)	Tiempo percibido en cola Tiempo esperado en cola
Tasa de atención	Duración real del servicio
Género	Género de la unidad experimental

Tabla 18. Variables necesarias para la elaboración del modelo

Las variables básicas tiempo percibido y tiempo esperado en cola se obtienen a partir de las respuestas de los usuarios a las preguntas:

- **Tiempo percibido:** ¿Cuanto tiempo en minutos cree usted que ha transcurrido desde el momento en que usted entró a la zona de casino?
- **Tiempo esperado:** ¿Cuánto tiempo en minutos cree usted que debe demorarse en la fila antes de ser atendido?

Se describe en la tabla como se obtienen las variables básicas a partir de las variables medidas, tiempo percibido, tiempo esperado, hora de entrada al sistema, hora del final de la cola, hora de salida del sistema y número de personas en cola.

Variables básicas	Variables medidas	Fórmula
Tiempo entre llegadas	Variable A. Hora de entrada al sistema	$tiempo\ entre\ llegadas = (A)_n - (A)_{n-1}$
Duración real de la fila	Variable A. Hora de Entrada al sistema Variable D. Hora del final de la cola	$duración\ real\ de\ la\ fila = (D) - (A)$
Duración real del servicio	Variable D. Hora del final de la cola Variable C. Hora de Salida del Sistema	$duración\ real\ del\ servicio = (C) - (D)$
Tiempo esperado en cola	Variable B. Tiempo esperado (pregunta)	$tiempo\ esperado = (B)$

Tiempo percibido en cola	Variable E. Tiempo percibido (pregunta)	<i>tiempo percibido = (E)</i>
Número de personas en cola	Variable F. Número de personas en cola	<i>tiempo percibido = (F)</i>
Género	Variable G. Género	<i>género = (G)</i>

Tabla 19. Variables medidas

Las mediciones de las variables tiempo percibido, tiempo esperado, tiempo real de espera en cola, hora de entrada al sistema, hora del final de la cola, hora de salida del sistema, número de personas en cola y género se hicieron en los puntos A, B y C especificados en la figura 6, en donde:

- **A:** Es la entrada al sistema
- **B:** Es punto en donde se acaba la línea de espera e inicia el servicio
- **C:** Es donde termina el servicio.

Punto de control	Variables medidas
A	Variable A. Hora de entrada al sistema
A	Variable B. Tiempo esperado (pregunta)
A	Variable F. Número de personas en cola
B	Variable D. Hora del final de la cola
B	Variable E. Tiempo percibido en la cola (pregunta)
C	Variable C. Hora de Salida del Sistema
C	Variable G. Género

Tabla 20. Puntos de medición de las variables

Para cada de los puntos descritos anteriormente se diseña una planilla para registrar las mediciones de las variables, que se muestran en el **Anexo 2**.

CAPÍTULO 3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA A PARTIR DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

Se hizo un análisis descriptivo univariado de las variables medidas en el experimento independientemente del tratamiento aplicado; posteriormente basados en las investigaciones mencionadas en el capítulo anterior se exploraron posibles relaciones entre variables haciendo análisis estadísticos descriptivos bivariados y calculando las correlaciones. Finalmente se analizó estadísticamente los resultados del experimento usando como modelo el análisis de varianzas ANOVA.

3.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA UNIVARIADA

3.1.1 TIEMPO ESPERADO

Estadísticas
Tiempo que representa la expectativa del usuario (minutos)

N	Validos	240
	Valores perdidos	0
Media muestral		3.61
Mediana		4.00
Moda		4 ^a
Desviación estándar		2.166
Coefficiente de asimetría		.407
Error estándar del coeficiente de asimetría		.157
Percentiles	25	2.00
	50	4.00
	75	5.00
	95	7.00

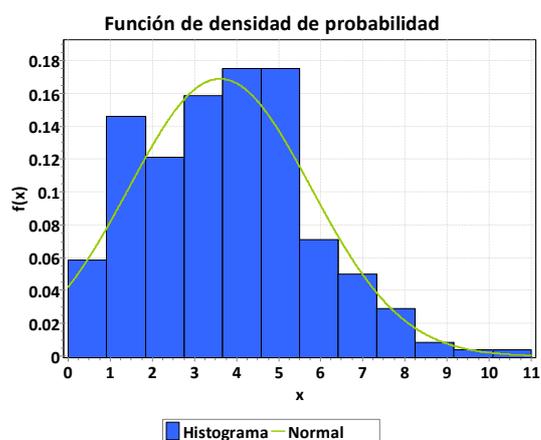


Tabla 21. Estadística descriptiva e histograma tiempo esperado

El promedio del tiempo que un usuario tiene pensado esperar en cola es 3,61 minutos con una desviación estándar de 2.166 minutos. El valor del coeficiente de variación es $60\% > 33\%$ ⁷¹ por lo tanto la variabilidad de la variable es alta y puede estar fuera de control o estar siendo afectada por una serie de variables que originan la variabilidad. El coeficiente de asimetría de la variable es 0.407 por consiguiente la variable es asimétrica positiva, tal como se ve en el histograma.

Del análisis de los percentiles se puede inferir que el 50% de los usuarios del casino 3M consideran que deben esperar menos de 4 minutos para ser atendidos mientras que la expectativa de espera del otro 50% es de más de 4 minutos de espera en cola. El 25% de los clientes del casino, esperan demorarse menos de 2 minutos y en general el 95% de los usuarios consideran que el tiempo de espera en cola antes de ser atendidos debe ser menos de 7 minutos.

⁷¹ Regla empírica de la medida de dispersión relativa

Según el gráfico p-p disponible en el **Anexo 3**, como los puntos se ajustan a la recta, descriptivamente se podría decir que variable tiempo esperado sigue una distribución normal.

Estadísticamente, con la prueba Chi-Cuadrado en la que se obtuvo un mínimo alfa menor al 0.5% se rechaza la suposición de normalidad de la variable tiempo esperado y con la prueba Kolmogorov-Smirnov, que arroja un mínimo alfa de 4.51% muy cercano al 5%, no se rechaza la suposición de normalidad de la variable⁷². Como los resultados entre las pruebas son diferentes, para determinar la distribución del tiempo esperado se tomó como soporte los resultados de la estadística descriptiva en los que la variable parece distribuirse normal para afirmar que el mínimo alfa de la prueba de Kolmogorov muy cercano al 5% es suficiente para no rechazar la suposición de normalidad de la variable tiempo esperado.

3.1.2 TIEMPO PERCIBIDO

Estadísticas		
Tiempo percibido en cola		
N	Válidos	240
	Valores perdidos	0
Media muestral		3.4417
Mediana		3.0000
Moda		2.00
Desviación estándar		2.46752
Coefficiente de asimetría		.952
Error estándar del coeficiente de asimetría		.157
Percentiles	25	2.0000
	50	3.0000
	75	5.0000
	95	8.0000

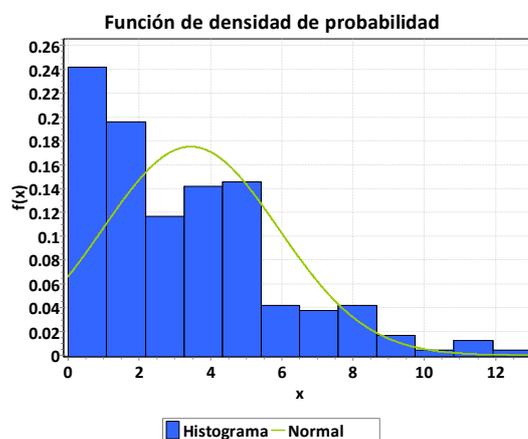


Tabla 22. Estadística descriptiva e histograma tiempo percibido

En promedio un usuario del servicio percibe un tiempo de 3,44 minutos con una desviación de 2.46 minutos. El coeficiente de variación de la variable es 71.6% y por consiguiente se puede suponer que la variable está siendo afectada por una serie de factores que causan la variabilidad,

⁷² Los cálculos de las pruebas de hipótesis se muestran detalladamente en **Anexo 3**, de este documento.

tal como se diseñó el experimento en el que los tratamientos asignados al usuario pretendían alterar el tiempo percibido durante la espera en cola. El coeficiente de asimetría de la variable es 0.952, por lo que la variable es asimétrica positiva. Del análisis de los percentiles se puede decir que el 95% de los usuarios perciben un tiempo menor a 8 minutos y solo el 5% de los usuarios perciben un tiempo de espera en cola mayor a 8 minutos. Si se contrasta el percentil 95 del tiempo percibido con el mismo percentil de la variable tiempo esperado se encuentra que: el 95% de los usuarios esperan demorarse menos de 7 minutos en cola y el 95% perciben un tiempo de espera menor a 8 minutos, este hecho da indicios de la existencia de un porcentaje de usuarios insatisfechos con el servicio que alcanzan a sentirse impacientes en la línea de espera porque el tiempo percibido es mayor que el tiempo que tenían pensado esperar en cola.

Después de hacer una serie de gráficos p-p con diferentes distribuciones de probabilidad, la distribución que tuvo mayor ajuste a la línea recta fue la normal como se muestra en el gráfico p-p disponible en el **Anexo 4**. En la primera gráfica es observable un ajuste relativamente bueno a la distribución mientras que en la segunda gráfica no es evidente una función matemática que puede servir como transformación.

Para verificar la distribución de la variable se corrieron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Chi cuadrado, obteniendo mínimos alfa de 2.76 % y menor a 0.5% respectivamente⁷³. Como en ambos casos el mínimo alfa es menor al 5% se rechazó la suposición de normalidad para la variable tiempo esperado independiente del tratamiento y por consiguiente la hipótesis planteada, sujeta a verificación posterior en el desarrollo de este trabajo, es que la distribución de probabilidad de la variable tiempo percibido está relacionada con el tratamiento asociado a la medición.

⁷³ Los resultados de las pruebas de hipótesis se encuentran disponibles en el **Anexo 4**.

3.1.3 TIEMPO DE IMPACIENCIA

Estadísticas

Tiempo de impaciencia (tiempo percibido-tiempo esperado)

N	Validos	240
	Valores perdidos	0
Media muestral		-0.17
Mediana		.00
Moda		0
Desviación estándar		1.404
Coefficiente de asimetría		-.459
Error estándar del coeficiente de asimetría		.157
Percentiles	25	-1.00
	50	.00
	75	1.00
	95	2.00

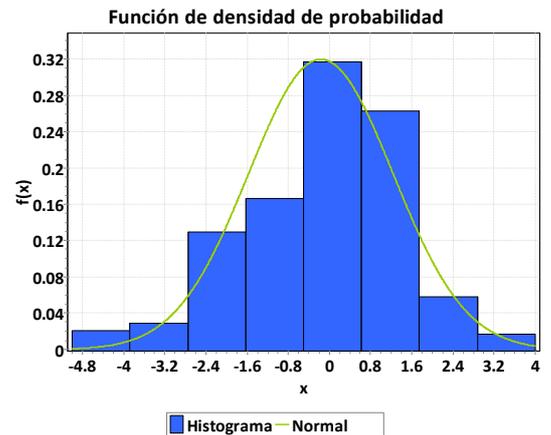


Tabla 23. Estadística descriptiva e histograma tiempo de impaciencia

La variable tiempo de impaciencia definida como la diferencia entre el tiempo que un usuario tiene pensado esperar y el tiempo percibido durante la espera en cola, tiene media de -0.17 minutos, desviación estándar de 1.404 minutos y un coeficiente de variación mayor al 100%. La desviación de la variable tiempo de impaciencia es extremadamente alta, por lo tanto a juzgar por la estadística descriptiva queda validado el modelo del tiempo de impaciencia expuesto en el primer capítulo en donde se plantea que el tiempo de impaciencia es afectado por una serie de factores algunos de ellos no considerados en el experimento.

En cuanto a los resultados del experimento, el 50% de las veces el tiempo de impaciencia es negativo o menor a 0 que son los casos de clientes no impacientes y satisfechos con el servicio y el 50% de las veces el tiempo de impaciencia es mayor a 0 que son los casos que representan a los usuarios que estuvieron impacientes durante su espera en cola. El histograma refleja una asimetría negativa en donde los datos se acumulan hacia la derecha con un coeficiente de asimetría de -0.459.

A pesar del planteamiento hecho, que algunos de los factores o la combinación entre sus niveles afectan el tiempo de impaciencia se hicieron las pruebas de Kolmogorov y Chi-Cuadrado para

determinar la distribución de la variable independiente al tratamiento aplicado obteniendo como se esperaba, que aún cuando el histograma refleja una posible distribución normal la variable tiempo de impaciencia sin considerar el tratamiento que le fue aplicado, no se ajusta a ninguna distribución de probabilidad debido posiblemente a la variabilidad causada por los factores.

Se ejecutaron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Chi-cuadrado⁷⁴ para verificar la distribución normal de la variable y se obtuvieron mínimos alfa de 1% y menor a 0.5% respectivamente; por consiguiente hay evidencia estadística para rechazar la normalidad de la variable a pesar a la impresión dada por la estadística descriptiva.

3.1.4 TIEMPO ENTRE LLEGADAS

Estadísticas		
Tiempo entre llegadas (minutos)		
N	Validas	240
	Valores perdidos	1
Media muestral		.378194
Mediana		.250000
Desviación estándar		.3796289
Coefficiente de asimetría		1.654
Error estándar del coeficiente de asimetría		.157
Percentiles	25	.100000
	50	.250000
	75	.562500
	95	1.149167

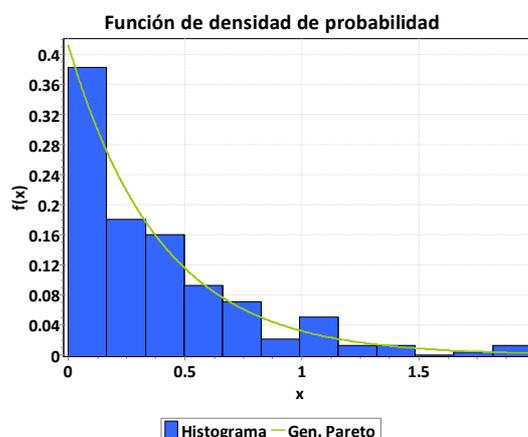


Tabla 24. Estadística descriptiva e histograma tiempo entre llegadas

En promedio un usuario llega al sistema cada 0.3782 minutos con una desviación de 0.3796 minutos, el coeficiente de variación del tiempo entre llegadas es del 100% hecho que evidencia que la variable sigue una distribución exponencial en la que la media es igual a la desviación estándar.

⁷⁴ Los detalles de los resultados de las pruebas de hipótesis pueden ser consultados en el **Anexo 5**.

El histograma refleja una distribución asimétrica positiva con coeficiente de asimetría positivo e igual a 1.654. El tiempo entre llegadas de 25% de los usuarios del casino 3M es menor a 0.10 minutos y el 75% de los tiempos entre llegadas es menor a medio minuto (0.5625 minutos), en general el tiempo entre llegadas es pequeño por lo tanto hay entradas frecuentes de usuarios al sistema.

El análisis descriptivo de la distribución de probabilidad de la variable a través de gráficos p-p⁷⁵ indica que la variable parece distribuirse exponencial debido a que los puntos en la primera gráfica se ajustan bastante bien a una línea recta en la que al inicio la probabilidad observada es menor que la probabilidad esperada presentándose en la cola de la distribución un cambio de comportamiento en donde la probabilidad observada resulta mayor a la esperada. En la segunda gráfica los puntos siguen una forma similar a la función $-x^2$, tal que podría ser posible una transformación de este tipo. Dado el ajuste visible en la primera gráfica a una distribución exponencial se hicieron las pruebas de Komolgorov-Smirnov y Chi-Cuadrado para determinar la distribución de la variable, obteniendo que en ambas pruebas el mínimo alfa fue mayor a 5% por lo tanto hay evidencia estadística para afirmar que el tiempo entre llegadas se distribuye exponencial⁷⁶.

Tal como se esperaba según los fundamentos de teoría de colas, a pesar de las variaciones lógicas de la variable durante el experimento, el tiempo entre llegadas de los usuarios al sistema es descrito por una variable aleatoria continua con distribución exponencial y por consiguiente las llegadas de los usuarios al sistema por unidad de tiempo son representadas por una variable aleatoria discreta con valores no negativos que sigue una distribución de probabilidad de Poisson. En éste orden de ideas según los conceptos de Teoría de cola para el caso de estudio se asume que los clientes llegan uno a la vez y en intervalos de tiempo, sucesivos e idénticos⁷⁷.

⁷⁵ Ver **Anexo 6**. Gráfico p-p y pruebas de hipótesis distribución de probabilidad tiempo entre llegadas.

⁷⁶ Los cálculos detallados de las pruebas Kolmogorov-Sminorv y Chi-cuadrado están disponibles en el **Anexo 6**. de este documento

⁷⁷ V.G. KULKARNI. Modeling, Analysis, Design, and control of Stochastic Systems, New Cork: Springer, 1999, Pág 252.

3.1.5 TIEMPO DE SERVICIO

Estadísticas

Tiempo de servicio (minutos)

N	Validos	240
	Valores perdidos	0
Media muestral		1.1040
Mediana		1.0300
Desviación estándar		.26921
Coefficiente de asimetría		2.639
Error estándar del coeficiente de asimetría		.157
Percentiles	25	.9700
	50	1.0300
	75	1.1200
	95	1.7490

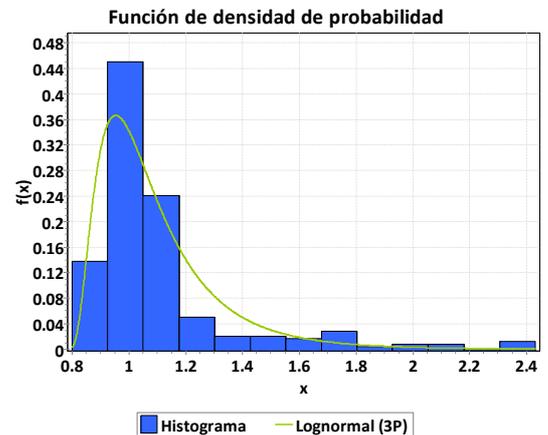


Tabla 25. Estadística descriptiva e histograma tiempo de servicio

En promedio el tiempo de servicio de un usuario en el casino 3M, comprendido desde el momento en que el usuario toma bandeja y cubiertos hasta que sale de la barra de alimentos calientes, es 1.1040 minutos, la desviación estándar es 0.2692 minutos y el coeficiente de variación es 24%; según esto la variable está bajo control al tratarse de un proceso no estandarizado que depende de las preferencias y del tiempo de repuesta del cliente. Al comparar la tasa de servicio $\mu = \frac{1}{1.1040} = 0.9058 \frac{\text{personas}}{\text{minuto}}$ con la tasa de llegada de los usuarios al servicio $\lambda = \frac{1}{0.3181} = 2.64 \frac{\text{personas}}{\text{minuto}}$, es evidente que la tasa de entrada es casi tres veces la tasa de servicio por lo que según la teoría de colas pareciese que la fila no alcanzará el estado estable y crecerá indefinidamente, sin embargo esto no es lo que ocurre en el sistema, ya que por motivos de simplificación del modelo de la cola la tasa de servicio μ medida en el experimento es la suma de tasas de atención μ_i de n servidores en serie, todas ellas menores a la tasa de llegada del sistema λ .

En el 50% de los casos el tiempo de servicio es menor a 1.03 minutos y solo en el 5% de las veces es mayor a 1.75 minutos. Los datos se cargan a la izquierda por lo tanto la variable es asimétrica positiva con un coeficiente de asimetría de 2.639.

Según lo observado durante el experimento pueden presentarse datos atípicos en el tiempo de servicio en los casos en los que: el servidor no está disponible porque está haciendo reposición de alimentos en las bandejas, los usuarios se arrepienten de alguna elección de alimentos y el servidor debe servir nuevamente y/o cuando el usuario tiene una elección mínima de alimentos. Estos casos especiales de la prestación del servicio serán tenidos en cuenta en el modelo de simulación como fallas aleatorias del servicio que generan datos atípicos de la variable tiempo de servicio.

Después de hacer una serie de gráficos p-p con diferentes distribuciones de probabilidad, el gráfico con mayor ajuste fue el de la distribución lognormal⁷⁸. Sin embargo como se observa en la primera imagen del gráfico p-p, los puntos no se ajustan a una línea recta por lo tanto la distribución lognormal de la variable es cuestionable descriptivamente. Para contrastar la posible distribución lognormal de la variable tiempo de servicio sugerida descriptivamente se corrieron las pruebas de Komolgorov-Smirnov y Chi-Cuadrado para verificar esta distribución obteniendo para ambas pruebas mínimos alfa menores al 5%; por consiguiente se rechaza la suposición que la variable tiempo de servicio sigue una distribución lognormal.

Adicionalmente se hicieron pruebas de Kolmogorov-Sminirnov y Chi-Cuadrado para las distribuciones Beta, Erlang, Exponencial, Gamma, Normal, Triangular y Weibull sin encontrar en ningún caso un mínimo alfa mayor al 5% en el que no se rechace la hipótesis nula.

Aunque según en el análisis estadístico el tiempo de servicio no se ajusta a ninguna distribución, descriptivamente la variable parece seguir una distribución normal que no es detectable estadísticamente debido a la presencia de datos atípicos durante el experimento, por consiguiente para efectos del modelo de simulación se eliminan los datos atípicos para determinar la distribución de probabilidad de la variable y se considera la ocurrencia de datos atípicos como posibles fallas del servicio.

⁷⁸ Ver **Anexo 7**. Gráfico p-p y pruebas de hipótesis distribución de probabilidad tiempo de servicio

3.1.6 TIEMPO DE ESPERA EN COLA

Estadísticas		
Tiempo real de espera en cola (minutos)		
N	Validos	240
	Valores perdidos	1
Media muestral		4.9985
Mediana		4.6700
Desviación estándar		2.89672
Coefficiente de asimetría		.448
Error estándar de Coeficiente de asimetría		.157
Percentiles	25	2.7300
	50	4.6700
	75	7.2150
	95	10.3285

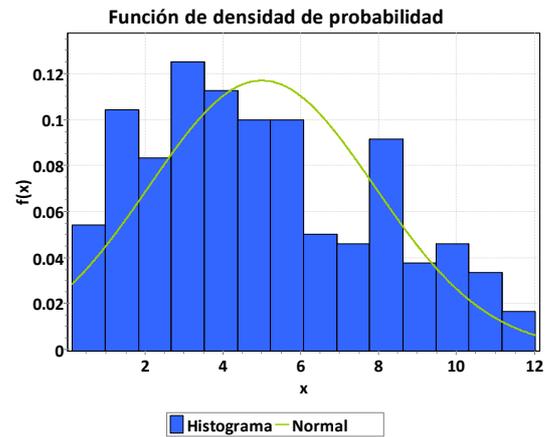


Tabla 26. Estadística descriptiva e histograma tiempo de espera en cola

El tiempo de espera real en cola tiene una media de 4.99 minutos y una desviación estándar de 2.89 minutos. El coeficiente de variación de esta variable es 57% > 33%; criterio por el que se puede decir que la variabilidad es alta y que por lo tanto la variable puede estar afectada por una serie de factores que causan tal variabilidad o puede estar fuera de control. Según el histograma, la variable es asimétrica positiva, la media es mayor a la mediana y el coeficiente de asimetría es 0.448 por lo que los datos tienden a cargarse hacia la izquierda de la gráfica.

De acuerdo a la teoría de colas, para una cola tipo $M/G/1$, como es el caso del sistema en estudio, la variable tiempo medio de espera en fila W_q está relacionada con la tasa de llegada de los usuarios al sistema λ y el número de personas en cola L_q de la forma $W_q = \frac{L_q}{\lambda}$. A su vez, el número de personas en cola L_q está definido por la expresión $L_q = \frac{\lambda^2 * \sigma^2 + (\frac{\lambda}{\mu})^2}{2 * (1 - \frac{\lambda}{\mu})}$, donde λ es igual a la tasa de llegadas, μ es igual a la tasa de servicio y σ es igual a la desviación de la variable tiempo de servicio⁷⁹.

⁷⁹ V.G. KULKARNI. Modeling, Analysis, Design, and control of Stochastic Systems, New Cork: Springer, 1999, Pág 252.

En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento de la variable, tiempo espera en cola a lo largo del experimento, en la que es evidente un pico en el sistema hacia las 12:30 PM.

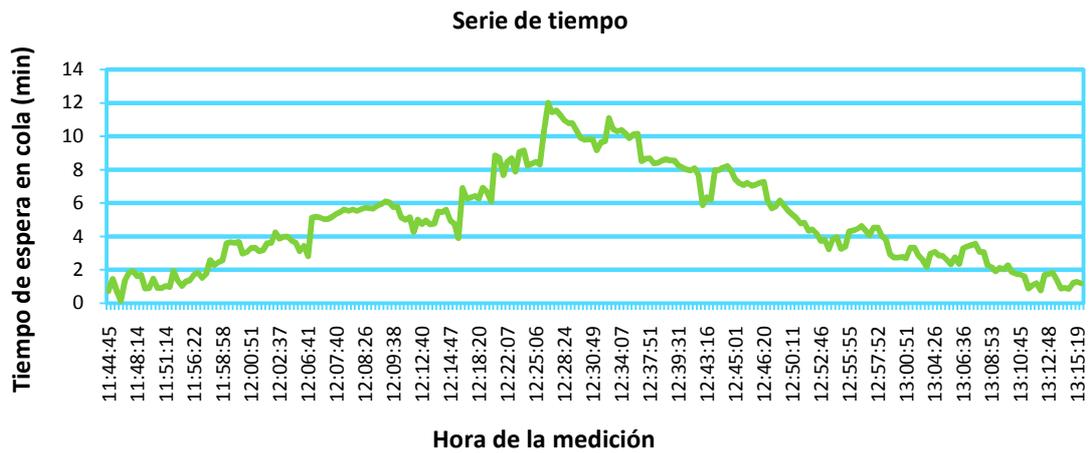


Figura 7. Serie de tiempo variable tiempo de espera en cola

La Figura 8 muestra el comportamiento de la variable tiempo real de espera en cola y tiempo esperado en la que no es evidente una relación entre las variables, pero si es posible observar dos picos en la variable tiempo esperado a través del tiempo; uno en las horas cercanas a las 12 del medio día y el otro alrededor de las 12:40 PM diferente a la variable tiempo real en cola en la que es observable un solo pico en la distribución de los datos hacia las 12:25 PM.

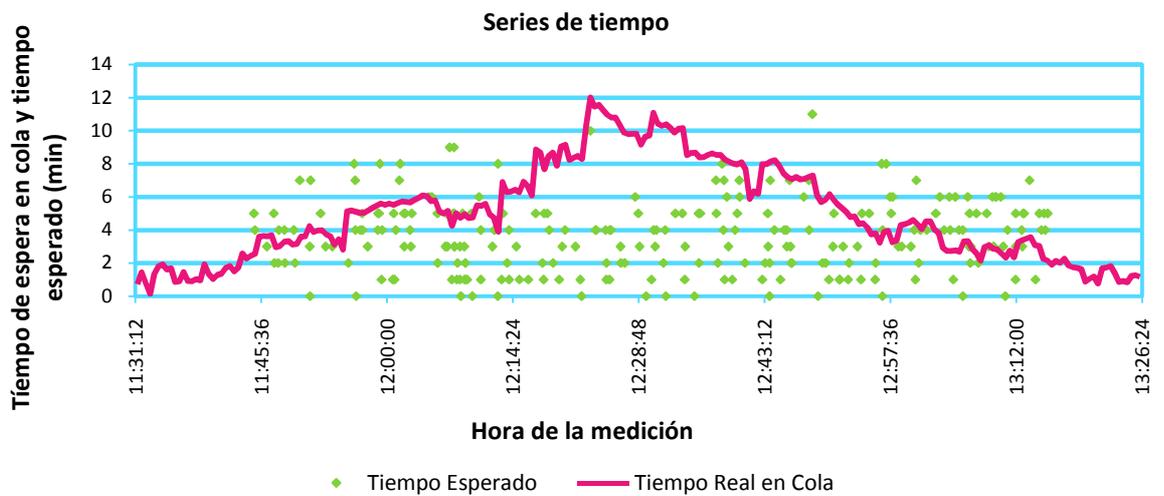


Figura 8. Series de tiempo variables tiempo real de espera en cola y tiempo esperado

A partir de la diferencia entre los datos entre las variables tiempo real y tiempo esperado a través del tiempo se plantea que la expectativa de un usuario no está condicionada necesariamente a la realidad y probablemente depende de factores subjetivos y de la experiencia del usuario con el servicio. Este fenómeno se ve con más detalle en el modelo de análisis de varianza ANOVA como tal, disponible en el numeral **3.4.1** de este documento.

3.1.7 NÚMERO DE PERSONAS EN COLA

Estadísticas		
Número de usuarios esperando en cola (usuarios)		
N	Validas	240
	Valores perdidos	0
Media muestral		13.08
Mediana		11.00
Moda		10
Desviación estándar		7.882
Coeficiente de asimetría		.259
Error estándar del coeficiente de asimetría		.157
Percentiles	25	7.00
	50	11.00
	75	20.00
	95	27.00

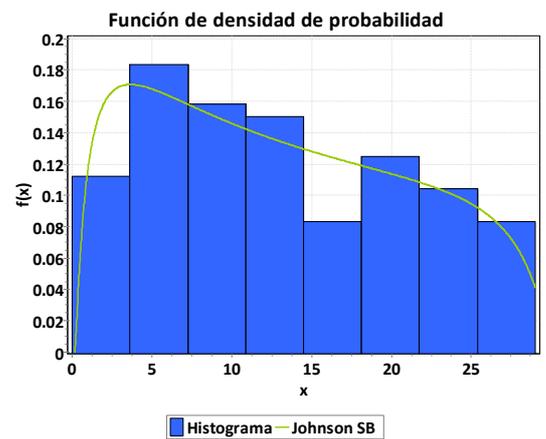


Tabla 27. Estadística descriptiva e histograma número de personas en cola

La variable número de personas en cola tiene media de 13,08 usuarios, desviación estándar de 3,623 y coeficiente de variación de 60.26%. La desviación del número de usuarios en cola con respecto a la media es alta y por consiguiente pueden existir una serie de variables relacionadas que están causando tal variabilidad o la variable puede estar fuera de control.

El 25% de las veces el número de usuarios en cola es menor a 7 personas, en el 50% de casos la cola es mayor a 11 personas y solo en el 5% de los casos la longitud de la cola es mayor a 27 usuarios. El número de usuarios en cola más frecuente en todos los casos analizados es 10 usuarios.

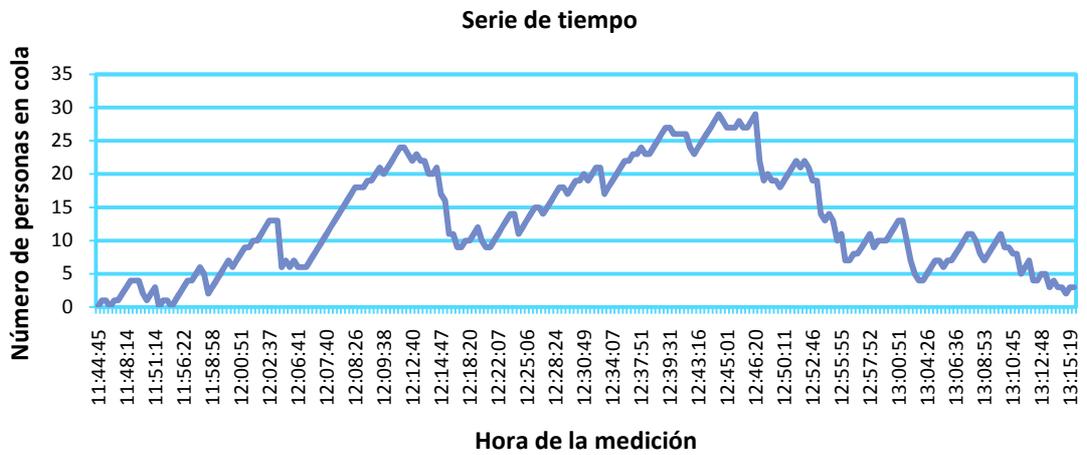


Figura 9. Serie de tiempo variable número de personas en cola

La gráfica anterior representa el número de personas en cola a través del tiempo y muestra como el sistema se va congestionando con picos a las 12:13 pm y las 12:45 pm.

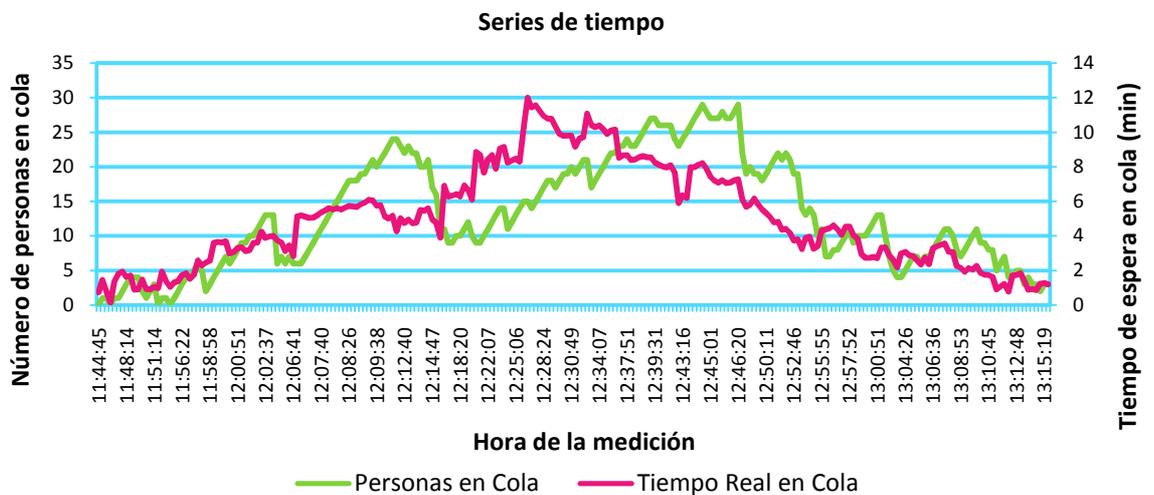


Figura 10. Series de tiempo tiempo real de espera en cola y número de personas en cola

El comportamiento de las variables tiempo de espera en cola y número de usuarios a través del tiempo, como es evidente en las gráficas, es bastante similar; ambas gráficas revelan un periodo de calentamiento del sistema y unas horas pico en las que el número de usuarios y el tiempo de espera toman valores altos.

Según la teoría de colas además de la relación de W_q , tiempo medio de espera en cola, con la tasa de llegadas y la tasa de servicio del sistema, existe también una relación de ésta variable con el número de usuarios en fila L_q , de la forma $L_q = \lambda * W_q$ ⁸⁰ conocida como la variación de la ley de Little, donde L_q es el número esperado de personas en cola, λ tasa de llegadas y W_q el tiempo medio de espera cola. Para la línea de espera del experimento se obtuvieron los siguientes parámetros: $\lambda = 2.6441$ *personas por minuto*⁸¹, $L_q = 13.08$ *usuarios* y $W_q = 5$ *minutos*. Si $L_q = \lambda * W_q$ entonces, $L_q = 5 * 2.6441 = 13.07$ *usuarios*. Es importante aclarar que esta ley es válida únicamente para valores esperados, es decir no relaciona casos puntuales, por lo que no necesariamente las distribuciones de las variables tiempo esperado en cola W_q y número de usuarios en fila L_q tienen que ser idénticas y estar estrictamente relacionadas.

3.2 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA MULTIVARIADA Y CORRELACIONES

Para determinar posibles asociaciones lineales entre variables se calculan correlaciones de Pearson entre las variables:

- Tiempo esperado-Número de usuarios en cola
- Tiempo percibido-Número de usuarios en cola
- Tiempo impaciencia-Numero de usuarios en cola
- Tiempo percibido-Tiempo de espera en cola
- Tiempo percibido-Tiempo esperado

En todos los casos la prueba de hipótesis a verificar está definida como:

$H_0 =$ *No hay correlación entre las variables o $r = 0$*

$H_1 =$ *Hay correlación entre las variables o $r \neq 0$*

⁸⁰ V.G. KULKARNI. Modeling, Analysis, Design, and control of Stochastic Systems, New Cork: Springer, 1999, Pág 252.

⁸¹ λ en este caso es considerada como la tasa de llegada efectiva puesto que la capacidad de la fila es infinita.

3.2.1 ANÁLISIS TIEMPO ESPERADO-NÚMERO DE PERSONAS EN COLA

En el gráfico de dispersión de las variables tiempo esperado y número de personas en cola⁸² no es evidente algún tipo de relación entre las variables tiempo esperado y número de personas en cola; el coeficiente de determinación es menor a 0.64 y por lo tanto no se considera una asociación fuerte entre las variables.

		Correlaciones	
		Tiempo que representa la expectativa del usuario (minutos)	Número de usuarios esperando en cola (usuarios)
Tiempo que representa la expectativa del usuario (minutos)	Correlación de Pearson	1	-.129*
	Sig. (2-tailed)		.046
	N	240	240
Número de usuarios esperando en cola (usuarios)	Correlación de Pearson	-.129*	1
	Sig. (2-tailed)	.046	
	N	240	240

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Tabla 28. Correlaciones de Pearson variables tiempo esperado y número de personas en cola

En la prueba F de las correlaciones de Pearson se obtuvo un mínimo alfa de 4.6% y por lo tanto se afirma que aunque el riesgo de equivocarse al rechazar H_0 es muy cercano al 5%, la asociación entre las variables alcanza a ser significativa, aún cuando en el gráfico de dispersión no es evidente la asociación.

Para efectos de ésta investigación si se consideró como estadísticamente válida la relación entre las variables tiempo esperado y número de personas en cola para modelar el tiempo de impaciencia en el modelo de simulación; sin embargo valdría la pena en este punto ampliar el estudio para poder determinar con mayor certeza la asociación entre las variables tiempo esperado y número de personas en cola.

⁸² Ver **Anexo 8.** Gráfico de dispersión tiempo esperado y número de personas en cola

La asociación entre las variables aunque débil pero significativa no responde a la forma como se diseñó el experimento en el que con la pregunta ¿Cuánto tiempo cree usted que debería esperar siempre en cola? utilizada para medir el tiempo esperado se pretendía bloquear las posibles relaciones entre el tiempo que el usuario tiene pensado esperar y el número de personas en cola, sugiriendo probablemente que el usuario hace una inspección rápida del número de personas en cola cuando accede al servicio o que de alguna forma el número de personas en cola en experiencias anteriores puede estar afectando su expectativa del tiempo de espera.

3.2.2 ANÁLISIS TIEMPO PERCIBIDO-NÚMERO DE PERSONAS EN COLA

Descriptivamente en un gráfico de dispersión⁸³ no es evidente la relación entre las variables tiempo percibido en cola y número de usuarios esperando en cola; y el coeficiente de determinación no demuestra una asociación evidente entre las variables.

		Correlaciones	
		Número de usuarios esperando en cola (usuarios)	Tiempo percibido en cola (minutos)
Número de usuarios esperando en cola (usuarios)	Correlación de Pearson	1	-.016
	Sig. (2 colas)		.803
	N	240	240
Tiempo percibido en cola (minutos)	Correlación de Pearson	-.016	1
	Sig. (2 colas)	.803	
	N	240	240

Tabla 29. Correlaciones de Pearson variables tiempo percibido en cola y número de usuarios esperando en cola

Según la prueba F, obtenido un mínimo alfa de 80.3% el riesgo de error al rechazar la hipótesis nula es muy alto y por lo tanto hay evidencia estadística para afirmar que las variables no están relacionadas; contrario al supuesto inicial que el tiempo de espera percibido en cola está relacionado con el tiempo real de espera en cola y por consiguiente con el número de usuarios en cola.

⁸³ Ver **Anexo 9.** Gráfico de dispersión tiempo percibido y número de personas en cola

Con las correlaciones de Pearson, se verifican los resultados del gráfico de dispersión en el que no es evidente una relación fuerte entre las variables y queda validado matemáticamente que el tiempo percibido no necesariamente es un reflejo del tiempo real para esta investigación tal como lo plantean diversas investigaciones en psicología sobre la percepción temporal del ser humano.

3.2.3 ANÁLISIS TIEMPO DE IMPACIENCIA-NÚMERO DE PERSONAS EN COLA

El gráfico de dispersión de las variables tiempo de impaciencia y número de usuarios esperando en cola no es claro y en él no es tan evidente la relación entre las variables, el coeficiente de determinación es muy bajo y menor a 0.64⁸⁴.

Correlaciones			
		Número de usuarios esperando en cola (usuarios)	Tiempo de impaciencia (tiempo percibido-tiempo esperado)
Número de usuarios esperando en cola (usuarios)	Correlación de Pearson	1	.200**
	Sig. (2 colas)		.002
	N	240	240
Tiempo de impaciencia (tiempo percibido-tiempo esperado)	Correlación de Pearson	.200**	1
	Sig. (2 colas)	.002	
	N	240	240

** . La correlación es significativa en un nivel de 0.01 (2 colas).

Tabla 30. Correlaciones de Pearson variables tiempo de impaciencia y número de usuarios esperando en cola

En la matriz de correlaciones de Pearson, como se obtuvo un mínimo alfa de 0.2% menor al 5%; hay evidencia estadística para afirmar que existe relación entre las variables número de personas en cola y tiempo de impaciencia.

Anteriormente se probó que la relación entre el tiempo esperado y el número de usuarios esperando en cola era significativa⁸⁵; por consiguiente como el tiempo de impaciencia está definido en términos de la diferencia entre tiempo percibido y tiempo esperado, como se

⁸⁴ Ver **Anexo 10**. Gráfico de dispersión tiempo de impaciencia y número de usuarios esperando en cola

⁸⁵ Ver **Tabla 28**. Correlaciones de Pearson variables tiempo esperado y número de personas en cola

esperaba la relación entre la variable tiempo de impaciencia y número de personas en cola también es significativa.

En el gráfico de dispersión tiempo de impaciencia y número de usuarios esperando en cola se muestran mediciones de tiempo de impaciencia cuando no hay personas en cola porque aún cuando el usuario tiene vía libre para entrar al área de servicio; antes de llegar al sistema ya tiene pensado cuanto tiempo debería esperar antes de ser atendido por consiguiente el tiempo esperado suele ser diferente de 0 aun cuando no exista línea de espera.

Se presume que el hecho que no haya usuarios en fila hace que el tiempo percibido sea menor al tiempo esperado y por lo tanto que el tiempo de impaciencia sea negativo que supondría un usuario satisfecho. Sin embargo, aun cuando no habían usuarios en cola se le preguntó a la unidad experimental cuanto tiempo había transcurrido desde el momento en que entro a la cola, encontrando que a pesar que el usuario iba a ser atendido casi inmediatamente existía una concepción de tiempo de espera transcurrido en el trayecto comprendido desde que el usuario entra al sistema hasta que empieza a ser atendido.

El experimento se diseñó aceptando como verdadera la suposición encontrada en investigaciones anteriores en las que se afirma que la percepción del tiempo del individuo difiere del tiempo real⁸⁶, por consiguiente aún cuando el tiempo real de espera en cola fue 0 se aplicó el tratamiento esperando encontrar un tiempo percibido de espera en cola, diferente al tiempo real nulo, que pudiera ser afectado al aplicar algún tratamiento planteado en el experimento.

3.2.4 ANÁLISIS TIEMPO DE ESPERA EN COLA-TIEMPO PERCIBIDO EN COLA

Según el gráfico de dispersión⁸⁷ no es evidente algún tipo de relación entre las variables tiempo percibido y tiempo real de espera en cola; el coeficiente de determinación es insignificante y por lo tanto descriptivamente no se considera una asociación fuerte entre las variables.

⁸⁶ FERNANDEZ GUARDIOLA, Augusto. Neurobiología de la percepción del tiempo. <<http://www.ejournal.unam.mx/cns/no17/CNS01708.pdf>> [Citado en febrero de 2009]

⁸⁷ Ver **Anexo 11**. Gráfico de dispersión tiempo de espera en cola y tiempo percibido en cola

Correlaciones

		Tiempo de espera en cola (minutos)	Tiempo percibido en cola (minutos)
Tiempo de espera en cola (minutos)	Correlación de Pearson	1	.008
	Sig. (2 colas)		.904
	N	240	240
Tiempo percibido en cola (minutos)	Correlación de Pearson	.008	1
	Sig. (2 colas)	.904	
	N	240	240

Tabla 31. Correlaciones de Pearson variables tiempo de espera en cola y tiempo percibido en cola

En la prueba F de las correlaciones de Pearson se obtuvo un mínimo alfa de 90.4% que representa un error probable muy alto al rechazar H_0 , mostrando así que hay evidencia estadística para afirmar que la relación entre el tiempo real de espera en cola y el tiempo percibido no es significativa y que por lo tanto son estadísticamente válidos los planteamientos de las investigaciones psicológicas que la percepción temporal es exclusiva para cada ser humano y no está asociada necesariamente al tiempo real⁸⁸.

3.2.5 ANÁLISIS TIEMPO ESPERADO-TIEMPO PERCIBIDO EN COLA

Correlaciones

		Tiempo percibido en cola (minutos)	Tiempo que representa la expectativa del usuario (minutos)
Tiempo percibido en cola (minutos)	Correlación de Pearson	1	.824**
	Sig. (2 colas)		.000
	N	240	240
Tiempo que representa la expectativa del usuario (minutos)	Correlación de Pearson	.824**	1
	Sig. (2 colas)	.000	
	N	240	240

** . La correlación es significativa en un nivel de 0.01 (2 colas).

Tabla 32. Correlaciones de Pearson variables tiempo esperado y tiempo percibido en cola

⁸⁸ AXTLE ORTIZ, Miguel Ángel. La Percepción del Tiempo [En línea] <<http://www.uas.mx/negocios/Doctorado/DoctosAlumnos/La%20percepción%20del%20tiempo.pdf>>

El gráfico de dispersión⁸⁹ es bastante claro en cuanto a una clara asociación lineal entre las variables, el coeficiente de determinación es alto y mayor a 0.64. En la prueba F, se obtuvo un mínimo alfa muy cercano a 0, por lo tanto hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula y afirmar que si hay relación entre las variables.

Al aceptar la correlación entre las variables tiempo esperado y tiempo percibido, la suposición inicial que el tiempo que tiene pensado esperar un usuario en cola es independiente del tiempo percibido queda rechazada. Siendo así la variable de interés en este estudio: tiempo de impaciencia, tiene un comportamiento de tipo pareado. Este fenómeno se justifica en el hecho que las medidas del tiempo esperado y tiempo percibido son generadas por la misma unidad experimental, tal que en ambas medidas está presente un factor subjetivo que hace que entre las variables tiempo esperado y tiempo percibido exista una correlación.

Con base en el análisis estadístico hecho hasta este punto se plantea que el tiempo percibido no se ve afectado por el número de personas en cola, sugiriendo así que los tratamientos si causaron algún tipo de efecto en la percepción del tiempo de espera en cola y por consiguiente también lograron alterar el tiempo de impaciencia del usuario. Por otro lado la no relación entre el tiempo real y el tiempo que un usuario tiene pensado esperar en cola sugiere que la percepción del usuario depende más de la expectativa y de los distractores durante la espera que de la realidad, al menos para el experimento en cuestión.

3.3 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA EXPERIMENTO

El valor agregado de este estudio es el planteamiento del tiempo de impaciencia como indicador de la satisfacción del cliente, tal que el evento que un usuario quede insatisfecho ocurre cuando el tiempo de impaciencia es positivo o el tiempo percibido en cola supera el tiempo que tiene pensado esperar en fila antes de ser atendido.

⁸⁹ Ver **Anexo 12**. Gráfico de dispersión tiempo esperado y tiempo percibido en cola

El objetivo de aplicar varios tratamientos a las unidades experimentales fue alterar el tiempo percibido en cola y en consecuencia el tiempo de impaciencia; para determinar acciones a implementar, particularmente en empresas de servicios, que sin mayor costo reduzcan el número de usuarios insatisfechos.

En el siguiente gráfico se muestra descriptivamente el comportamiento de la variable tiempo de impaciencia frente a los diferentes tratamientos, en donde se pueden observar a simple vista probables comportamientos diferentes de la variable que serán probados estadísticamente en el análisis de varianzas ANOVA.

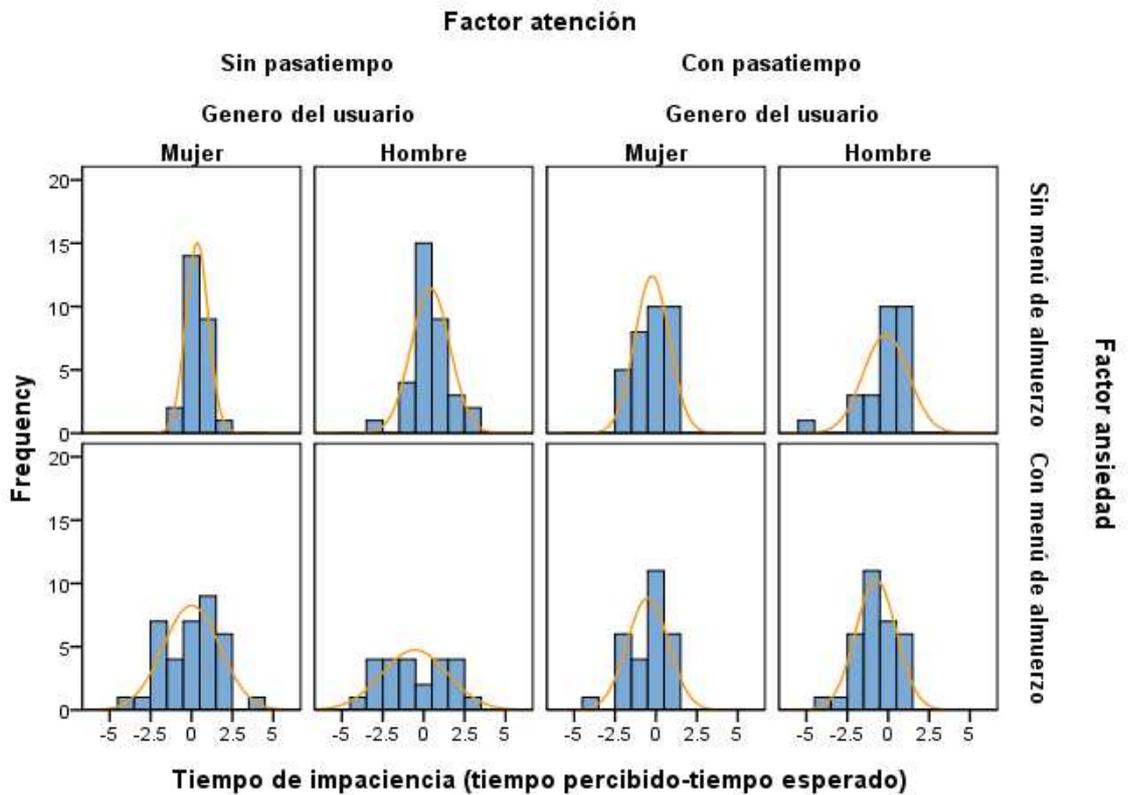


Figura 11. Histogramas del tiempo de impaciencia en cada tratamiento

Lo que se espera es que si el nivel de factor o la interacción de los niveles de los factores tienen efecto positivo en el tiempo percibido (reducción del tiempo percibido) el tiempo de impaciencia tienda a tomar valores negativos o al menos pequeños que representen usuarios satisfechos con

el servicio. La estadística descriptiva del experimento, la media, la desviación estándar y el número de replicas para cada tratamiento se muestran en el **Anexo 13**. Estadística descriptiva.

3.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

3.4.1 ANOVA

El análisis de varianza sirve para comparar si los valores de un conjunto de datos numéricos son significativamente distintos a los valores de otro o más conjuntos de datos. La variación total de cada punto i asignado a determinado tratamiento j , será la suma de dos componentes: por un lado, el efecto que el nivel del tratamiento ejerce sobre la variable (el cual genera una diferencia de la media del tratamiento frente a la media general), y por otro lado el efecto de la aleatoriedad y el error experimental sobre la variable. Como consecuencia, el Modelo del supuesto para explicar los resultados muestrales es $Y_{ij} = \mu + (\mu_j - \mu) + \varepsilon_{ij}$, donde μ_j representa la media poblacional del fenómeno aleatorio bajo los efectos del tratamiento, μ representa la media poblacional del fenómeno aleatorio en general y ε_{ij} representa la variable aleatoria debida al efecto del azar y del error experimental⁹⁰.

3.4.1.1 Prueba de de supuestos

3.4.1.1.1 Normalidad de residuales

La primera suposición a verificar es la normalidad de los residuales o errores aleatorios. Se usó la prueba Kolmogorov-Smirnov⁹¹ para determinar la distribución de los errores en las que el mínimo alfa obtenido fue de 57%, por lo tanto se concluye que hay evidencia estadística para decir que los residuales siguen una distribución normal, quedando validado así el primer supuesto del Modelo de análisis de varianzas ANOVA.

⁹⁰ ALVARADO, Jorge; OBAGI, Juan José. Inferencia Estadística. Primera Edición. Bogotá D.C.: Editorial Pontificia Universidad Javeriana, 2008. P. 319 y 326

⁹¹ Ver **Anexo 14**. para consultar los cálculos estadísticos de la prueba Kolmogorov-Smirnov

3.4.1.1.2 Homogeneidad de varianzas

Prueba de Levene de igualdad de varianzas^a

Variable Dependiente:Tiempo de impaciencia (tiempo percibido-tiempo esperado)

F	df1	df2	Sig.
5.477	7	232	.000

- a. Diseño: Intercepto + u_encola + genero + ansiedad + atencion + genero * ansiedad + genero * atencion + ansiedad * atencion + genero * ansiedad * atencion

Tabla 33. Prueba de homogeneidad de varianzas del análisis de varianzas ANOVA

La segunda suposición a comprobar es la homogeneidad de los errores aleatorios. Se usó la prueba de Levene para verificar la homogeneidad de varianzas:

$H_0 =$ Las varianzas son homogéneas

$H_1 =$ Las varianzas no son homogéneas

De acuerdo a la prueba de Levene, en la que se obtuvo un mínimo alfa <5% no se puede suponer que las varianzas son homogéneas, sin embargo si se sabe que los tamaños de muestra por tratamiento son parecidos, como es el caso de este experimento en el que el número de réplicas por tratamiento es en casi todos los casos de 30, la prueba ANOVA es robusta a la suposición de igualdad de varianzas, por lo tanto el modelo es válido⁹².

Como la suposición de igualdad de varianzas fue rechazada por la prueba de Levene se consideró pertinente identificar las posibles causas de la no homogeneidad de varianzas, a partir del análisis de los residuales de una regresión entre las variables tiempo de impaciencia y número de usuarios en cola, variables cuya correlación fue significativa, de acuerdo a los resultados de la **Tabla 30**.

⁹² ALVARADO, Jorge; OBAGI, Juan José. Inferencia Estadística. Primera Edición. Bogotá D.C.: Editorial Pontificia Universidad Javeriana, 2008. P. 326

3.4.1.1.2.1 Causas de la no homogeneidad de varianzas

Antes de aceptar el modelo de regresión entre las variables tiempo de impaciencia y número de personas en cola es necesario verificar las suposiciones de no correlación y de distribución normal con media 0 y varianza común y finita de los residuales que validan la regresión.

Resumen del Modelo^b

Modelo	R	R Cuadrado	R Cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	.200 ^a	.040	.036	1.379	1.586

a. Predictores: (Constante), Numero de usuarios esperando en cola (minutos)

b. Variable Dependiente: Tiempo de impaciencia (tiempo percibido-tiempo esperado)

Tabla 34. Estadística Durbin-Watson regresión lineal tiempo de impaciencia y número de personas en cola

La primera suposición a probar es que los errores no están correlacionados, es decir es necesario asegurarse que los errores no están asociados entre sí y que no es posible predecir un error a partir de otro.

La prueba de hipótesis se define a continuación y la estadística usada para probar esta hipótesis se conoce como la estadística de Durbin Watson:

$$H_0 = \rho = 0 \text{ o los residuos no están correlacionados}$$

$$H_1 = \rho > 0 \text{ o los residuos están correlacionados}$$

Con un valor Durbin Watson⁹³ de 1.586, contenido en el intervalo [1.4; 2.4], no se rechaza la hipótesis nula, por consiguiente se asume que los errores no están autocorrelacionados. Adicionalmente, los residuos contienen información sobre la suposición de homoscedasticidad o varianza constante que valida el modelo de regresión lineal, por lo tanto se hizo la grafica de las predicciones estandarizadas contra los residuos estandarizados⁹⁴ sin obtener tendencias en u, cónicas, ascendentes ni descendentes; como los datos parecen comportarse aleatoriamente y se puede afirmar que la varianza es constante y que la relación entre las variables es lineal.

⁹³ Ver **Tabla 34.** Estadística Durbin-Watson regresión lineal tiempo de impaciencia y número de personas en cola

⁹⁴ Ver **Anexo 15.** Gráfico ZPRED-ZRESID

La siguiente suposición a probar es que los residuos se distribuyen normales con media 0 y desviación estándar finita y constante. Se usó la prueba de Kolmogorov⁹⁵ para verificar la distribución de probabilidad de los residuales del modelo de la regresión, obteniendo un mínimo alfa de 8.5%, que aunque muy cercano al 5%, límite en el que se rechazaría la hipótesis nula de distribución normal de los residuos, alcanza a verificarse estadísticamente la normalidad de los errores para la regresión, quedando así comprobados los supuestos que validan el modelo.

Se muestra a continuación el análisis estadístico del modelo de regresión con sus correspondientes pruebas de hipótesis:

Resumen del Modelo^b

Modelo	R	R Cuadrado	R Cuadrado ajustado	Error típ. de la estimación	Durbin-Watson
1	.200 ^a	.040	.036	1.379	1.586

a. Variables Predictoras: (Constante), Numero de usuarios esperando en cola (minutos)

b. Variable Dependiente: Tiempo de impaciencia (tiempo percibido-tiempo esperado)

Tabla 35. Coeficientes de correlación y determinación regresión lineal

El coeficiente de determinación del modelo es 0.04, por lo tanto según este criterio no se puede afirmar que hay una asociación lineal fuerte entre las variables.

ANOVA^b

Modelo		Suma de Cuadrados	Df	Suma de cuadrados medios	F	Sig.
1	Regresión	18.877	1	18.877	9.929	.002 ^a
	Residual	452.457	238	1.901		
	Total	471.333	239			

a. Predictores: (Constante), Numero de usuarios esperando en cola (minutos)

b. Variable Dependiente: Tiempo de impaciencia (tiempo percibido-tiempo esperado)

Tabla 36. Análisis de varianza ANOVA regresión lineal

En el análisis de varianza de la regresión se contrastan las siguientes hipótesis:

⁹⁵ Ver **Anexo 16.** para el detalle los cálculos estadísticos de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para los residuales de la regresión.

$$H_0 = \frac{CMR}{CME} = 1$$

$$H_1 = \frac{CMR}{CME} > 1$$

Como el mínimo alfa es menor a al 5%, se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto estadísticamente se puede afirmar que el error de la estimación es bajo y que la variación se debe en gran parte al modelo como tal de regresión.

Coeficientes ^a						
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.	
	B	Error estándar	Beta			
1	(Constante)	-.584	.160		-3.660	.000
	Numero de usuarios esperando en cola (minutos)	.078	.025	.200	3.151	.002

a. Variable Dependiente: Tiempo de impaciencia (tiempo percibido-tiempo esperado)

Tabla 37. Coeficientes regresión lineal

Otra manera de verificar la asociación lineal, es por medio de la prueba de hipótesis para el coeficiente β_1 :

$$H_0 = \beta_1 = 0$$

$$H_1 = \beta_1 > 0$$

Se asume que la asociación entre las variables es positiva razón por la que se plantea la hipótesis alternativa con el signo >. Al ejecutar la prueba se obtuvo un mínimo alfa de 0.2% y por consiguiente hay evidencia estadística para decir que la pendiente de la recta es mayor a 0 y que hay asociación entre las variables.

Evaluados los tres criterios anteriores se concluye que es estadísticamente válida la relación lineal entre las variables tiempo de impaciencia y número de personas en cola. Validado el modelo de regresión se analizaron los residuales, producto de la regresión entre el tiempo de impaciencia y

el número de usuarios en cola, para identificar las variaciones que causan la no homogeneidad de varianzas en el modelo principal de éste estudio, el ANOVA multifactorial.

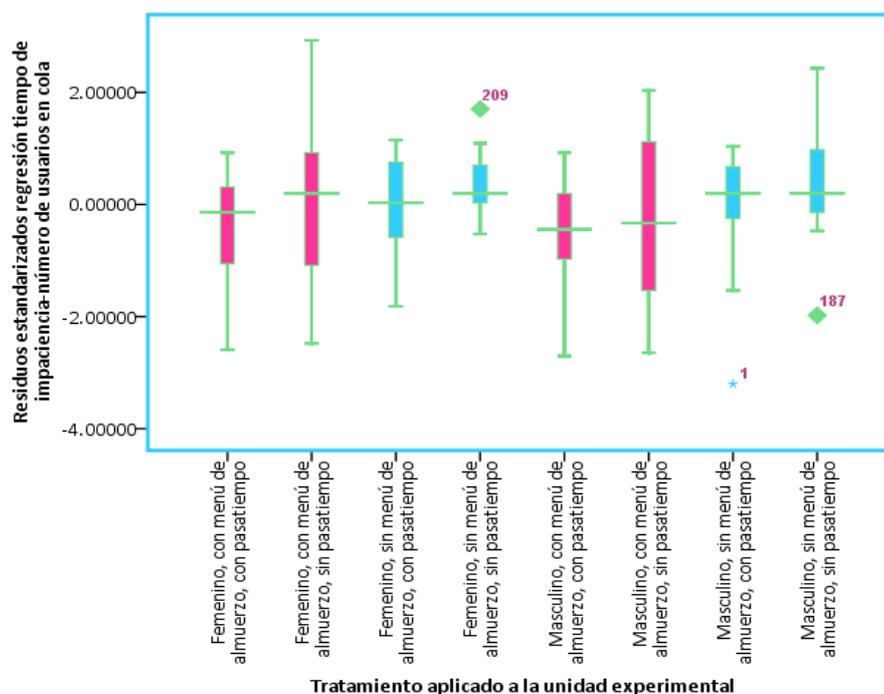


Figura 12. Diagrama de caja y bigotes residuales de la regresión lineal

El gráfico de caja y bigotes refleja alta variabilidad de los tratamientos; algunos de los tratamientos se muestran bastante dispersos a juzgar por el tamaño del bigote, las medianas parecen variar significativamente entre tratamientos y la asimetría de los datos es diferente para cada tratamiento.

Descriptivamente se podrían identificar 4 tratamientos críticos, resaltados en el gráfico con un color oscuro, que pueden ser los causantes de la no homogeneidad de varianzas en el ANOVA.

- **Tratamiento crítico 1:** Femenino, con menú de almuerzo, con pasatiempo
- **Tratamiento crítico 2:** Femenino, con menú de almuerzo, sin pasatiempo
- **Tratamiento crítico 3:** Masculino, con menú de almuerzo, con pasatiempo
- **Tratamiento crítico 4:** Masculino, con menú de almuerzo, sin pasatiempo

Además de identificar los tratamientos críticos en cuanto a variabilidad, se hizo un análisis detallado del diagrama de caja y bigotes⁹⁶ a partir del cual se plantea que como el nivel con menú de almuerzo del factor genera grandes variaciones, el efecto del nivel con menú de almuerzo del factor ansiedad no es el mismo para todas las personas.

3.4.1.2 Análisis del Modelo de ANOVA

Factores entre sujetos			
		Etiqueta	N
Genero del usuario	0	Mujer	123
	1	Hombre	117
Factor ansiedad	0	Sin menú de almuerzo	120
	1	Con menú de almuerzo	120
Factor atención	0	Sin pasatiempo	120
	1	Con pasatiempo	120

Pruebas de efectos entre sujetos

Variable Dependiente:Tiempo de impaciencia (tiempo percibido-tiempo esperado)

Fuente	Tipo III Suma de Cuadrados	Df	Suma de cuadrados medios	F	Sig.
Corrected Modelo	54.937 ^a	8	6.867	3.810	.000
Intercept	25.607	1	25.607	14.206	.000
u_encola	18.150	1	18.150	10.069	.002
Genero	.902	1	.902	.501	.480
Ansiedad	18.443	1	18.443	10.231	.002
Atención	13.575	1	13.575	7.531	.007
genero * ansiedad	1.701	1	1.701	.944	.332
genero * atención	.217	1	.217	.121	.729
ansiedad * atención	.138	1	.138	.077	.782
genero * ansiedad * atención	.170	1	.170	.094	.759
Error	416.396	231	1.803		
Total	478.000	240			
Total Corregido	471.333	239			

Tabla 38. Análisis de varianzas ANOVA diseño factorial completo

⁹⁶ Ver **Anexo 17**. Análisis diagrama de caja y bigotes de los residuales de la regresión lineal entre el tiempo de impaciencia y el número de personas en cola

La prueba de hipótesis implícita del modelo general es:

$H_0 =$ *No hay ningún factor que tiene efecto sobre la variable dependiente*

$H_1 =$ *Hay algún factor que tiene efecto sobre la variable dependiente*

Con un min alfa menor al 5%, el riesgo de equivocarse al rechazar la hipótesis nula es muy pequeño por lo tanto hay evidencia estadística para decir que al menos un factor contemplado en el experimento influye en la variable tiempo de impaciencia.

La tabla **Tabla 38**. muestra el resultado para cada factor de la prueba de hipótesis:

$H_0 =$ *El factor o combinación de factores no afectan la variable independiente*

$H_1 =$ *El factor o combinación de factores afectan la variable independiente*

Los resultados de la prueba de hipótesis anterior indican que los factores ansiedad y atención individualmente producen resultados significativamente distintos en el tiempo de impaciencia, pero que la interacción entre los factores no es significativa. La variable que se incluyó en el modelo como covariada arrojó un mínimo alfa de 0.2%, por lo tanto como se esperaba y se comprobó anteriormente en la regresión lineal, la variable número de usuarios en cola tiene impacto en el tiempo de impaciencia validando así la correlación encontrada entre el número de personas en cola y el tiempo esperado.

Para reemplazar las comparaciones múltiples de Scheffe o Tamhane, posibles cuando el factor tiene más de 2 niveles se hicieron pruebas de hipótesis de diferencia de medias tomando como referencia una nueva variable llamada tiempo de impaciencia ajustado que se calcula con base en la relación encontrada con la variable número de personas en cola y se define de la siguiente forma:

$$\text{tiempo de impaciencia ajustado} = \frac{\text{tiempo de impaciencia}}{\text{número de personas en cola} + 1}$$

(3.1)

Se añade en el denominador el número 1, que de algún modo representa a la persona que está actualmente en servicio en el primer servidor, para evitar divisiones indefinidas cuando el número de personas en cola es 0.

Calculada la nueva variable para determinar el tipo de prueba de hipótesis de diferencia de medias a utilizar, se corrió la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar si la nueva variable se distribuía normal obteniendo un mínimo alfa menor al 5%⁹⁷. Rechazada la suposición de normalidad de la variable, se eligió la prueba de rangos y signos de Wilcoxon para correr las pruebas de diferencia de medias entre los niveles de los factores, debido a que se desconoce del algún modo la naturaleza de la variable de origen, en éste caso el tiempo de impaciencia que al parecer es afectado por múltiples factores, tal como se plantea en el Capítulo 1 de éste documento.

3.4.1.2.1 Diferencia de medias para el factor género

Según la prueba Wilcoxon W ⁹⁸ el riesgo de equivocarse al rechazar la hipótesis nula en la que se afirma que no hay diferencia en el tiempo de impaciencia entre hombres y mujeres es 49.6%; como el riesgo de equivocarse es alto, no se rechaza la hipótesis nula. Contrario a las investigaciones encontradas en la que se afirma que el tiempo percibido por las mujeres tiende a ser mayor al tiempo percibido por los hombres⁹⁹.

El gráfico de caja y bigotes **Figura 13**, muestra que la mediana entre los niveles de los factores es similar y que la variabilidad en el nivel Hombre es levemente menor que en el nivel mujer. Para el nivel mujer, la distancia entre el cuartil 1 y la media es similar a la distancia entre la mediana y el cuartil 3; y según el tamaño de los bigotes para este nivel no es posible identificar la asimetría de

⁹⁷ Ver **Anexo 18**. Prueba de normalidad tiempo de impaciencia ajustado, para consultar los detalles de la prueba estadística

⁹⁸ Ver **Anexo 19**. Prueba de diferencia de medias Wilcoxon factor género, para consultar los detalles de la prueba de Wilcoxon W .

⁹⁹ EISLER, Anna. La percepción del tiempo no es igual para todos. [En línea]< <http://www.santafeconicet.gov.ar/servicios/comunica/tiempo.htm>> [Citado en febrero de 2009]

los datos. Para el nivel hombre el bigote superior es más corto que el bigote inferior por lo que la asimetría de los datos parece negativa¹⁰⁰.

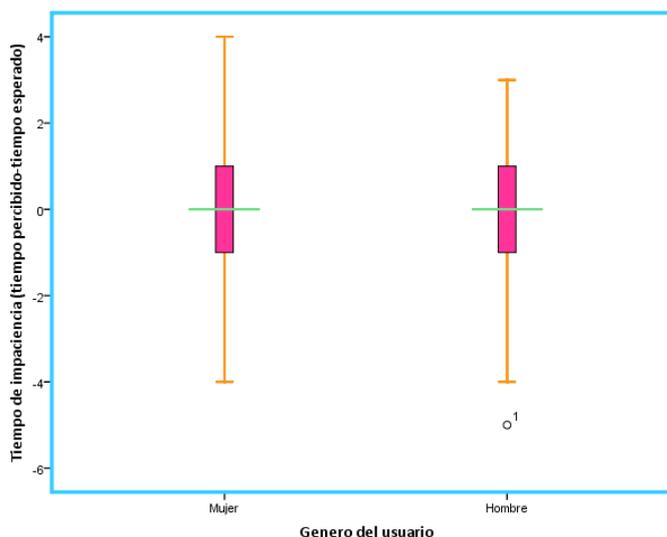


Figura 13. Diagrama de caja y bigotes factor género

3.4.1.2.2 Diferencia de medias para el factor ansiedad

El riesgo de equivocarse al afirmar que la presencia de un estímulo que altere la atención afecta el tiempo de impaciencia, según la prueba de hipótesis de Wilcoxon W^{101} es 0.3% por lo tanto, hay evidencia estadística para suponer que el hecho que un usuario esté mas o menos ansioso durante la espera en cola altera en algún sentido el tiempo de impaciencia que depende del tiempo percibido y el tiempo esperado.

El gráfico de caja y bigotes **Figura 14**, expone claramente que los datos del nivel sin menú de almuerzo tienen menor variabilidad que el nivel con menú de almuerzo, esto puede significar que el efecto de recibir el menú de almuerzo, que según Maister¹⁰² reduce la ansiedad de el usuario en el servicio, es visible solo en algunas personas y a otras simplemente no las afecta, generando una

¹⁰⁰ Ver **Anexo 22**. para consultar la estadística descriptiva de la diferencia de medias del factor género.

¹⁰¹ Ver **Anexo 20**. Prueba de diferencia de medias Wilcoxon factor ansiedad para consultar el detalle de la prueba estadística

¹⁰² MAISTER, David. The Psychology of Waiting Lines. [En línea] <<http://davidmaister.com/articles/5/52/>> [Citado en febrero de 2009]

mayor variabilidad. Para el nivel sin menú de almuerzo, la mediana parece ser igual al cuartil 1 y los datos tienden a estar concentrados entre la mediana y el cuartil 4, el tamaño de los bigotes es bastante similar para el nivel y hay presencia de algunos datos atípicos.

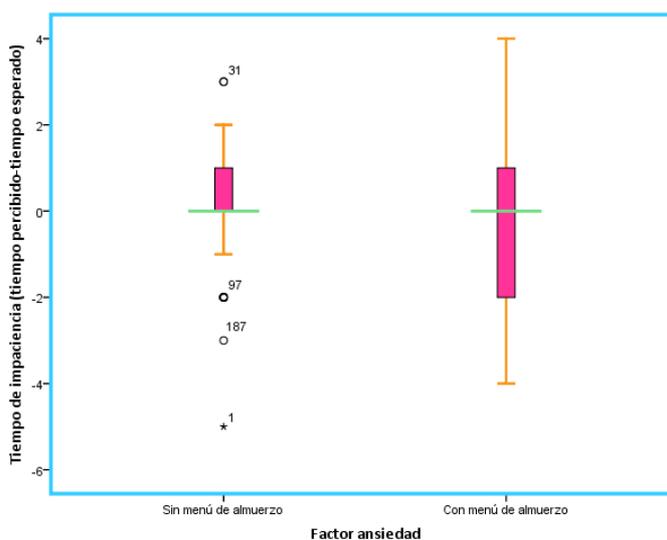


Figura 14. Diagrama de caja y bigotes factor ansiedad

Para el nivel con menú de almuerzo la dispersión es bastante grande, la distancia entre el cuartil 1 y la mediana es mayor a la distancia entre la mediana y el cuartil 3 por lo que los datos están más concentrados hacia valores altos de tiempo de impaciencia. El bigote superior es levemente mas grande que el inferior lo que hace suponer una mayor dispersión entre el cuartil 3 y el caso con valor máximo que entre el cuartil 1 y el valor mínimo del nivel¹⁰³.

3.4.1.2.3 Diferencia de medias para el factor atención

Con un mínimo alfa de 0.9% obtenido en la prueba de Wilcoxon W^{104} , se asume que la probabilidad de error al rechazar la hipótesis nula es muy pequeña y por lo tanto hay evidencia estadística para afirmar que si existe diferencia entre los niveles del factor atención es decir

¹⁰³ Ver **Anexo 23** para consultar mayor información sobre la estadística descriptiva de la diferencia de medias del factor ansiedad

¹⁰⁴ Ver **Anexo 21** para consultar los cálculos estadísticos de la prueba de Wilcoxon W para el factor atención

estadísticamente es cierto que el hecho que un usuario desvíe su foco de atención del paso del tiempo tiene impacto en el tiempo de impaciencia.

El gráfico de caja y bigotes **Figura 15** para el nivel sin pasatiempo, muestra alta variabilidad entre los datos y no es evidente la asimetría del nivel.

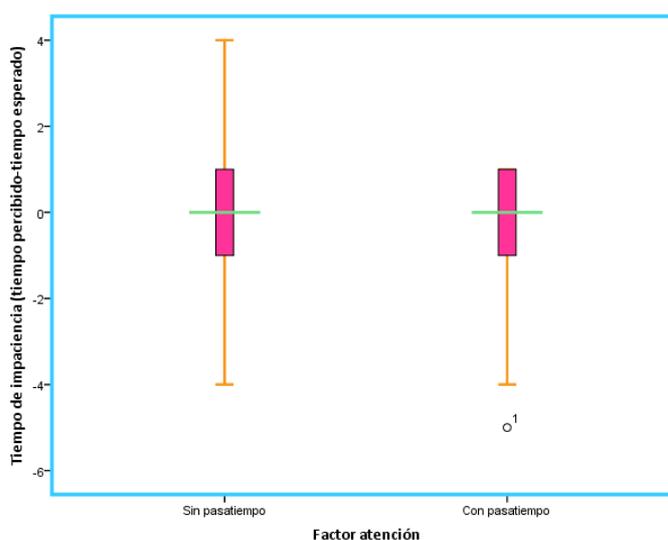


Figura 15. Diagrama de caja y bigotes factor atención

Para el nivel con pasatiempo, los datos están concentrados entre el cuartil 1 y el cuartil 3, el bigote superior es casi imperceptible y en general el tiempo de impaciencia tiende a tomar valores negativos. La distribución de los datos parece indicar que el hecho de entregar un pasatiempo al usuario reduce el tiempo percibido haciendo que el tiempo de impaciencia tienda a tomar valores negativos.

La asimetría negativa de las unidades experimentales que recibieron pasatiempo puede interpretarse como si este nivel impidiese que el tiempo percibido sea mayor que el tiempo esperado.¹⁰⁵

¹⁰⁵ Ver **Anexo 24** para consultar mayor información sobre la estadística descriptiva de la diferencia de medias del factor atención.

3.5 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS EXPERIMENTAL

Bajo las condiciones del estudio, inicialmente al no encontrar una distribución de probabilidad para la variables tiempo percibido se planteó que la variable se veía afectadas por los tratamientos aplicados en el experimento. Adicionalmente se planteó que la alta variabilidad en el tiempo de impaciencia es causada por el tipo de tratamiento aplicado y posiblemente al efecto de una serie de factores que aunque no fueron considerados en el experimento si fueron planteados en el capítulo 1 con sus posibles efectos.

Contrario a lo que se pensaba inicialmente, el tiempo que el usuario tiene pensado esperar en cola si está relacionado con el tiempo percibido debido a que ambos tiempos dependen de la concepción subjetiva temporal del individuo y por ende la variable de interés en éste estudio, tiempo de impaciencia, es de naturaleza pareada.

La asociación entre el tiempo esperado y el número de personas en cola sugiere que el tamaño de la cola en experiencias anteriores puede estar afectando la expectativa del usuario acerca del tiempo de espera o que éste en el instante en el que accede al servicio hace una inspección rápida del número de personas en cola para calcular su tiempo esperado. La asociación entre tiempo esperado y número de personas en cola explica que el tiempo de impaciencia definido en términos de la diferencia entre tiempo percibido y tiempo esperado no sea independiente del número de personas en fila.

Por otro lado la no asociación entre el tiempo real de espera en cola y el tiempo percibido valida estadísticamente el planteamiento psicológico que la percepción temporal del individuo no es una réplica proporcional al tiempo real y por el contrario depende de las particularidades del sujeto. Ésta afirmación queda validada además cuando se rechaza la asociación entre el número de personas en cola y el tiempo percibido, que apunta a que en la percepción del usuario del tiempo transcurrido parece no importar cuantas personas hay en cola. Con este resultado experimental la hipótesis planteada inicialmente con respecto a que la variable tiempo de servicio influye en la evaluación del tiempo del individuo queda rechazada.

Contrario a las investigaciones halladas en la que se afirma que el tiempo percibido por las mujeres tiende a ser mayor al tiempo percibido por los hombres que sugería también una diferencia en el tiempo de impaciencia entre géneros, no se encontró una diferencia significativa en el tiempo de impaciencia. Para los factores atención y ansiedad si se encontraron diferencias significativas en el tiempo de impaciencia, validando de esta forma la suposición inicial en la que se planteó que los tratamientos impactaban en el tiempo percibido y en consecuencia en el tiempo de impaciencia de un usuario en una línea de espera.

Aún cuando existen diferencias significativas en el tiempo de impaciencia entre los niveles del factor ansiedad, es importante resaltar que las unidades experimentales que dentro del tratamiento aplicado no recibieron menú tuvieron menor variabilidad en el tiempo de impaciencia que aquellas que si recibieron menú, por consiguiente es probable que el efecto de recibir el menú de almuerzo, que según Maister¹⁰⁶ reduce la ansiedad de el usuario en el servicio, es visible solo en algunas personas y a otras simplemente no las afecta, generando una mayor variabilidad para este nivel del factor.

En ausencia de tratamientos el tiempo de impaciencia al igual que el tiempo esperado parecen seguir una distribución normal que es usual para los fenómenos psicológicos como en éste caso. Cuando se incluyen tratamientos en la unidad experimental se altera esta situación recortando los valores positivos del tiempo de impaciencia con la entrega del pasatiempo o haciendo creer que ha pasado menos tiempo con la entrega del menú.

El hecho de alterar el tiempo de impaciencia, es una importante oportunidad para las empresas interesadas en mejorar la percepción del servicio en sus casinos, ya que es una alternativa diferente aparte de las clásicas opciones que pretenden mejorar el desempeño del sistema para incrementar la satisfacción del cliente, debido a que las percepciones de los usuarios parecen estar más moldeadas por las expectativas que por la realidad¹⁰⁷.

¹⁰⁶ MAISTER, David. The Psychology of Waiting Lines. [En línea] <<http://davidmaister.com/articles/5/52/>> [Citado en febrero de 2009]

¹⁰⁷ **Anexo 25.** Cuadro resumen Capítulo 3. Se adjunta a manera de conclusión un cuadro resumen del análisis estadístico y los resultados del análisis de varianza ANOVA, presentado en éste capítulo.

CAPITULO 4. SIMULACIÓN Y ANÁLISIS FINANCIERO

Se utilizó la simulación como herramienta de análisis para examinar el comportamiento del tiempo de impaciencia de los usuarios del servicio de casino en cuatro escenarios de simulación que representan el efecto de cada uno de los 4 tratamientos aplicados en el experimento:

- Escenario 1: Con menú de almuerzo, con pasatiempo
- Escenario 2: Sin menú de almuerzo, con pasatiempo
- Escenario 3: Con menú de almuerzo, sin pasatiempo
- Escenario 4: Sin menú de almuerzo, sin pasatiempo

Para el modelo de simulación no se consideró influencia del factor género debido a que se demostró estadísticamente que la diferencia de la variable tiempo de impaciencia no es significativa entre los niveles del factor.

Para simplificar el modelo de simulación se consideró un único servidor con un tiempo de servicio igual a la sumatoria de los tiempos de servicio de tres servidores que atienden en el área de alimentos calientes del casino de 3M Colombia, ajustando de ésta forma el sistema a una cola de tipo M/G/1. A cada entidad se asignó como atributo las variables tiempo esperado y tiempo percibido con distribuciones de probabilidad diferentes para cada escenario simulado a partir de las cuales se calculó el tiempo de impaciencia por usuario en cola.

Tomando como punto de partida los resultados obtenidos en la simulación de la variable tiempo de impaciencia, se hizo un análisis financiero para evaluar la alternativa más conveniente para la empresa utilizando el VPN como indicador de viabilidad.

4.1 MODELO DE SIMULACIÓN

4.1.1 DEFINICIÓN DEL SISTEMA

El modelo de simulación representa el servicio de casino de 3M Colombia, actualmente tercerizado y a cargo de DIALIMENTOS LTDA.

El sistema definido para el caso de estudio inicia en el momento en que el usuario entra al casino y termina en el instante en el que el usuario sale de la zona de alimentos calientes, una vez atendido por los servidores. Además el sistema simulado se restringe a la franja horaria comprendida entre 11:45 PM y 1:15 PM, de lunes a viernes, en condiciones normales de operación que hacen referencia a los días en los que las características del servicio no se modifican a causa de la realización de eventos especiales.

4.1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo es el comportamiento del tiempo de impaciencia de los usuarios del servicio de casino de 3M Colombia bajo el efecto de los cuatro tratamientos diseñados en el experimento?

4.1.3 ALCANCE DEL SISTEMA

En el siguiente gráfico se delimita el sistema simulado con sus correspondientes actividades:

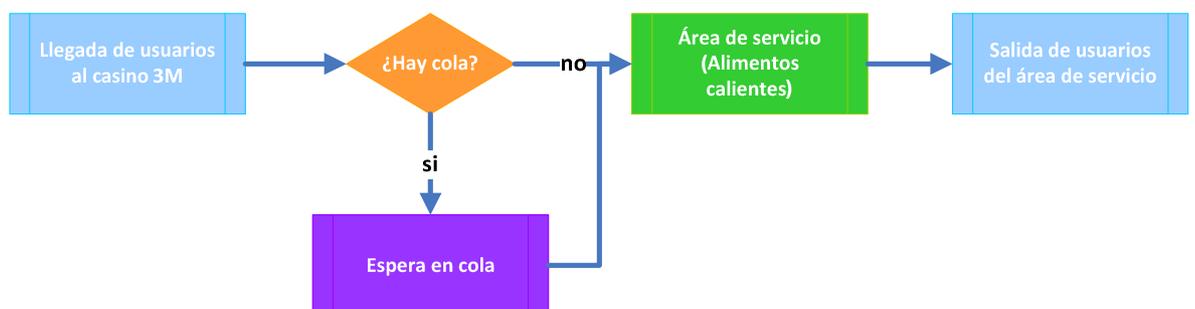


Figura 16. Alcance del modelo de simulación

Para cada actividad se definen a continuación las variables involucradas en el modelo de simulación, según el problema planteado:

Actividad	Variables
Llegada de usuarios al casino 3M	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo entre llegadas: Distribución de probabilidad del tiempo entre llegadas de los usuarios al casino 3M Colombia. • Se asume que el tamaño de la población es infinito. • Tiempo de impaciencia: Expresión matemática construida a partir de la regresión lineal entre la variable y el número de personas en cola.
Espera en cola	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de la cola: Se asume que la cola no tiene restricciones de capacidad. • Disciplina de la cola: La regla con la que el servidor o servidores de la taquilla atienden al usuario es FIFO.
Servicio	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de servicio: Tiempo empleado por el servidor para atender a un usuario. • Número de servidores: Se refiere al número de servidores en el área de servicio de alimentos calientes.

Tabla 39. Variables del modelo de simulación

4.1.4 DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD TIEMPO ENTRE LLEGADAS Y TIEMPO DE SERVICIO

Las distribuciones de probabilidad de las variables: tiempo entre llegadas¹⁰⁸ y tiempo de servicio, fueron halladas tomando todos los datos obtenidos a partir del experimento; pues se consideraron como variables independientes al tratamiento aplicado.

En el caso del tiempo de servicio, debido a la alta variabilidad de la variable, para determinar la distribución de probabilidad fue necesario eliminar los datos atípicos de la muestra que según lo observado durante el experimento pueden ser causados por la existencia de situaciones en las que: el servidor no está disponible porque está haciendo reposición de alimentos en las bandejas, los usuarios se arrepienten de alguna elección de alimentos y el servidor debe servir nuevamente y/o cuando el usuario tiene una elección mínima de alimentos, entre otras causas posibles¹⁰⁹.

¹⁰⁸ La distribución de probabilidad del tiempo entre llegadas se determinó en el numeral 3.1.4

¹⁰⁹ Ver **Anexo 26**. para consultar el detalle de cómo fue hallada la distribución de probabilidad para el tiempo de servicio ajustado

Para no ignorar la ocurrencia de estos eventos en el sistema y obtener un modelo bastante aproximado a la realidad, en el modelo de simulación se usó el módulo *failure* para incluir probables fallas aleatorias del servicio.

Se muestra a continuación un cuadro resumen con la distribución de probabilidad de las variables tiempo de servicio ajustado y tiempo entre llegadas:

Variable	Distribución de probabilidad	Expresión
Tiempo entre llegadas	Exponencial	-0.001 + EXPO(0.379)
Tiempo de servicio ajustado	Lognormal	(0.7 + LOGN(0.36, 0.154))/3

Tabla 40. Distribuciones de probabilidad tiempo entre llegadas y tiempo de servicio ajustado¹¹⁰

4.1.5 MODELAMIENTO MATEMÁTICO DEL TIEMPO DE IMPACIENCIA

Para modelar matemáticamente el comportamiento de la variable tiempo de impaciencia, que según la evidencia estadística es afectada por el número de personas en cola y el tratamiento que se aplica; se utilizó un modelo de regresión entre el número de personas en cola y la variable tiempo de impaciencia por tratamiento, para construir una expresión del tipo:

$$t_{impaciencia} = pendiente(Número\ de\ personas\ en\ cola) + intercepto + error\ aleatorio \quad (4.1)$$

Con base en los resultados experimentales se hizo una regresión lineal por tratamiento aplicado¹¹¹ para determinar una expresión matemática que relacionara el tiempo de impaciencia y el número de personas en cola, bajo el efecto de cada tratamiento obteniendo una expresión por tratamiento del tipo $t_{impaciencia} = pendiente(Número\ de\ personas\ en\ cola) + intercepto$.

El resumen de los cálculos estadísticos de las regresiones disponibles en el **Anexo 27**, se muestran en la siguiente tabla:

¹¹⁰ Ver **Anexo 26**. para consultar el cálculo de la distribución de la variable tiempo de servicio ajustado.

¹¹¹ Ver **Anexo 27**. para consultar los cálculos detallados de las regresiones para cada tratamiento.

Tratamiento	Regresión		Distribuciones de los errores de la regresión	
	r^2	Min. Alfa ANOVA	Mín. alfa prueba Kolmogorov Smirnov	Mín. alfa prueba Chi Cuadrado
Con pasatiempo-Con menú de almuerzo	0.050	0.085	>0.150	0.049
Con pasatiempo-Sin menú de almuerzo	0.074	0.036	>0.150	0.068
Sin pasatiempo-Con menú de almuerzo	0.006	0.553	>0.150	0.344
Sin pasatiempo-Sin menú de almuerzo	0.003	0.701	>0.150	0.034

Tabla 41. Resultados de las regresiones tiempo de impaciencia y número de personas en cola

Se obtuvieron coeficientes de determinación menores a 0.64 y mínimos alfa mayores a 5% en el análisis de varianzas ANOVA para la mayor parte de los tratamientos, por consiguiente como los modelos de regresión no muestran un buen ajuste es necesario considerar como parte esencial del modelo el efecto del error. Para incluir el error aleatorio asociado a la variable dependiente, se determinaron las distribuciones de probabilidad de los residuales sin estandarizar de la regresión de cada tratamiento¹¹², cuyas expresiones fueron agregadas como componente aleatorio del modelo.

Se encontraron mínimos alfa >15% en la prueba de Kolmogorov-Smirnov tal como se muestra en la columna 4 de la **Tabla 41**, obteniendo que los errores de la regresión se distribuían Gamma para el escenario 1, 2 y 3, y Beta para el escenario 4 cuyas expresiones se muestran en la **Tabla 42**, resaltadas con rojo.

Se muestran en la tabla a continuación, los modelos matemáticos determinados para la variable tiempo de impaciencia en cada tratamiento, en donde y es el tiempo de impaciencia y x el número de personas en cola.

Tratamiento	Modelo matemático del tiempo de impaciencia
Con pasatiempo-Con menú de almuerzo	$y = 0.035x - 1.108 - 1.21 + \text{Gamma}(0.158, 3.65)$
Con pasatiempo-Sin menú de almuerzo	$y = 0.064x - 1.048 - 1.24 + \text{Gamma}(0.274, 3.74)$
Sin pasatiempo-Con menú de almuerzo	$y = 0.012x - 1.108 - 0.39 + \text{Gamma}(0.0521, 3.65)$
Sin pasatiempo-Sin menú de almuerzo	$y = -0.006x + 0.47 + 0.27 + 0.22 * \text{Beta}(1.96, 1.84)$

Tabla 42. Modelos matemáticos del tiempo de impaciencia

¹¹² Ver **Anexo 28**. para consultar el cálculo de las distribuciones de los residuales de cada tratamiento.

Los modelos matemáticos para la variable tiempo de impaciencia expuestos en la **Tabla 42**, pueden expresarse también mediante la expresión matemática **(4.2)** haciendo uso de variables booleanas:

$$\begin{aligned}
 y = & b_1(0.035x - 1.108 - 1.21 + \text{Gamma}(0.158, 3.65)) \\
 & + b_2(0.064x - 1.048 - 1.24 + \text{Gamma}(0.274, 3.74)) \\
 & + b_3(0.012x - 1.108 - 0.39 + \text{Gamma}(0.0521, 3.65)) \\
 & + b_4(-0.006x + 0.47 + 0.27 + 0.22 * \text{Beta}(1.96, 1.84))
 \end{aligned}
 \tag{4.2}$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^4 b_i = 1
 \tag{4.3}$$

En donde:

b_1 : Variable booleana que toma el valor de uno si el tratamiento aplicado es “Con pasatiempo, con menú de almuerzo”, y cero en cualquier otro caso.

b_2 : Variable booleana que toma el valor de uno si el tratamiento aplicado es “Con pasatiempo, sin menú de almuerzo”, y cero si no lo es.

b_3 : Variable booleana que toma el valor de uno si el tratamiento aplicado es “Sin pasatiempo, con menú de almuerzo”, y cero si no lo es.

b_4 : Variable booleana que toma el valor de uno si el tratamiento aplicado es “Sin pasatiempo, sin menú de almuerzo”, y cero si no lo es.

4.1.6 MODELAMIENTO DEL SISTEMA EN ARENA

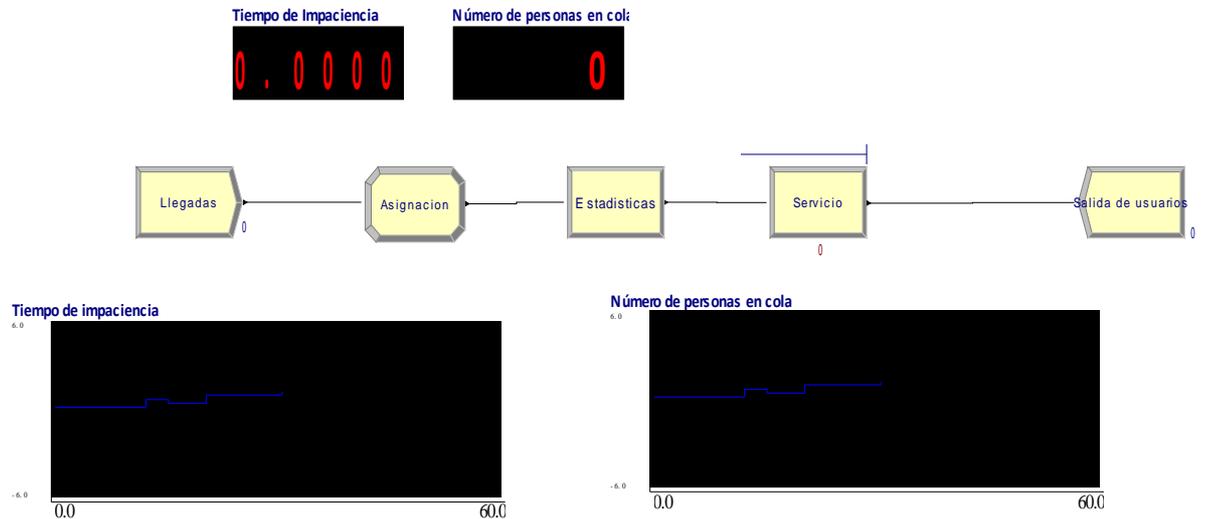


Figura 17. Modelo de simulación en Arena

El modelo de simulación consta de una entrada de entidades, que representa el único acceso al sistema real. Una vez en el sistema a cada usuario representado por una entidad en el modelo de simulación se le asigna como característica la variable tiempo de impaciencia. Los usuarios esperan en cola si es el caso, son atendidos por tres servidores en el área de alimentos calientes, que por simplicidad del modelo fueron representados por un único servidor con una tasa de servicio promedio como se mencionó anteriormente; y finalmente salen del área de servicio.

Como particularidad del modelo cuando el usuario está siendo atendido pueden ocurrir fallas aleatorias en el servicio que hacen que el tiempo de atención de ese usuario tome valores extremos tal como ocurre en el sistema real.

Los cambios necesarios en el modelo de simulación para representar los 4 escenarios obedecen a un cambio en la configuración del proceso asignación, en el que se modifican para cada escenario las expresiones del atributo tiempo de impaciencia asignado a cada entidad, según las expresiones matemáticas que se muestran en la **Tabla 42**.

4.1.6.1 Módulos empleados en el modelo de simulación

Módulo	Gráfico	Configuración
Create		Entity type: clients Type: Expression Expression: $-0.001+EXPO(0.379)$ Units: Minutes Entities per arrival: 1 Max arrivals: 240

Tabla 43. Configuración módulo *Create*

En modulo *Create* se generan las entidades que pasaran a ser procesadas en el sistema. Se asigna en éste módulo el atributo Entity type, que representa a los usuarios que ingresan al sistema y se define el tiempo entre llegadas como un expresión, que corresponde en este caso a una distribución exponencial determinada a partir de los datos del experimento, que se muestra a manera de resumen en la **Tabla 40**.

Módulo	Gráfico	Configuración
Assign		Attribute, timpaciencia, Expression*

* Para cada escenario simulado la expresión del atributo tiempo de impaciencia varía según la columna 2 de la **Tabla 42**. Modelos matemáticos del tiempo de impaciencia

Tabla 44. Configuración módulo *Assign*

Un atributo es una característica propia de cada entidad, cuyo valor, a diferencia de las variables, se debe examinar en la entidad que lo porta¹¹³.

Los atributos se pueden asignar a la entidad según una distribución de probabilidad a través del módulo *Assign* que se usó en este caso para asignar como atributo de la entidad, el tiempo de impaciencia modelado por una expresión matemática que se determinó anteriormente. Las expresiones utilizadas el atributo tiempo de impaciencia se modifican para cada escenario simulado tal como se muestra en la **tabla 42**. Modelos matemáticos del tiempo de impaciencia.

¹¹³ FABREGAS ARIZA, Aldo; WADNIPAR ROJAS, Rodrigo; PATERNINA, Carlos; MANCILLA, Alfonso. Simulación de sistemas productivos con ARENA, Barranquilla, Colombia: Ediciones Uninorte, 2003, Pág 5.

Módulo	Gráfico	Configuración
Read Write		Type: Write to File Arena File Name: File 1 Assigments: Attribute, timpaciencia

Tabla 45. Configuración módulo *Read Write*

Como el objetivo de la simulación era determinar el número de clientes impacientes para hacer un análisis financiero, fue necesario recolectar las estadísticas del atributo tiempo de impaciencia en un archivo externo haciendo uso del módulo *Read/Write* en el que se añadió en el campo Assigments el atributo a exportar, en éste caso el tiempo de impaciencia.

Módulo	Gráfico	Configuración
File	 File	Name: File 1 Operating System File name: estadisticas.dat Structure: Free format End of File Action: Dispose

Tabla 46. Configuración *File*

Para completar la funcionalidad del módulo *Read/Write* se usa el módulo de datos *File*, en el que se asocia el nombre del archivo externo en el que se van a recolectar las estadísticas.

Módulo	Gráfico	Configuración
Process		Type: Standard Logic Action: Seize Delay Release Resource: Servidor,1 Expression: (0.7 + LOGN(0.36, 0.154))/3 Units: Minutes

Tabla 47. Configuración módulo *Process*

Para definir el proceso de atención en el área de alimentos calientes se utilizó el módulo *Process* en el que por simplicidad del modelo de simulación se definió con un servidor cuyo tiempo medio de servicio sigue una distribución Lognormal. La variable usada para determinar la distribución del tiempo de servicio fue llamada tiempo de servicio ajustado debido a que se ignoraron los datos atípicos de la muestra obtenida en el experimento para determinar la distribución de probabilidad. El tipo de acción que sigue la entidad cuando ingresa al módulo *Process* se describe como un *Seize, Delay, Release* ya que la entidad ocupa un recurso, experimenta una demora y, al final se libera.

Como la distribución hallada para el tiempo ajustado no contempló los datos atípicos de la muestra, para representar el efecto de éstos datos en el sistema se asume que ocurren fallas del recurso durante el servicio, en este caso el único servidor considerado en el área de servicio.

Módulo	Gráfico	Configuración
Resource		Name: Servidor Type: Fixed Capacity Failures Failure Name: Falla de servicio Failure Rule: Preempt

Tabla 48. Configuración *Resource*

Se usa el módulo de datos *Resource* para declarar la capacidad y las fallas que experimentará el servidor durante la simulación. Para el caso de estudio se declara una posible falla, denominada Falla de servicio cuya regla de falla es de tipo apropiativo (*Preempt*), por consiguiente la falla ocurre inmediatamente y si se encuentra una entidad en proceso esta queda inconclusa y se termina cuando el recurso se reactive causando de esta forma datos atípicos en el tiempo de servicio tal como ocurre en el sistema real.

Módulo	Gráfico	Configuración
Failure		Name: Falla de servicio Type: Time Up time: UNIF(5,10) Up time units: minutes Down time: UNIF(0.1,0.4) Down time units: minutes Uptime in this state only: Busy

Tabla 49. Configuración *Failure*

Una vez asignada la falla al recurso Servidor, se definieron las características de la falla haciendo uso del módulo de datos *Failure*, disponible en la plantilla de procesos avanzados. El tiempo entre fallas según lo observado durante el experimento es aleatorio razón por la que se utilizó una distribución de probabilidad uniforme entre 5 y 10 minutos. El tiempo de duración fue modelado también por una distribución uniforme entre 0.1 y 0.4 minutos (6 y 24 segundos) con el propósito de obtener datos atípicos en el tiempo de servicio como ocurre en el sistema real.

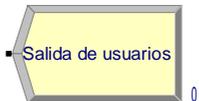
Módulo	Gráfico	Configuración
Dispose		

Tabla 50. Configuración módulo *Dispose*

Una vez el servidor atiende al usuario, éste último sale del área de alimentos calientes y se retira del sistema. Esta situación es representada por el módulo *Dispose* que retira las entidades del sistema y recolecta las estadísticas de la simulación.

4.1.7 IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO-DEFINICIÓN DEL NÚMERO DE RÉPLICAS

Tomando como criterio el tiempo que duró el experimento la determinación fue simular el sistema durante 90 minutos, que corresponde a la franja de atención de almuerzos en el casino de 3M Colombia. Se definió el número de réplicas como 22, que corresponde al número de días en el mes en los que el casino podría operar normalmente.

Parámetros de la corrida	
Número de réplicas	22
Longitud de la réplica	90
Unidades de tiempo	Minutos
Horas por día	24

Tabla 51. Parámetros de corrida del modelo

4.1.8 RESULTADOS

La variable de interés en el modelo de simulación es el tiempo de impaciencia del usuario durante su espera en la fila. Se muestra a continuación un cuadro en el que se resumen los resultados obtenidos a partir de la simulación en los 4 escenarios que representan los 4 tratamientos aplicados en el diseño experimental en los que se ignora el efecto del factor género en el tiempo de impaciencia de un usuario en una línea de espera.

Resultados (En un mes)		Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Número de usuarios	Usuarios impacientes	5	527	11	5179
	Usuarios no impacientes	5176	4654	5170	0
	Total usuarios	5181	5181	5181	5179

Porcentaje de usuarios	% usuarios impacientes	0.1%	10.2%	0.2%	100.0%
	% usuarios no impacientes	99.9%	89.8%	99.8%	0.0%
	Total %	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Minutos de impaciencia	Minutos de impaciencia	0.82	214.15	0.55	4239.12
	Minutos de no impaciencia	-7847.67	-4608.82	-2430.60	0.00
	Total minutos	-7846.85	-4394.67	-2430.05	4239.12

Tabla 52. Resultados de la simulación

Simulada la variable tiempo de impaciencia fue posible determinar el número de clientes impacientes en cada escenario como se muestra en la tabla anterior, que consistió en la información soporte del análisis financiero que se presenta a continuación.

4.2 ANÁLISIS FINANCIERO

4.2.1 CONCEPTOS GENERALES

El objetivo del análisis financiero es determinar cuál de los escenarios simulados es el más favorable en términos de costo para 3M Colombia.

El punto de partida del análisis financiero es la información referente a: la proporción de usuarios impacientes en cada uno de los escenarios simulados, las variables propias del escenario simulado y las características de la empresa.

4.2.1.1 *Variables propias del escenario simulado*

Son las variables definidas de forma diferente para cada escenario según sus características propias y los resultados de la simulación.

- **Inversión inicial (I):** Cantidad de dinero que la empresa debe invertir en el momento inicial para replicar el escenario en una línea de espera.
- **Costo periódico (Cp):** Costo que debe asumir la empresa en un determinado período de tiempo por la implementación del escenario.

- **Proporción de clientes impacientes (p):** Proporción de clientes cuyo tiempo de impaciencia es mayor a 0 durante su espera en cola.
- **Proporción de clientes no impacientes (q):** Proporción de clientes cuyo tiempo de impaciencia es menor o igual a 0 durante su espera en cola.

4.2.1.2 Variables referentes a la empresa

Son las variables que se definen iguales para todos los escenarios y no dependen del escenario que se analice sino de las decisiones globales definidas previas al análisis.

- **Costo de tener un usuario impaciente en el casino al día (Ci):** Hace referencia al costo en el que incurre la empresa por cada persona impaciente en la línea de espera.
- **Utilidad promedio por cliente atendido (u):** Utilidad del sistema por cada cliente atendido. Si el sistema no tiene en cuenta la utilidad por cliente atendido, el análisis se puede hacer sin esta variable, como es el caso de ésta investigación.
- **Tasa de Oportunidad (i):** Tasa a la cual la empresa podría invertir su capital.
- **Número de Períodos (k):** Número de períodos a analizar en el flujo de efectivo.
- **Número de clientes (n):** Número de personas que ingresan al servicio en un determinado período de tiempo

4.2.2 FLUJO DE EFECTIVO

Se hizo el análisis de flujo de efectivo a partir del siguiente modelo, en el que se representan para cada caso los flujos positivos y negativos:

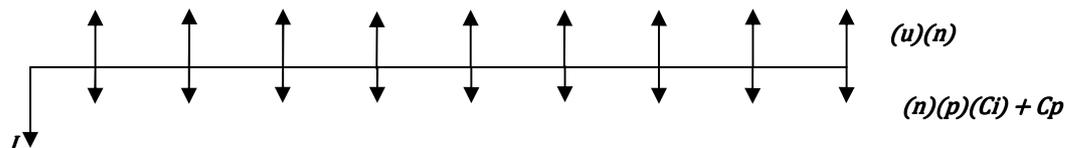


Figura 18. Flujo de efectivo del análisis financiero

El Valor Presente Neto (VPN) de una propuesta de inversión es el valor presente de los flujos de efectivo netos de la propuesta menos la inversión inicial¹¹⁴. En la evaluación de proyectos se usa el VPN como un indicador para elegir de un grupo de alternativas, la más viable en términos financieros para la compañía; por consiguiente para determinar cuál de los escenarios simulados representa la alternativa más rentable para la empresa se usó el VPN como criterio de evaluación, definido por la siguiente expresión:

$$VPN = [(u)(n) - (n)(p)(Ci) - Cp] \sum_{j=1}^k \frac{1}{(1+i)^j} - I \quad 115 \quad (4.4)$$

Reemplazando la sumatoria se obtiene:

$$VPN = [(u)(n) - (n)(p)(Ci) - Cp] \cdot \left[\frac{(1+i)^k - 1}{(1+i)^{k+1} - (1+i)^k} \right] - I \quad (4.5)$$

En donde:

u: Utilidad promedio por cliente atendido

n: Número de clientes

p: Proporción de Clientes Impacientes

q: Proporción de Clientes no Impacientes

Ci: Costo de tener un usuario impaciente en el casino al día

Cp: Costo periódico

i: Tasa de Oportunidad

I: Inversión inicial

k: Número de periodos

¹¹⁴ VAN HORNE, James C. Fundamentos de Administración Financiera, Undécima Edición, México: Prentice Hall, 2002, Pag 337

¹¹⁵ Adaptada de: VAN HORNE, James C. Fundamentos de Administración Financiera, Undécima Edición, México: Prentice Hall, 2002, Pags 337 y 338.

Es necesario que todas las variables necesarias para el cálculo del VPN estén definidas en el mismo período de tiempo. Para este caso se hizo un análisis mensual en el que el número de períodos fueron días y la tasa de oportunidad diaria vencida.

4.2.3 CÁLCULO DEL VPN

Para realizar el cálculo del VPN se parte de los dos tipos de variables descritos anteriormente, variables propias de la empresa y variables propias del escenario. A continuación se define para este estudio el valor de cada una de las variables para luego calcular el valor presente neto.

4.2.3.1 Variables Propias de la Empresa

Variable	Letra	Valor
Costo de tener un usuario impaciente al día	Ci	\$500, que es el costo máximo que la empresa estaría dispuesta a asumir por un usuario impaciente.
Utilidad de atención a un cliente	U	Se asume una utilidad de \$0.00 puesto que el servicio de Casino de 3M no representa ninguna ganancia monetaria para la empresa.
Tasa de Interés	I	0.03% diaria la cual es la tasa de interés equivalente diaria al CDT más competitivo en el mercado. ¹¹⁶
Número de periodos	K	22, que corresponde al número de días laborales que se utiliza comúnmente.
Número de Clientes	N	240, que según información de la empresa es el número de clientes diarios que entran al casino.

Tabla 53. Definición de las variables propias a la empresa

4.2.3.2 Variables Propias del Escenario

Variable	Letra	Con menú, con pasatiempo	Con menú, sin pasatiempo	Sin menú, con pasatiempo	Sin menú, sin pasatiempo
Inversión Inicial	I	\$187.71 costo de 2.5 horas diarias de un empleado con un SMLV ¹¹⁷	\$150.172 costo de 2 horas diarias de un empleado con un SMLV	\$150.172 costo de 2 horas diarias de un empleado con SMLV	Ningún costo
Costo Periódico	Cp	\$10.000 costo de 200 fotocopias de 50 pesos cada una	\$10.000 costo de 200 fotocopias de 50 pesos cada una	\$10.000 costo de 200 fotocopias de 50 pesos cada una	Ningún costo

¹¹⁶ La tasa diaria vencida se calculó con base en la tasa de 10.11% EA extraída de: BANCO SANTANDER. [En Línea] <<http://www.santander.com.co>> [Citado en marzo de 2009]

¹¹⁷ Ver **Anexo 29.** Cuadro salarial

% de usuarios impacientes	P	0.10%	10.17%	0.21%	100.00%
% de usuarios pacientes	Q	99.90%	89.83%	99.79%	0.00%

Tabla 54. Definición de las variables propias del escenario de simulación

4.2.3.3 Cálculo del Valor Presente Neto

A partir de los valores de las variables definidos anteriormente, se calcula el valor presente neto usando la ecuación (4.5):

Cálculo del VPN: Ci = \$500, u= \$0, n = 240, i= 0.03%, n=22.						
Grupos	Concepto		Con menú, con pasatiempo	Con menú, sin pasatiempo	Sin menú, con pasatiempo	Sin menú, sin pasatiempo
Variables del Escenario	Inversión Inicial	I	\$ 187,715	\$ 150,172	\$ 150,172	\$ 0
	Costo Periódico	Cp	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 0
	% clientes impacientes	p	0.10%	10.17%	0.21%	100.00%
	% clientes no impacientes	q	99.90%	89.83%	99.79%	0.00%
Variables de la Empresa	Utilidad de atención usuario	u	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
	Tasa de interés diaria	i	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%
	Número de periodos	k	22	22	22	22
Cálculo VPN	VPN	VPN	-\$ 409,579	-\$ 637,207	-\$ 375,084	-\$ 2,631,894
	Ahorro vs situación inicial	A	\$ 2,222,315	\$ 1,994,687	\$ 2,256,810	\$ 0

Tabla 55. Calculo del VPN

En la anterior tabla se observa que todos los valores del VPN son menores a cero ya que se trata de un caso en el que la utilidad de atención a un cliente (u) es \$0.00. Por esta razón se utiliza el indicador **Ahorro vs situación inicial** que se define como la diferencia entre el VPN de una opción determinada y el VPN del Escenario 4: Sin menú, sin pasatiempo que corresponde a la situación actual de la empresa.

4.2.4 ANALISIS DE SENSIBILIDAD

Para analizar como varía el costo de impaciencia para cada escenario y determinar cuál es la mejor alternativa se hizo un análisis de sensibilidad de la variable *Ahorro vs situación inicial*.

En la **Tabla 56**, se muestran diferentes valores del indicador *Ahorro vs situación inicial*, en donde no se tienen en cuenta valores negativos ya que estos valores no representan un ahorro si no un gasto adicional.

Ahorro vs situación inicial (A)	Costo de tener un usuario impaciente en el casino al día		
	Con menú, con pasatiempo	Con menú, sin pasatiempo	Sin menú, con pasatiempo
Costo Mínimo → \$0.00	\$ 77	\$ 78	\$ 70
\$ 100,000	\$ 96	\$ 99	\$ 89
\$ 500,000	\$ 172	\$ 184	\$ 166
\$ 1,000,000	\$ 268	\$ 290	\$ 261
\$ 5,000,000	\$ 1,028	\$ 1,186	\$ 1,022
\$ 10,000,000	\$ 1,979	\$ 2,193	\$ 1,974
\$ 50,000,000	\$ 9,585	\$ 10,653	\$ 9,589
\$ 100,000,000	\$ 19,093	\$ 21,227	\$ 19,108

Tabla 56. Análisis de sensibilidad

Los costos de tener un usuario impaciente en el casino al día fueron calculados haciendo variar en la expresión (4.6), obtenida a partir de la ecuación (4.5) de este documento, el indicador *Ahorro vs situación inicial* de acuerdo a los valores mostrados en la **Tabla 56**.

$$C_i = - \frac{\frac{A + I_x + I_i}{(1+i)^k - 1}}{[(1+i)^{k+1} - (1+i)^k]} + Cp_x - Cp_i$$

(4.6)

Donde:

x : toma valores de 1,2 o 3 dependiendo del escenario que se está comparando

Cp_x : costo periódico del escenario x

I_x : inversión inicial del escenario x

p_x : proporción de clientes impacientes del escenario x

Cp_i : costo periódico del escenario inicial

I_i : inversión inicial del escenario inicial

p_i : proporción de clientes impacientes del escenario inicial.

A : ahorro vs situación inicial.

Se muestra en la tabla a continuación ciertos intervalos del costo de tener un usuario impaciente en el casino al día y para cada uno de ellos el escenario con mayor ahorro frente a la situación inicial.

Análisis de Sensibilidad: intervalos del costo de tener un usuario impaciente en el casino al día			
Costo de tener un usuario impaciente en el casino al día (C_i)	$C_i < \$0$	$\$0 < C_i < \6.159	$C_i > \$6.159$
Escenario con mayor valor en el indicador "Ahorro vs situación inicial"	Sin Menú, Sin Pasatiempo	Sin menú, con pasatiempo	Con menú, con pasatiempo

Tabla 57. Intervalos costo de tener un usuario impaciente en el casino al día

La información expuesta en la tabla anterior indica que en los casos en los que el costo de tener un usuario impaciente al día es menor a \$0.00, la mejor opción es sin menú, sin pasatiempo; cuando está entre \$0.00 y \$6.159, el escenario más adecuado es sin menú, con pasatiempo; y en cualquier otro caso, la elección más rentable es con menú, con pasatiempo.

En el análisis financiero se utilizó tanto el VPN como el indicador *Ahorro vs situación inicial* para determinar cuál de las alternativas planteadas era la más rentable. Según el criterio del VPN, la mejor alternativa a implementar en el casino de 3M Colombia es el escenario Sin menú, con pasatiempo, resultado que se sustenta con el valor obtenido del indicador *Ahorro vs situación inicial* que indica que el ahorro mensual de la empresa al implementar el escenario sin menú, con pasatiempo sería de \$2.256.810, que representaría al año un ahorro \$28.314.801 si los flujos mensuales rentan a una tasa de oportunidad de 10.11% EA.

CONCLUSIONES

- El modelo conceptual desarrollado en el presente trabajo llena un vacío entre los enfoques matemáticos y psicológicos sobre el comportamiento de las líneas de espera, al proponer un modelo compuesto por 9 factores que afectan el tiempo de impaciencia y plantear la variable tiempo de impaciencia como indicador de satisfacción del cliente de tal modo que es susceptible de medición.
- Los resultados de la matriz de priorización que dan lugar a la selección de los factores a incluir en el diseño experimental de este estudio pueden variar de forma significativa dependiendo de los intereses y particularidades de la investigación en curso en la cual algunos de los factores pueden resultar más relevantes que otros.
- Los resultados experimentales comprueban varias de las hipótesis planteadas en el trabajo y sustentan el modelo que pretende describir el tiempo de impaciencia de un usuario en una línea de espera aplicado en un casino empresarial.
- La investigación encontró que la expectativa de los individuos puede afectarse por el número de personas que hay en fila en el instante en el que el usuario accede al servicio y sugiere para futuros estudios profundizar si la expectativa puede verse afectada por el tamaño de la cola en experiencias anteriores.
- Contrario al planteamiento de algunas investigaciones psicológicas encontradas, el factor género no tuvo impacto significativo sobre el tiempo de impaciencia, por lo tanto el trabajo sugiere que en el momento de tomar decisiones para administrar una cola no es útil hacer distinción entre hombres y mujeres.

- El resultado de esta investigación le confiere un modelo matemático a la diferencia entre el tiempo real transcurrido y el tiempo percibido por el individuo que se plantea en la teoría psicológica
- Cuando el usuario desvía su atención del transcurso del tiempo, el tiempo percibido tiende a ser menor mostrando aparentemente que el hecho de afectar la atención, tal como se validó en el experimento de esta investigación, parece impedir la aparición de tiempos de impaciencia positivos; contrario a lo que pasa al alterar el factor ansiedad, otro de los factores considerados en este estudio, que parece afectar a algunos individuos y a otros no.
- El éxito del experimento se debió en gran parte a que fue diseñado cuidadosamente, teniendo en cuenta que los factores que no iban a ser tratados permanecieran constantes, que las personas no tuvieran contacto entre ellas para evitar desviar la atención por causas diferentes al tratamiento y que el sistema se encontrara en condiciones habituales de operación.
- Los resultados obtenidos por este modelo reflejan una alternativa para mejorar la percepción del usuario acerca del servicio cuando es difícil o costoso mejorar las características del sistema y la calidad del servicio en sí.
- El tiempo de impaciencia como indicador de desempeño del servicio, sugiere a las empresas de servicio la necesidad de conocer las expectativas y percepciones de sus clientes en cuanto al tiempo de espera, dadas las características del ser humano promedio en el que la velocidad del servicio influye en su juicio sobre la calidad de éste. Conocidas las expectativas y percepciones, y comparadas entre sí es posible identificar oportunidades de mejora en el servicio, tal como lo muestra esta investigación en la que factores como atención y ansiedad que pueden ser alterados con mecanismos sencillos pueden llegar a reducir el número de clientes impacientes y por tanto insatisfechos con el servicio sin necesidad de modificar las características propias del sistema.

- Para efectos de esta investigación la ansiedad, que puede causar la disminución y alteración en la atención del individuo y por lo tanto influir en el tiempo de impaciencia, se trató creando una ilusión en el usuario sobre el punto en el que empieza a ser atendido, encontrando que los efectos no fueron los mismos para todas las personas; por esta razón se sugiere en próximos estudios buscar una forma diferente de alterar este factor para obtener quizás resultados más claros al respecto.
- El uso de un pasatiempo es un mecanismo útil, rápido y económico para tratar el factor atención que arroja resultados claros con relación al tiempo de impaciencia, pues cumple con el objetivo de dirigir la atención de usuario hacia un foco diferente al tiempo real haciendo que perciba un tiempo de espera en cola menor.
- La pregunta planteada *¿Cuánto tiempo cree usted que debería esperar siempre antes de ser atendido?* pretendía obtener la expectativa del usuario del tiempo de espera de tal forma que fuera independiente al estado del sistema en el momento en el que el usuario accede al servicio y por consiguiente a su percepción, sin embargo se encontró que el tiempo que el usuario tiene pensado esperar en cola si está relacionado con el tiempo percibido debido probablemente a que ambos tiempos dependen de la concepción subjetiva temporal del individuo. El resultado anterior sugiere la necesidad de una mejor propuesta en cuanto a la medición de la expectativa del tiempo de espera que podría ser formular al usuario del servicio una pregunta similar en un lugar diferente a la ubicación del sistema que se esté evaluando.
- Aunque los factores atención y ansiedad explicaron gran parte de la variabilidad del tiempo de impaciencia de un usuario en cola, el diseño experimental de esta investigación estuvo limitado a 3 de los 9 factores planteados en el modelo, por consiguiente resultaría interesante para investigaciones futuras formular diseños experimentales que abarquen: el factor genero del cual para el caso estudiado, no se obtuvo evidencia estadística sobre la existencia de una relación con el tiempo de impaciencia, y los factores no incluidos en este trabajo tales como ambiente, valor para el cliente, desempeño del servicio, cultura, edad y competencia.

BIBLIOGRAFÍA

A.C. Rosander. La búsqueda de la calidad en los servicios. Ediciones Díaz de Santos, 1992.

AMBIENTE LABORAL. Agentes de Riesgo. [En línea] <<http://ambientelaboral.com/seguridad-e-higiene/agentes-de-riesgo/>> [Citado en noviembre de 2008]

ALVARADO, Jorge; OBAGI, Juan José. Inferencia Estadística. Primera Edición. Bogotá D.C.: Editorial Pontificia Universidad Javeriana, 2008, Pág. 86.

AXTLE ORTIZ, Miguel Ángel. La Percepción del Tiempo [En línea] <<http://www.uas.mx/negocios/Doctorado/DoctosAlumnos/La%20percepción%20del%20tiempo.pdf>> [Citado en noviembre de 2008]

BACCELLI, F; BOYER, Inria; HEBUTERNE, Cnet G. Single-server queues with impatient customers. En: Applied Probability Trust [En línea], Volumen. 16, No. 4, 1984, Págs. 887-905 [Citado en abril de 2008] Disponible en JSTOR (Journal Storage) Base de Datos en Línea.

BANCO SANTANDER. [En Línea] <<http://www.santander.com.co>> [Citado en marzo de 2009]

BARBOSA R., ROJAS A., Teoría de colas de espera: Modelo Integral para la toma de decisiones, Ingeniería y Desarrollo (Universidad del Norte, Colombia), No 1, Vol 1, 1995, Págs 73-78.

BARRER D.Y. Queuing with Impatient Customers and Indifferent Clerks. En: Operations Research [En línea], Volumen. 5., No. 5, octubre de 1957, Págs 644-649 [Citado en febrero de 2008] Disponible en JSTOR (Journal Storage) Base de Datos en Línea y BARRER, D. Y.. Queuing with Impatient Customers and Ordered Service. En: Operations Research [En línea], Volumen. 5, No. 5, octubre de 1957, Págs. 650-656 [Citado en febrero de 2008] Disponible en JSTOR (Journal Storage) Base de Datos en Línea

BILANCIO, Guillermo. Marketing, El valor de provocar, Primera Edición: Pearson Educación, 2005, Pág 91.

BONG DAE, Choi, BARA, Kim y JINMING, Chung. M/M/1 Queue with Impatient Customers of Higher Priority. En: Queueing Systems [En línea], Volumen. 38, Número. 1, mayo de 2001, Págs. 49-66 [Citado en abril de 2008] Disponible en SpringerLink Base de Datos en Línea

BOOTS, Nam Kyoo y TIJMS, Henk. A multiserver queueing system with impatient customers. En: Management Science [En línea], Volumen. 45, No. 3, Marzo 1999, Págs 444-448 [Citado en abril de 2008] Disponible en JSTOR (Journal Storage) Base de Datos en Línea.

CHOROT RASO, Paloma; SANTED, Germán, SANDÍN, Bonifacio. Revista de psicología general y aplicada En: Revista de la Federación Española de Asociaciones de Psicología [En línea], Volumen 47, Número 3, 1994, Págs. 313-320 [Citado Noviembre de 2008] Disponible en Dialnet Base de Datos en Línea

CLEMMER, E; SCHNEIDER, B. Managing consumer dissatisfaction with waiting: applying social psychological theory in a service setting. En: Advances in service marketing and management [En Línea], Volumen. 2, 1993, Págs 109–126 [Citado en mayo de 2008] Disponible en Emerald Base de Datos en Línea

CONCEJALIA JUVENTUD AYUNTAMIENTO DE GRANADA. Proceso de selección de personal. [En línea] <http://www.granajoven.com/adjuntos/Empleo/proceso_de_seleccion_de_personal.pdf> [Citado en noviembre de 2008]

DIALIMENTOS LTDA. [En línea] < <http://www.dialimentos.com.co/>> [Citado en diciembre de 2008]

EISLER, Anna. La percepción del tiempo no es igual para todos. [En línea] < <http://www.santafeconicet.gov.ar/servicios/comunica/tiempo.htm>> [Citado en octubre de 2008]

FABREGAS ARIZA, Aldo; WADNIPAR ROJAS, Rodrigo; PATERNINA, Carlos; MANCILLA, Alfonso. Simulación de sistemas productivos con ARENA, Barranquilla, Colombia: Ediciones Uninorte, 2003, Pág 5.

FERNANDEZ GUARDIOLA, Augusto. Neurobiología de la percepción del tiempo. <<http://www.ejournal.unam.mx/cns/no17/CNS01708.pdf>> [Citado en febrero de 2009]

FINCH, P. D.. Deterministic Customer Impatience in the Queueing System GI/M/1. En: Biometrika [En línea], Volumen. 47, No. 1/2, Junio de 1960, Págs 45-52 [Citado en marzo de 2008] Disponible en JSTOR (Journal Storage) Base de Datos en Línea

FLAHERTY, Michael. The deceits of perception. [En línea] <www.fau.unlp.edu.ar/descargas/academica/curso_ingreso/m1_3_trampas_percepcion.doc> [Citado en noviembre de 2008]

FOLKES, V; KOLETSKY, S y GRAHAM, JL. A field study of causal inferences and consumer reaction: the view from the airport. En: Journal of Consumer Research (University of Chicago Press), Volume 13, Iss. 4, marzo de 1987, Págs. 534-39 [Citado en abril de 2008] Disponible en Emerald. Base de Datos en Línea.

FRAISSE, Paul. La percepción/compiladores Paul Fraisse y Jean Piaget; Elianne Vurpillot y Robert Frances; traducción María Teresa Cevasco. Buenos Aires : Editorial Paidós, 1973. Págs. 65-78.

FREUD, Sigmund. Introducción al Psicoanálisis. Bogotá: Círculo de Lectores, 1986. Págs. 67-69

FUNDACIÓN VALLE DE LILÍ, RINCON, Hernán Gilberto. La ansiedad.[En línea] <<http://www.valledelili.org/?p=1150>> [Citado en noviembre de 2008]

GARCÍA, Carolina. La ansiedad un mal de nuestros días. [En línea] <<http://www.parasaber.com/salud/psicologia/trastornos-psicologicos/ansiedad/articulo/ansiedad-psicologia-trastornos-psicologicos-mal-dias/3752/>> [Citado en diciembre de 2008]

GONCALVES, Lila; RUFINO, Juan Antonio. Sensación, percepción y atención [En línea] <<http://www.slideshare.net/juanruffino/procesos-de-percepcin-y-atencin-presentation>> [Citado en diciembre de 2008]

HEINEKE, Janelle; DAVIS, Mark M. Understanding the roles of the customer and the operation for better queue management, En: International Journal of Operations & Production Management [En línea], Volumen. 14, No. 5, 1994, Págs. 21-34 [Citado en diciembre de 2008] Disponible en Emerald Base de Datos en Línea.

HORNIK J. Subjective vs. objective time measures: a note on the perception of time in consumer behavior, En: Journal of Consumer Research [En Línea], Volumen 11, Iss. 1, junio de 1984, Págs. 615-18 [Citado en mayo de 2008] Disponible en JSTOR (Journal Storage) Base de Datos en Línea.

HOROVITZ, Jacques. Los siete secretos del servicio al cliente, Primera Edición, Madrid: Prentice Hall, 2000, Pág 19.

INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION. The discipline of Ergonomics. [En línea] http://www.iea.cc/browse.php?contID=what_is_ergonomics

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Norma técnica colombiana. Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario. Bogota: ICONTEC., 2000. NTC-ISO 9001

IRAVANI, Foad. On priority queues with impatient customers, En: Queuing Systems [En línea], Volumen. 58, Número 4, mayo de 2008, Págs. 239-260 [Citado Agosto de 2008] Disponible en SpringerLink Base de Datos en Línea

KATZ, KL; LARSON, BM; LARSON, RC. Prescription for waiting-in-line blues: entertain, enlighten and engage. En: Sloan Management Review [En línea], 1991, Volume 32, Págs. 44–53 [Citado en abril de 2008] Disponible en Emerald Base de Datos en Línea

KAVANAUGH, C.F.. “Los diseños de taguchi contra los diseños clásicos de experimentos. Traducido por J. Jesus Barrera Sánchez” en “ConCiencia Tecnológica”, Departamento de Ingeniería Industrial-Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Revista No 19, Abril de 2002, sexto artículo. Disponible en: Instituto Tecnológico de Aguascalientes: <http://desacad.ita.mx/>.

KAWANISHI, Ken'ichi. QBD approximations of a call center queueing model with general patience distribution, En: Computers and Operations Research [En línea], Volumen 35, No. 8, 2008, Págs 2463 2481 [Citado en mayo de 2008] Disponible en ScienceDirect Base de Datos en Línea.

KELLARIS, JJ; KENT RJ. The influence of music on consumers' temporal perceptions: does time fly when you are having fun. En: Journal of Consumer Psychology [En línea], Volumen. 1, No. 4, 1992, Págs. 365–376 [Citado en marzo de 2008] Disponible en JSTOR (Journal Storage) Base de Datos en Línea.

KUEHL, Robert O. Diseño de experimentos: Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. México: International Thomson Editores, 2001. Pág. 4

KUMAR, P; KALWANI, Mu; DADA, M. The impact of waiting time guarantees in customer satisfaction, En: Marketing Science [En línea], Volumen. 16, No.4, 1997, Págs. 295–314. [Citado en mayo de 2008] Disponible en JSTOR (Journal Storage) Base de Datos en Línea.

LINDSAY, Peter H y DONALD A, Norman. Introducción a la psicología cognitiva, Segunda Edición. Madrid: Tecnos, 1986. Págs. 520-535.

MAGAZ LAGO, Ángela; GARCÍA PEREZ, Manuel; SANDÍN, M. del Valle. Ansiedad, estrés y problemas de ansiedad en escolares de 12 a 18 años. Papeles del Psicólogo. [En Línea] <<http://www.papelesdelpsicologo.es/vernumero.asp?id=796>> [Citado en Noviembre de 2008]

MAISTER, David. The Psychology of Waiting Lines. [En línea] <<http://davidmaister.com/articles/5/52/>> [Citado en mayo de 2008]

MANKIW, Gregory. Principios de Economía, Tercera Edición: Editorial McGraw Hill, 2004

MARK M, Davis, JANELLE Heineke. Understanding the roles of the customer and the operation for better queue management. En: International Journal of Operations & Production Management [En línea], Volumen. 14, Iss. 5, 1994, Págs. 14-21 [Citado en junio de 2008] Disponible en Emerald Base de Datos en Línea

MARTINEZ, Maribel; CIUDAD, Ginés; Fichas para mejorar la atención. [En línea] <<http://orientacionandujar.wordpress.com/fichas-mejorar-atencion/#labe4>> [Citado en diciembre de 2008]

MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL, [En Línea] <<http://www.minproteccionsocial.gov.co>> [Citado en marzo de 2009]

NIEBEL, Benjamin W. Ingeniería industrial : métodos, tiempos, y movimientos, Novena Edición, 1996

OBORNE, David J. Ergonomía en acción: La adaptación del medio de trabajo al hombre, Primera Edición, México: Editorial Trillas. 1999, Pág 217

OUA, Jihong, B.; RABO, Madhu. Benefits of providing amenities to impatient waiting customers. En: Computers & Operations Research [En línea], Volumen 30, No. 4, 2003, Págs. 2211–2225 [Citado en abril de 2008] Disponible en ScienceDirect Base de Datos en Línea

PAZGAL, Amit I.; RADAS, Sonja. Comparison of customer balking and renegeing behavior to queueing theory predictions: An experimental study, En: Computers & Operations Research [En línea], Volumen. 35, No. 8, 2008, Págs. 2537 – 2548 [Citado en junio de 2008] Disponible en ScienceDirect Base de Datos en Línea

PICAZO MANRÍQUEZ, Luis Rubén y MARTÍNEZ VILLEGAS, Fabián. Ingeniería de servicio para crear clientes satisfechos y lograr ventajas competitivas sustanciales y sostenibles. Cuarta edición. México: McGraw Hill, 1991. Págs. 58 – 59.

PINDYCK, Robert.; RUBINFELD, Daniel., Microeconomía, Quinta Edición: Mc Graw Hill, 2005.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. Perfil del Egresado. Ingeniería Industrial. [En línea]<http://ingenierias.javeriana.edu.co/portal/page?_pageid=233,690859,233_842471&_dad=portal&_schema=PORTAL&tab=inicio> [Citado agosto de 2008]

PRUYN, Ad and SMIDTS, Ale. Effects of waiting on the satisfaction with the service: Beyond objective time measures. En: International Journal of Research in Marketing. Volumen 15, No.4, octubre de 1998, Págs. 321-334 [Citado en mayo de 2008] Disponible en ScienceDirect de Datos en Línea.

SANCHEZ, Susan M.. “Work smarter, not harder: guidelines for designing simulation experiments” en Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference S. G., Monterey: No. 3-6, Págs. 47-57
TECNOLÓGICO. Conceptos básicos diseños factoriales. [En línea] <<http://www.mitecnologico.com/Main/ConceptosBasicosDise%F1osFactoriales>> [citado en diciembre de 2008]

STALK, G. Jr. The Next Source of Competitive Advantage. [En línea] <<http://www.rotman.utoronto.ca/~baum/workshop/Stalk%20--%20Time%20HBR%201988.pdf>> [Citado en abril de 2008]

TAYLOR S. Waiting of service: the relationship between delays and evaluations of service, En: Journal of Marketing [En línea], Volumen. 58, Iss. 2, abril de 1994, Págs. 56–69 [Citado en mayo de 2008] Disponible en JSTOR (Journal Storage) Base de Datos en Línea

THE JOURNAL OF YOUNG INVESTIGATORS. The psychology of time. [En línea] <<http://www.jyi.org/features/ft.php?id=447>> [Citado en noviembre de 2008]

THOMSON, Ivan. Definición de cultura [En línea] <<http://www.promonegocios.net/mercadotecnia/cultura-definicion.html>> [Citado en noviembre de 2008]

TYMOTHY, Keiningham. Clientes enamorados, Primera Edición, Barcelona: Ediciones Deusto, 2003

TORRES ARBIETO, Kenni. La atención [En línea] < <http://www.psicopedagogia.com/atencion>> [Citado en diciembre de 2008]

UNILEVER. Ergonomía en movimiento. Manual de aplicación, Primera edición, Bogotá: Comité de ergonomía Unilever Andina S.A, 2001, Pág 29.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA, MIRO, Jordi, Ansiedad, atención. [En línea] <[http://www.robertexto.com/archivo14/ansied_att_dolor.htm#\(*\)Esta](http://www.robertexto.com/archivo14/ansied_att_dolor.htm#(*)Esta)> [Citado en diciembre de 2008]

UNIVERSIDAD DEL AZUAY. ANDRADE, Ivan. Teoría de Colas I.O. II Ciclo 8° [En línea] <www.uazuay.edu.ec/estudios/sistemas/operativa2/colas.ppt> [Citado en mayo de 2008]

UNIVERSIDAD DE CAMBRIDGE E IBM. La innovación en el sector servicios es deficitaria. [En línea] <http://www.tendencias21.net/La-innovacion-en-el-sector-servicios-es-deficitaria_a2242.html> [Citado en abril de 2008]

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE. Tipos de test de selección. [En línea] <http://observatorio.umh.es/cas/PIL/tipos_de_test_de_seleccion.htm> [Citado en noviembre de 2008]

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. Simulación. Método de Montercarlo [En línea] <http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/inv_op/apuntes/Apunte_Teorico_MC_2005.pdf> [Citado en junio de 2008]

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Definiciones de Simulación [En línea] <<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4060010/lecciones/Capitulo1/simulacion.htm>> [Citado en mayo de 2008]

VALLEJO SECO, Guillermo; FERNANDEZ GARCÍA, Maria Paula; LIVACIC ROJAS, Pablo Esteban. Generalización del enfoque Brown-Forsythe a diseños factoriales. En: Psicothema [En línea], Volumen. 20, No. 4, 2008, Págs. 969-963 [Citado en diciembre de 2008] Disponible en <<http://www.psicothema.com/pdf/3584.pdf>>.

VAN HORNE, James C. Fundamentos de Administración Financiera, Undécima Edición, México: Prentice Hall, 2002, Pág 337.

VELTHOVEN, J. Van; VAN HOUDT, B.; BLONDIA, C.. On the probability of abandonment in queues with limited sojourn and waiting times. En: Operations Research Letters, Volumen. 34, No. 3, 2006, Págs. 333 – 338 [Citado en abril de 2008] Disponible en ScienceDirect Base de Datos en Línea

V.G. KULKARNI. Modeling, Analysis, Design, and control of Stochastic Systems, New Cork: Springer, 1999, Pág 252.

ZAKAY, D; HORNIK, J., Psychological Time: The Case of Time and Consumer Behaviour. En: Time Society [En línea], Volumen 5, No.3, 1996, Págs. 385-397 [Citado en marzo de 2008] Disponible en SageJournals Online.

ANEXOS

Anexo 1. Premuestreo discriminado por tratamiento

Situación inicial	Tiempo Esperado	Tiempo Percibido	Tiempo de impaciencia
1	14 minutos	14 minutos	0 minutos
2	11 minutos	14 minutos	3 minutos
3	13 minutos	13 minutos	0 minutos
4	10 minutos	11 minutos	1 minutos
5	10 minutos	14 minutos	4 minutos
6	13 minutos	14 minutos	1 minutos
7	14 minutos	12 minutos	-2 minutos
8	18 minutos	14 minutos	-4 minutos
9	14 minutos	12 minutos	-2 minutos
10	13 minutos	10 minutos	-3 minutos

Cuadro 1. Premuestreo situación inicial

En la tabla anterior se registra los tiempos de espera percibidos y los tiempos que piensan que tiene que esperar aquellos usuarios a los que no se les aplica ningún tratamiento que corresponden al número 5 de la lista generada para asignar los tratamientos a las unidades experimentales.

Atención (Con Pasatiempo)	Tiempo Esperado	Tiempo Percibido	Tiempo de impaciencia
1	11 minutos	10 minutos	-1 minutos
2	5 minutos	9 minutos	4 minutos
3	12 minutos	11 minutos	-1 minutos
4	11 minutos	10 minutos	-1 minutos
5	12 minutos	8 minutos	-4 minutos
6	10 minutos	10 minutos	0 minutos
7	11 minutos	8 minutos	-3 minutos
8	13 minutos	8 minutos	-5 minutos
9	11 minutos	9 minutos	-2 minutos
10	11 minutos	8 minutos	-3 minutos

Cuadro 2. Premuestreo Atención

En la premuestra solo se consideró como tratamiento la presencia del estímulo para focalizar la atención del usuario, la ausencia del estímulo corresponde a la situación inicial expuesta anteriormente.

Ansiedad (Con menú)	Tiempo Esperado	Tiempo Percibido	Tiempo de impaciencia
1	10 minutos	10 minutos	0 minutos
2	12 minutos	9 minutos	-3 minutos
3	11 minutos	10 minutos	-1 minutos
4	11 minutos	14 minutos	3 minutos
5	11 minutos	9 minutos	-2 minutos
6	12 minutos	9 minutos	-3 minutos
7	13 minutos	11 minutos	-2 minutos
8	11 minutos	8 minutos	-3 minutos
9	12 minutos	8 minutos	-4 minutos
10	12 minutos	11 minutos	-1 minutos

Cuadro 3. Premuestreo Ansiedad

Al igual que para el factor atención el tratamiento considerado en la premuestra para el factor ansiedad fue únicamente la entrega del menú al usuario en la entrada al sistema; la ausencia de este estímulo corresponde para el caso de la premuestra a la situación inicial.

Mujeres	Tiempo Esperado	Tiempo Percibido	Tiempo de impaciencia
1	12 minutos	12 minutos	0 minutos
2	8 minutos	12 minutos	4 minutos
3	12 minutos	13 minutos	1 minutos
4	10 minutos	13 minutos	3 minutos
5	11 minutos	8 minutos	-3 minutos
6	11 minutos	12 minutos	1 minutos
7	9 minutos	11 minutos	2 minutos
8	8 minutos	10 minutos	2 minutos
9	9 minutos	12 minutos	3 minutos
10	11 minutos	12 minutos	1 minutos

Cuadro 4. Premuestreo Mujeres

Para el factor género si se tomaron los dos niveles del factor, cada nivel representó un tratamiento en la muestra. Para el caso de este factor fue necesario asignar 15 unidades experimentales a cada tratamiento para garantizar 10 replicas por cada tratamiento.

Hombres	Tiempo Esperado	Tiempo Percibido	Tiempo de impaciencia
1	13 minutos	13 minutos	0 minutos
2	14 minutos	11 minutos	-3 minutos
3	11 minutos	13 minutos	2 minutos
4	11 minutos	11 minutos	0 minutos
5	11 minutos	11 minutos	0 minutos
6	12 minutos	11 minutos	-1 minutos
7	11 minutos	11 minutos	0 minutos
8	12 minutos	12 minutos	0 minutos
9	10 minutos	14 minutos	4 minutos
10	12 minutos	13 minutos	1 minutos

Cuadro 5. Premuestreo Hombres

Anexo 2. Plantillas de recolección de datos

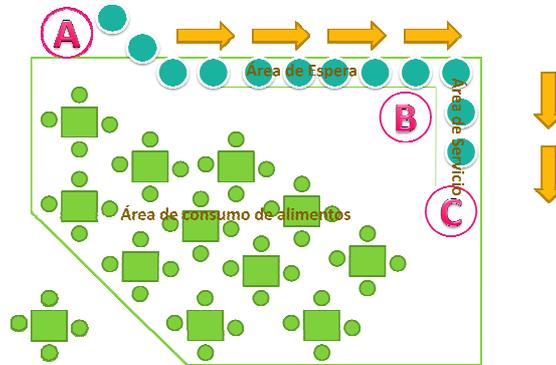


Ilustración 1. Esquema del casino 3M Colombia

Para cada uno de los puntos que se muestran en la **Ilustración 1** se diseña una planilla para registrar las mediciones de las variables de la siguiente forma:

Ubicación A. Número	Variable A. Hora de entrada al sistema (Hora reloj)	Variable B. Tiempo esperado (minutos)	Variable F. Número de personas en cola (usuarios en cola)
.			
.			

Cuadro 6. Variables medidas en el punto A

Ubicación B. Número	Variable D. Hora final de la cola (Hora reloj)	Variable E. Tiempo percibido (minutos)
.		
.		

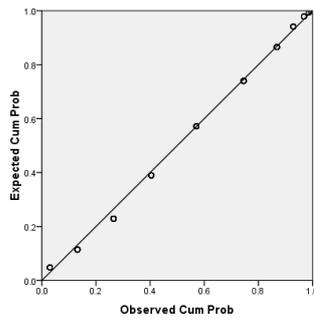
Cuadro 7. Variables medidas en el punto B

Ubicación C. Número	Variable C. Hora de salida del sistema (Hora reloj)	Variable G. Género
.		
.		

Cuadro 8. Variables medidas en el punto C

Anexo 3. Gráfico p-p y pruebas de hipótesis distribución de probabilidad tiempo esperado

Normal P-P Plot of Tiempo que representa la expectativa del usuario (minutos)



Detrended Normal P-P Plot of Tiempo que representa la expectativa del usuario (minutos)

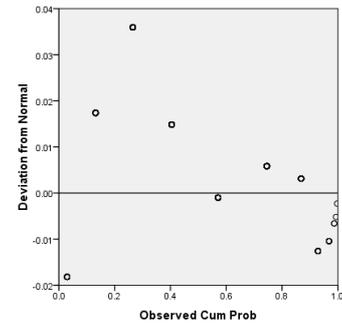


Ilustración 2. Gráficos p-p tiempo esperado

Según el gráfico p-p como los puntos se ajustan a la recta, descriptivamente se podría decir que variable tiempo esperado sigue una distribución normal. En la segunda gráfica no se identifica una función matemática conocida para usar una transformación de la variable.

La distribución de probabilidad de la variable tiempo esperado se determinó usando la herramienta *Input Analyzer de Arena* donde se corrieron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Chi-cuadrado en las que se contrastan las siguientes hipótesis:

$H_0 =$ La variable tiempo esperado se distribuye normal

$H_1 =$ La variable tiempo esperado no se distribuye normal

Resumen de la distribución		Prueba Chi Cuadrado		Prueba Kolmogorov-Smirnov	
Distribución:	Normal	Número de intervalos	= 10	Estadística de prueba	= 0.0885
Expresión:	NORM(3.61, 2.16)	Grados de libertad	= 7	Valor p	= 0.0451
Error cuadrático:	0.035751	Estadística de prueba	= 86.9		
		Valor p	< 0.005		

Cuadro 9. Prueba Chi Cuadrado y prueba Kolmogorov-Smirnov para la variable tiempo esperado

Anexo 4. Gráfico p-p y pruebas de hipótesis distribución de probabilidad tiempo percibido

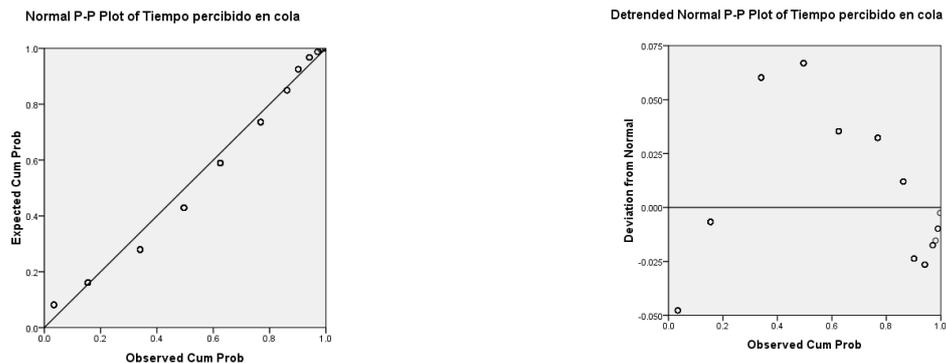


Ilustración 3. Gráficos p-p tiempo percibido

Después de hacer una serie de gráficos p-p con diferentes distribuciones de probabilidad, la distribución que tuvo mayor ajuste a la línea recta fue la normal. En la primera gráfica es observable un ajuste relativamente bueno a la distribución mientras que en la segunda gráfica no es evidente una función matemática que puede servir como transformación. Para verificar la distribución de la variable se corrieron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Chi cuadrado.

$H_0 =$ La variable tiempo percibido se distribuye normal

$H_1 =$ La variable tiempo percibido no se distribuye normal

Resumen de la distribución		Prueba Chi Cuadrado		Prueba Kolmogorov-Smirnov	
Distribución:	Normal	Número de intervalos	= 9	Estadística de prueba	= 0.0939
Expresión:	NORM(3.44, 2.46)	Grados de libertad	= 6	Valor p	= 0.0276
Error cuadrático:	0.020325	Estadística de prueba	= 56.8		
		Valor p	< 0.005		

Cuadro 10. Prueba Chi Cuadrado y prueba Kolmogorov-Smirnov para la variable tiempo percibido

En ambas pruebas se rechaza la suposición de normalidad para la variable independiente del tratamiento, por lo tanto se plantea la hipótesis a verificar posteriormente en el desarrollo de este trabajo que la distribución de probabilidad de la variable tiempo percibido está relacionada con el tratamiento.

Anexo 5. Pruebas de hipótesis distribución de probabilidad tiempo de impaciencia

Resumen de la distribución		Prueba Chi Cuadrado		Prueba Kolmogorov-Smirnov	
Distribución:	Normal	Número de intervalos	= 9	Estadística de prueba	= 0.201
Expresión:	NORM(-0.167, 1.4)	Grados de libertad	= 6	Valor p	= 0.01
Error cuadrático:	0.080600	Estadística de prueba	= 135		
		Valor p	< 0.005		

Cuadro 11. Prueba Chi Cuadrado y prueba Kolmogorov-Smirnov para la variable tiempo de impaciencia

Anexo 6. Gráfico p-p y pruebas de hipótesis distribución de probabilidad tiempo entre llegadas

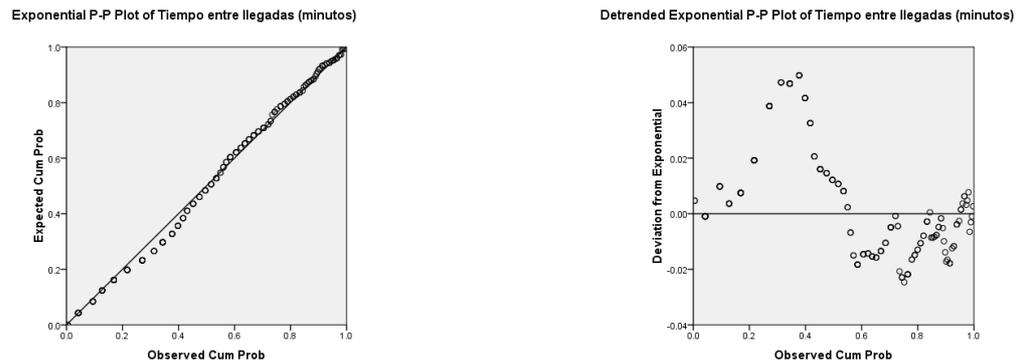


Ilustración 4. Gráficos p-p tiempo entre llegadas

El análisis descriptivo de la distribución de probabilidad de la variable a través de gráficos p-p indica que la variable parece distribuirse exponencial debido a que los puntos en la primera gráfica se ajustan bastante bien a una línea recta en la que al inicio la probabilidad observada es menor que la probabilidad esperada presentándose en la cola de la distribución un cambio de comportamiento en donde la probabilidad observada resulta mayor a la esperada. En la segunda gráfica los puntos siguen una forma similar a la función $-x^2$, tal que podría ser posible una transformación de este tipo. Se hicieron las pruebas de Komolgorov-Smirnov y Chi-Cuadrado para determinar la distribución de la variable:

$H_0 =$ La variable tiempo entre llegadas se distribuye exponencial

$H_1 =$ La variable tiempo entre llegadas no se distribuye exponencial

Resumen de la distribución	Prueba Chi Cuadrado	Prueba Kolmogorov-Smirnov
Distribución: Exponential	Número de intervalos = 8	Estadística de prueba = 0.0424
Expresión: $-0.001 + \text{EXPO}(0.379)$	Grados de libertad = 6	Valor p > 0.15
Error cuadrático: 0.002390	Estadística de prueba = 5.39	
	Valor p = 0.495	

Cuadro 12. Prueba Chi Cuadrado y prueba Kolmogorov-Smirnov para la variable tiempo entre llegadas

Anexo 7. Gráfico p-p y pruebas de hipótesis distribución de probabilidad tiempo de servicio

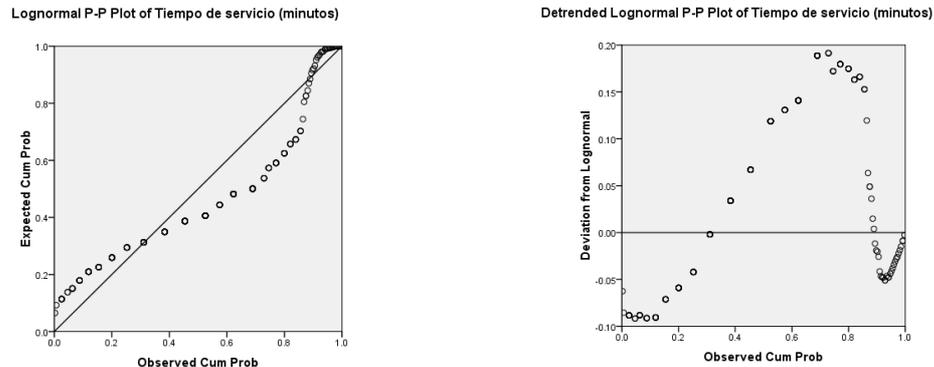


Ilustración 5. Gráficos p-p tiempo de servicio

Después de hacer una serie de gráficos p-p con diferentes distribuciones de probabilidad, el gráfico con mayor ajuste fue el de la distribución lognormal. Sin embargo como se observa en la primera imagen, los puntos no se ajustan a una línea recta por lo tanto la distribución lognormal de la variable es cuestionable descriptivamente. En la segunda gráfica los puntos parecen seguir una función del tipo $-x^2$ que puede ser una transformación a usar para que la variable siga una distribución lognormal. Para contrastar la distribución de la variable, tiempo de servicio se usó la herramienta *Input Analyzer de Arena* para correr las pruebas de Komolgorov-Smirnov y Chi-Cuadrado:

$H_0 =$ La variable tiempo de servicio se distribuye lognormal

$H_1 =$ La variable tiempo de servicio no se distribuye lognormal

Resumen de la distribución		Prueba Chi Cuadrado	Prueba Kolmogorov-Smirnov
Distribución:	Lognormal	Número de intervalos = 6	Estadística de prueba = 0.135
Expresión:	0.63+LOGN(0.466, 0.204)	Grados de libertad = 3	Valor p < 0.01
Error cuadrático:	0.032012	Estadística de prueba = 46.3	
		Valor p < 0.005	

Cuadro 13. Prueba Chi Cuadrado y prueba Kolmogorov-Smirnov para la variable tiempo de servicio

Se obtuvieron mínimos alfa menores al 5% en ambas pruebas.

Anexo 8. Gráfico de dispersión tiempo esperado y número de personas en cola

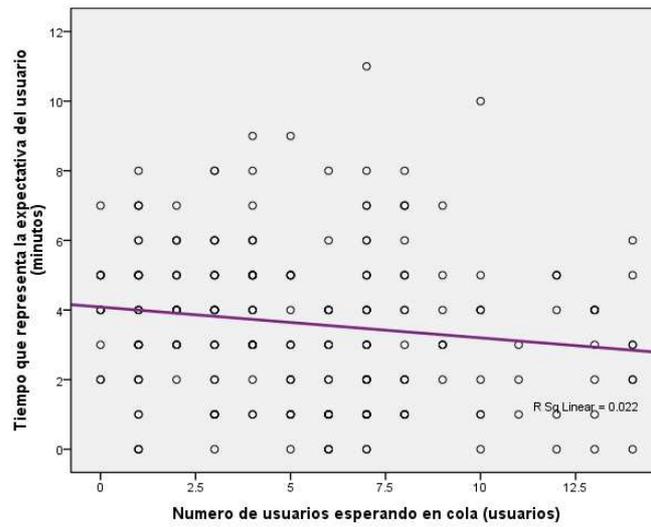


Ilustración 6. Diagrama de dispersión variables tiempo esperado y número de personas en cola

Anexo 9. Gráfico de dispersión tiempo percibido y número de personas en cola

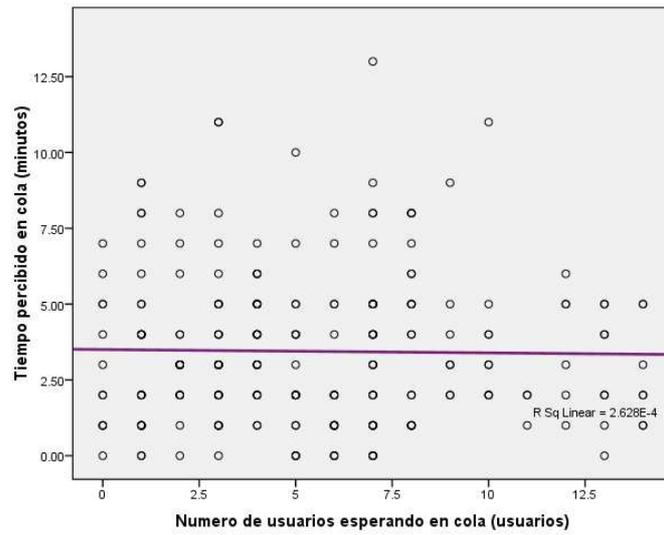


Ilustración 7. Diagrama de dispersión variables tiempo percibido en cola y número de usuarios esperando en cola

Anexo 10. Gráfico de dispersión tiempo de impaciencia y número de usuarios esperando en cola

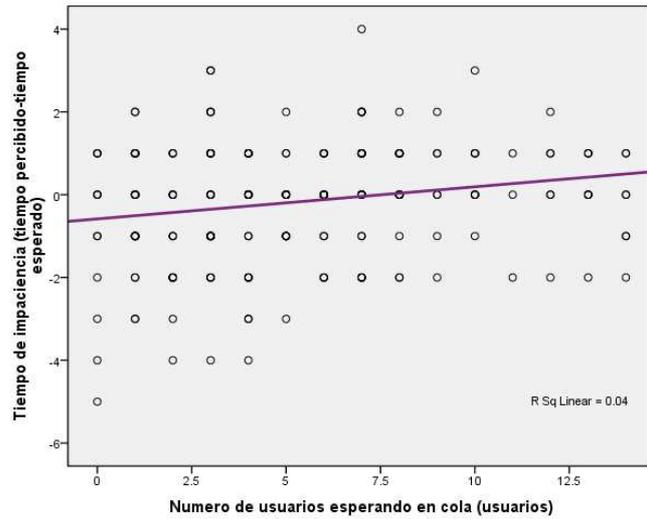


Ilustración 8. Diagrama de dispersión variables tiempo de impaciencia y número de usuarios esperando en cola

Anexo 11. Gráfico de dispersión tiempo de espera en cola y tiempo percibido en cola

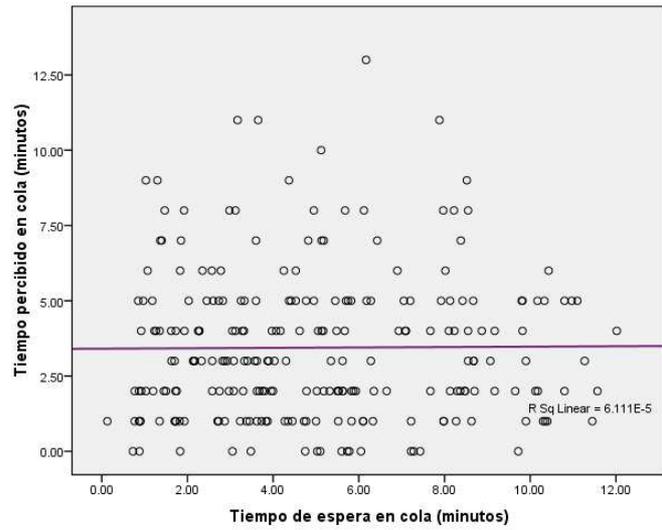


Ilustración 9. Diagrama de dispersión variables tiempo de espera en cola y tiempo percibido en cola

Anexo 12. Gráfico de dispersión tiempo esperado y tiempo percibido en cola

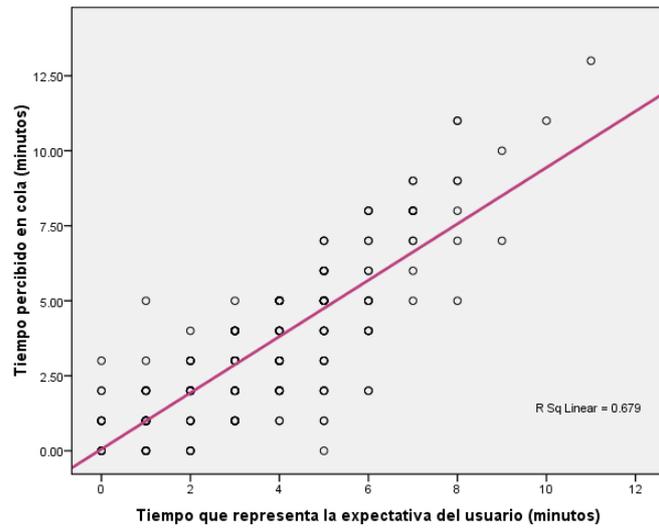


Ilustración 10. Diagrama de dispersión variables tiempo esperado y tiempo percibido en cola

Anexo 13. Estadística descriptiva del experimento

Factores entre sujetos

		Etiqueta	N
Genero del usuario	0	Mujer	123
	1	Hombre	117
Factor ansiedad	0	Sin menú de almuerzo	120
	1	Con menú de almuerzo	120
Factor atención	0	Sin pasatiempo	120
	1	Con pasatiempo	120

Estadísticas Descriptivas

Variable Dependiente:Tiempo de impaciencia (tiempo percibido-tiempo esperado)

Genero del usuario	Factor ansiedad	Factor atención	Media muestral	Desviacion estándar	N
Mujer	Sin menú de almuerzo	Sin pasatiempo	.35	.689	26
		Con pasatiempo	-.24	1.062	33
		Total	.02	.956	59
	Con menú de almuerzo	Sin pasatiempo	.00	1.740	36
		Con pasatiempo	-.50	1.262	28
		Total	-.22	1.558	64
	Total	Sin pasatiempo	.15	1.401	62
		Con pasatiempo	-.36	1.155	61
		Total	-.11	1.305	123
Hombre	Sin menú de almuerzo	Sin pasatiempo	.41	1.184	34
		Con pasatiempo	-.15	1.379	27
		Total	.16	1.293	61
	Con menú de almuerzo	Sin pasatiempo	-.54	2.021	24
		Con pasatiempo	-.75	1.244	32
		Total	-.66	1.610	56
	Total	Sin pasatiempo	.02	1.638	58
		Con pasatiempo	-.47	1.331	59
		Total	-.23	1.505	117
Total	Sin menú de almuerzo	Sin pasatiempo	.38	.993	60
		Con pasatiempo	-.20	1.205	60
		Total	.09	1.138	120
	Con menú de almuerzo	Sin pasatiempo	-.22	1.860	60
		Con pasatiempo	-.63	1.248	60
		Total	-.43	1.591	120
	Total	Sin pasatiempo	.08	1.515	120
		Con pasatiempo	-.42	1.241	120
		Total	-.17	1.404	240

Cuadro 14. Estadística descriptiva del experimento

Anexo 14. Prueba de normalidad residuales del análisis de varianza ANOVA

Prueba de Kolmogorov-Smirnov de una sola muestra		Residuales estandarizados para t_impaciencia
N		240
Parametros Normales ^a	Media muestral	.0000
	Desviacion estándar	.98312
Diferencias más significativas	Absoluta	.051
	Positiva	.032
	Negativa	-.051
Kolmogorov-Smirnov Z		.784
Valor p. Sig. (2 colas)		.570

a. Prueba Distribución Normal.

Cuadro 15. Prueba Kolmogorov-Smirnov residuales del análisis de varianzas ANOVA

Se usó la prueba Kolmogorov-Smirnov para verificar la normalidad, cuyas hipótesis a contrastar son:

$H_0 = \text{Los residuos se distribuyen normal}$

$H_1 = \text{Los residuos no se distribuyen normal}$

La prueba arrojó un mínimo alfa de 57%, por lo tanto se concluye que hay evidencia estadística para decir que los residuales siguen una distribución normal, quedando validado así el primer supuesto del Modelo de análisis de varianzas ANOVA.

Anexo 15. Gráfico ZPRED-ZRESID

El gráfico de dispersión muestra la relación entre ZPRED (Predicciones estandarizadas) y ZRESID (Residuos estandarizados)

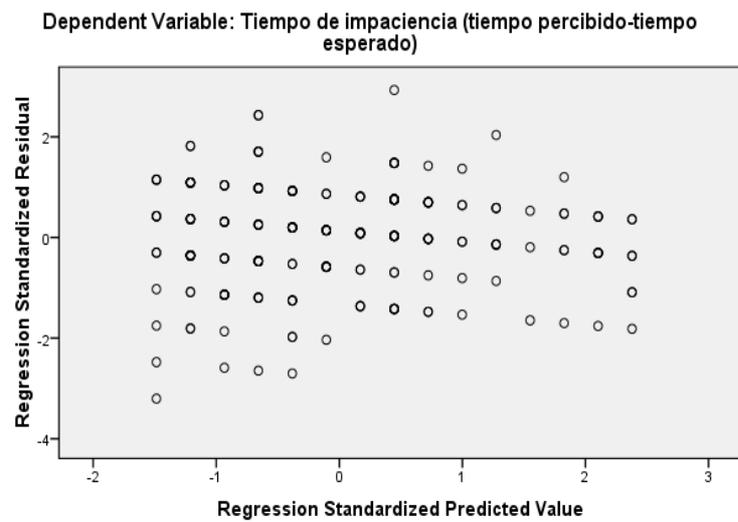


Ilustración 11. Gráfico ZPRED-ZRESID regresión lineal tiempo de impaciencia y número de personas en cola

Anexo 16. Prueba de hipótesis para los residuales de la regresión lineal tiempo de impaciencia y número de personas

Prueba de Kolmogorov-Smirnov de una sola muestra

		Residuales estandarizados
N		240
Parametros Normales ^a	Media muestral	.0000000
	Desviacion estándar	.99790576
Diferencias más significativas	Absoluta	.081
	Positiva	.050
	Negativa	-.081
Kolmogorov-Smirnov Z		1.257
Valor p. Sig. (2 colas)		.085

a. Prueba Distribución Normal.

Cuadro 16. Prueba Kolmogorov-Smirnov residuales regresión lineal tiempo de impaciencia y número de personas en cola

$H_0 =$ Los residuos se distribuyen normal

$H_1 =$ Los residuos no se distribuyen normal

Se obtuvo un mínimo alfa de 8.5%, que aunque muy cercano al 5%, límite en el que se rechazaría la hipótesis nula de distribución normal de los residuos, alcanza a verificarse estadísticamente la normalidad de los errores para la regresión, quedando así comprobados los supuestos que validan el modelo.

Anexo 17. Análisis diagrama de caja y bigotes de los residuales de la regresión lineal entre el tiempo de impaciencia y el número de personas en cola

En cuanto al tratamiento crítico 1, el bigote superior es más corto que el bigote inferior por lo que los datos del tiempo de impaciencia están mucho más concentrados hacia valores más grandes. El tamaño superior de la caja de este tratamiento es mucho más pequeño por lo tanto entre la mediana y el tercer cuartil hay mayor concentración de datos que entre el primer cuartil y la mediana. El tratamiento crítico 3, que se diferencia del tratamiento crítico 1 por el género de la unidad experimental, tiene un comportamiento bastante similar en cuanto a variabilidad y tamaño de los bigotes, los datos parecen ser asimétricos negativos por lo que la mayor concentración de datos tiende hacia valores altos de tiempo de impaciencia.

El tratamiento femenino, con menú de almuerzo, sin pasatiempo, es quizás el más crítico según el gráfico de caja y bigotes, la dispersión de los datos es grande y hay bastante variabilidad en ambos lados de la mediana. El tamaño del bigote inferior es levemente menor que el bigote superior por lo que podría inferir que hay mayor concentración de datos en valores pequeños del tiempo de impaciencia.

El tratamiento crítico 4, en el que varía el género con respecto al tratamiento 1, los datos se distribuyen de forma similar, hay mayor concentración de datos entre el primer cuartil y la mediana y el bigote inferior es un poco más pequeño que el superior, por lo que se deduce que los datos tienen una leve tendencia hacia datos bajos de tiempo de impaciencia.

Anexo 18. Prueba de normalidad tiempo de impaciencia ajustado

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Tiempo de impaciencia ajustado
N		240
Normal Parameters ^a	Mean	-.0606
	Std. Deviation	.45773
Most Extreme Differences	Absolute	.285
	Positive	.238
	Negative	-.285
Kolmogorov-Smirnov Z		4.408
Asymp. Sig. (2-tailed)		.000

a. Test distribution is Normal.

Cuadro 17. Prueba de Kolomogorov-Sminorv tiempo de impaciencia ajustado

Anexo 19. Prueba de diferencia de medias Wilcoxon factor género

Rangos

	Genero del usuario	N	Media muestral Rangos	Suma de Rangos
Tiempo de impaciencia ajustado	Mujer	123	123.43	15182.00
	Hombre	117	117.42	13738.00
	Total	240		

Cuadro 18. Rangos prueba de hipótesis de Wilcoxon W

Estadística de pruebas^a

	Tiempo de impaciencia ajustado
Mann-Whitney U	6835.000
Wilcoxon W	13738.000
Z	-.682
Valor p. Sig. (2 colas)	.496

a. Variable de agrupación: Genero del usuario

Cuadro 19. Prueba de hipótesis de Wilcoxon W factor género

Anexo 20. Prueba de diferencia de medias Wilcoxon factor ansiedad

Rangos				
Factor ansiedad		N	Media muestral Rango	Suma de Rangos
Tiempo de impaciencia ajustado	Sin menú de almuerzo	120	133.82	16058.50
	Con menú de almuerzo	120	107.18	12861.50
	Total	240		

Cuadro 20. Rangos prueba de hipótesis de Wilcoxon W

Estadística de pruebas ^a	
	Tiempo de impaciencia ajustado
Mann-Whitney U	5601.500
Wilcoxon W	12861.500
Z	-3.021
Valor p. Sig. (2 colas)	.003

a. Grouping Variable: Factor ansiedad

Cuadro 21. Prueba de hipótesis de Wilcoxon W factor ansiedad

Anexo 21. Prueba de diferencia de medias Wilcoxon factor atención

Rangos				
Factor atención		N	Media muestral Rango	Suma de Rangos
Tiempo de impaciencia ajustado	Sin pasatiempo	120	131.95	15834.50
	Con pasatiempo	120	109.05	13085.50
	Total	240		

Cuadro 22. Rangos prueba de hipótesis de Wilcoxon W

Estadística de pruebas ^a	
	Tiempo de impaciencia ajustado
Mann-Whitney U	5825.500
Wilcoxon W	13085.500
Z	-2.598
Valor p. Sig. (2 colas)	.009

a. Grouping Variable: Factor atención

Cuadro 23. Prueba de hipótesis de Wilcoxon W factor atención

Anexo 22. Estadística descriptiva diferencia de medias del factor género

			Descriptiva		
Genero del usuario			Estadística	Error estándar	
Tiempo de impaciencia (tiempo percibido-tiempo esperado)	Mujer	Media muestral	-0.11	.118	
		95% Intervalo de confianza para Media muestral	Límite inferior	-0.34	
			Límite superior	.13	
		Media muestral Ajustada (5%)	-0.09		
		Mediana	.00		
		Varianza	1.702		
		Desviación estándar	1.305		
		Mínimo	-4		
		Máximo	4		
		Rango	8		
		Coficiente de asimetría	-0.364	.218	
		Curtosis	.629	.433	
		Hombre	Media muestral	-0.23	.139
			95% Intervalo de confianza para Media muestral	Límite inferior	-0.51
Límite superior	.04				
Media muestral Ajustada (5%)	-0.19				
Mediana	.00				
Varianza	2.265				
Desviación estándar	1.505				
Mínimo	-5				
Máximo	3				
Rango	8				
Coficiente de asimetría	-0.493		.224		
Curtosis	.416		.444		

Cuadro 24. Estadística descriptiva factor género

Anexo 23. Estadística descriptiva diferencia de medias del factor ansiedad

Descriptiva			Estadística	Error estándar	
Factor ansiedad			Estadística	Error estándar	
Tiempo de impaciencia (tiempo percibido-tiempo esperado)	Sin menú de almuerzo	Media muestral	.09	.104	
		95% Intervalo de confianza para Media muestral	Límite inferior	-.11	
			Límite superior	.30	
		Media muestral Ajustada (5%)	.12		
		Mediana	.00		
		Varianza	1.294		
		Desviacion estándar	1.138		
		Minimo	-5		
		Maximo	3		
		Rango	8		
		Coficiente de asimetría	-.879	.221	
		Curtosis	3.060	.438	
			Con menú de almuerzo	Media muestral	-.42
95% Intervalo de confianza para Media muestral	Límite inferior			-.71	
	Límite superior			-.14	
Media muestral Ajustada (5%)	-.41				
Mediana	.00				
Varianza	2.532				
Desviacion estándar	1.591				
Minimo	-4				
Maximo	4				
Rango	8				
Coficiente de asimetría	-.076			.221	
Curtosis	-.276			.438	

Cuadro 25. Estadística descriptiva factor ansiedad

Anexo 24. Estadística descriptiva diferencia de medias factor atención

Descriptiva			Estadística	Error estándar	
Factor atención					
Tiempo de impaciencia (tiempo percibido-tiempo esperado)	Sin pasatiempo	Media muestral	.08	.138	
		95% Intervalo de confianza para Media muestral	Límite inferior	-.19	
			Límite superior	.36	
		Media muestral Ajustada (5%)	.12		
		Mediana	.00		
		Varianza	2.296		
		Desviación estándar	1.515		
		Mínimo	-4		
		Máximo	4		
		Rango	8		
		Coficiente de asimetría	-.424	.221	
		Curtosis	.257	.438	
			Con pasatiempo	Media muestral	-.42
95% Intervalo de confianza para Media muestral	Límite inferior			-.64	
	Límite superior			-.19	
Media muestral Ajustada (5%)	-.33				
Mediana	.00				
Varianza	1.539				
Desviación estándar	1.241				
Mínimo	-5				
Máximo	1				
Rango	6				
Coficiente de asimetría	-.879			.221	
Curtosis	.930			.438	

Cuadro 26. Estadística descriptiva factor género

Anexo 25. Cuadro resumen Capítulo 3

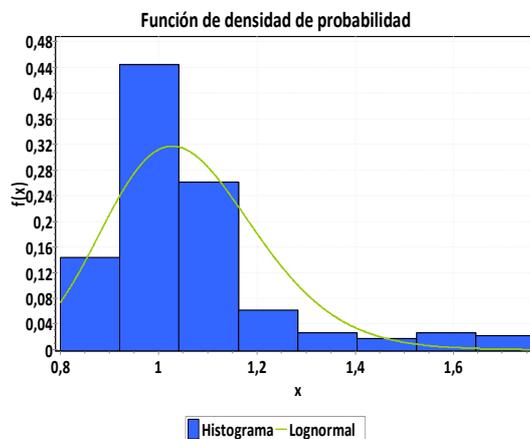
Variable	Media	Desviación	Distribución	Correlaciones
Tiempo Esperado	3.61	2.17	Normal	Número de u en cola Tiempo Percibido
Tiempo Percibido	3.44	2.47	Depende del tratamiento	Tiempo Esperado
Tiempo de Impaciencia	-0.17	1.4	Depende del tratamiento	Número de u en cola
Tiempo entre Llegadas	0.38	0.38	Exponencial	-
Tiempo de Servicio	1.1	0.27	Normal con fallas en el servicio	-
Tiempo de espera en cola	4.99	2,89	-	-
Número de usuarios en cola	13.08	7.88	-	Tiempo esperado Tiempo Impaciencia

ANOVA	
Factores incluidos en el modelo <ul style="list-style-type: none"> Atención (Nivel 1: Con pasatiempo, Nivel 0: Sin pasatiempo) Ansiedad (Nivel 1: Con menú de almuerzo, Nivel 0: Sin menú de almuerzo) Género (Nivel 1: Hombres, Nivel 0: Mujeres) 	
Covariadas <ul style="list-style-type: none"> Número de personas en cola 	
Prueba de supuestos <ul style="list-style-type: none"> Normalidad de residuales Homogeneidad de varianzas 	<ul style="list-style-type: none"> Los residuales se distribuyen normalmente Las varianzas no son homogéneas pero la ANOVA es robusta a este supuesto porque el número de réplicas es similar entre los tratamientos.
Modelo de regresión para analizar causas de no homogeneidad de varianzas <p>Prueba de supuestos</p> <ul style="list-style-type: none"> Correlación de residuales Varianza constante Normalidad de residuales <p>Evaluación del modelo</p> <ul style="list-style-type: none"> Coefficiente de determinación=0.04 Análisis de varianza de la regresión Prueba de hipótesis para β_1 <p>Posibles causas de no homogeneidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> Los residuos no están correlacionados Se prueba la homocedasticidad de varianzas Los residuales se distribuyen normalmente <ul style="list-style-type: none"> No hay una relación fuerte entre las variables El modelo de regresión entre las variables explica más que el error. El coeficiente es diferente de 0 y el modelo de regresión tiene sentido. <p>La mayor variabilidad se encuentra en aquellos tratamientos en los que el usuario recibe menú de almuerzo en donde el efecto del nivel del factor ansiedad parece no producir los mismos efectos en todas las unidades experimentales.</p>
Análisis de varianzas ANOVA <ul style="list-style-type: none"> Factores o combinación de factores que tienen impacto sobre el tiempo de impaciencia. 	<ul style="list-style-type: none"> Ansiedad Atención
Diferencia de medias <ul style="list-style-type: none"> Con pasatiempo-Sin pasatiempo Con menú de almuerzo-Sin menú de almuerzo Hombres-Mujeres 	<ul style="list-style-type: none"> Existe diferencia en el tiempo de impaciencia entre las unidades experimentales que recibieron pasatiempo y las que no lo recibieron. Hay diferencia en el tiempo de impaciencia entre los niveles del factor ansiedad. No hay diferencia en el tiempo de impaciencia entre hombres y mujeres.

Cuadro 27. Resumen del análisis estadístico y el ANOVA-Capítulo 3

Anexo 26. Distribuciones de probabilidad utilizadas en el modelo de simulación

Para determinar la distribución de probabilidad de la variables tiempo de servicio ajustado y, tiempo entre llegadas consideradas como independientes del tratamiento aplicado; los datos obtenidos del experimento fueron analizados por medio de la herramienta *Input Analyzer de Arena* en donde se ejecutaron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Chi-cuadrado.



Resumen de la distribución	Prueba Chi Cuadrado	Prueba Kolmogorov-Smirnov
Distribución: Lognormal	Número de intervalos = 7	Estadística de prueba = 0.0782
Expresión: $0.7 + \text{LOGN}(0.36, 0.154)$	Grados de libertad = 4	Valor p = 0.117
Error cuadrático: 0.016370	Estadística de prueba = 26.2	
	Valor p < 0.005	

Cuadro 28. Distribución de probabilidad tiempo de servicio ajustado

En la prueba Kolmogorov-Smirnov se obtuvo un mínimo alfa de 11.7% que se considera un error probable grande para rechazar la hipótesis nula; por consiguiente hay evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula y afirmar que la variable tiempo de servicio ajustado se distribuye lognormal con parámetros 0.36 minutos y 0.154 minutos. Se usa una nueva variable para el tiempo de servicio llamada tiempo de servicio ajustado debido a que para calcular una distribución de probabilidad que se ajustara al comportamiento fue necesario ignorar los datos atípicos de la muestra obtenida en el experimento. Los datos atípicos ignorados para determinar la distribución fueron representados en el modelo de simulación a través del módulo *Failure de Arena*, para no perder información relevante del sistema real en el modelo.

Anexo 27. Regresiones lineales tiempo de impaciencia y número de personas en cola para cada tratamiento

- **Regresión lineal tiempo de impaciencia y número de usuarios en cola escenario 1**

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Numero de personas en cola ^a		. Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Tiempo de Impaciencia

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.225 ^a	.050	.034	1.22683

a. Predictors: (Constant), Numero de personas en cola

b. Dependent Variable: Tiempo de Impaciencia

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	4.636	1	4.636	3.080	.085 ^a
	Residual	87.297	58	1.505		
	Total	91.933	59			

a. Predictors: (Constant), Numero de personas en cola

b. Dependent Variable: Tiempo de Impaciencia

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-1.108	.313		-3.535	.001
	Numero de personas en cola	.035	.020	.225	1.755	.085

a. Dependent Variable: Tiempo de Impaciencia

Residuals Statistics^a

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-1.1079	-.1284	-.6333	.28032	60
Residual	-3.10198	1.86304	.00000	1.21639	60
Std. Predicted Value	-1.693	1.801	.000	1.000	60
Std. Residual	-2.528	1.519	.000	.991	60

a. Dependent Variable: Tiempo de Impaciencia

- **Regresión lineal tiempo de impaciencia y número de usuarios en cola escenario 2**

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Numero de personas en cola ^a		. Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Tiempo de Impaciencia

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.272 ^a	.074	.058	1.80555

a. Predictors: (Constant), Numero de personas en cola

b. Dependent Variable: Tiempo de Impaciencia

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	15.103	1	15.103	4.633	.036 ^a
	Residual	189.080	58	3.260		
	Total	204.183	59			

a. Predictors: (Constant), Numero de personas en cola

b. Dependent Variable: Tiempo de Impaciencia

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-1.048	.451		-2.323	.024
	Numero de personas en cola	.064	.030	.272	2.152	.036

a. Dependent Variable: Tiempo de Impaciencia

Residuals Statistics^a

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-1.0483	.8093	-.2167	.50595	60
Residual	-3.40007	3.63911	.00000	1.79018	60
Std. Predicted Value	-1.644	2.028	.000	1.000	60
Std. Residual	-1.883	2.016	.000	.991	60

a. Dependent Variable: Tiempo de Impaciencia

- **Regresión lineal tiempo de impaciencia y número de usuarios en cola escenario 3**

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Numero de personas en cola ^a		. Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Tiempo de Impaciencia

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.078 ^a	.006	-.011	1.21114

a. Predictors: (Constant), Numero de personas en cola

b. Dependent Variable: Tiempo de Impaciencia

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.522	1	.522	.356	.553 ^a
	Residual	85.078	58	1.467		
	Total	85.600	59			

a. Predictors: (Constant), Numero de personas en cola

b. Dependent Variable: Tiempo de Impaciencia

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.347	.292		-1.189	.239
	Numero de personas en cola	.012	.021	.078	.596	.553

a. Dependent Variable: Tiempo de Impaciencia

Residuals Statistics^a

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	-.3470	-.0026	-.2000	.09402	60
Residual	-4.65300	1.33470	.00000	1.20084	60
Std. Predicted Value	-1.563	2.100	.000	1.000	60
Std. Residual	-3.842	1.102	.000	.991	60

a. Dependent Variable: Tiempo de Impaciencia

- **Regresión lineal tiempo de impaciencia y número de usuarios en cola escenario 4**

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Numero de personas en cola ^a		. Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: Tiempo de Impaciencia

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.051 ^a	.003	-.015	1.00030

a. Predictors: (Constant), Numero de personas en cola

b. Dependent Variable: Tiempo de Impaciencia

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.149	1	.149	.148	.701 ^a
	Residual	58.035	58	1.001		
	Total	58.183	59			

a. Predictors: (Constant), Numero de personas en cola

b. Dependent Variable: Tiempo de Impaciencia

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.470	.259		1.817	.074
	Numero de personas en cola	-.006	.016	-.051	-.385	.701

a. Dependent Variable: Tiempo de Impaciencia

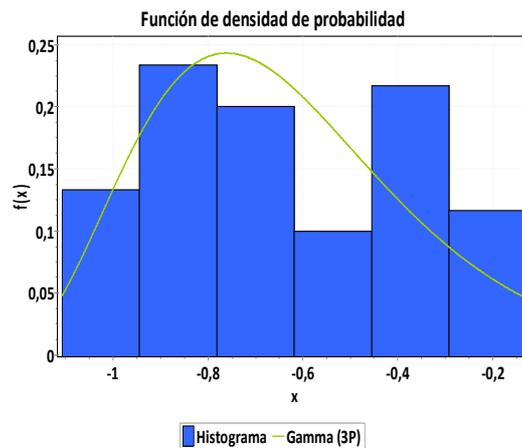
Residuals Statistics^a

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	.2885	.4634	.3833	.05017	60
Residual	-3.41965	2.59284	.00000	.99179	60
Std. Predicted Value	-1.890	1.595	.000	1.000	60
Std. Residual	-3.419	2.592	.000	.991	60

a. Dependent Variable: Tiempo de Impaciencia

Anexo 28. Distribuciones de probabilidad de los residuales de las regresiones lineales por cada escenario

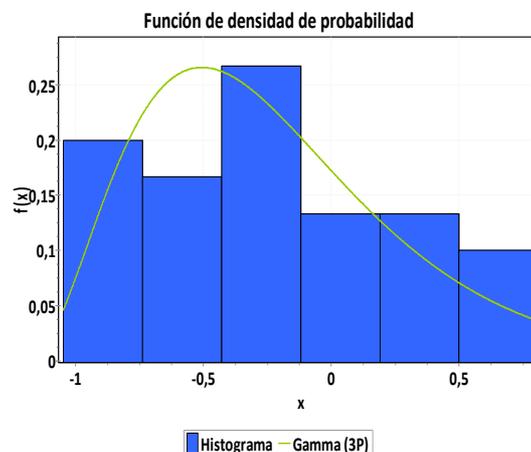
- **Distribución de probabilidad de los errores no estandarizados de la regresión lineal del escenario 1**



Resumen de la distribución	Prueba Chi Cuadrado	Prueba Kolmogorov-Smirnov
Distribución: Gamma	Número de intervalos = 5	Estadística de prueba = 0.111
Expresión: $-1.21 + \text{GAMM}(0.158, 3.65)$	Grados de libertad = 2	Valor p > 0.15
Error cuadrático: 0.010544	Estadística de prueba = 6.04	
	Valor p = 0.0491	

Cuadro 29. Distribución de probabilidad errores no estandarizados regresión lineal escenario 1

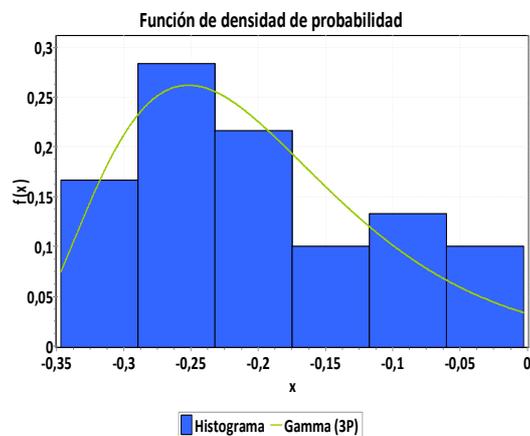
- **Distribución de probabilidad de los errores no estandarizados de la regresión lineal del escenario 2**



Resumen de la distribución	Prueba Chi Cuadrado	Prueba Kolmogorov-Smirnov
Distribución: Gamma	Número de intervalos = 5	Estadística de prueba = 0.0998
Expresión: $-1.24 + \text{GAMM}(0.274, 3.74)$	Grados de libertad = 2	Valor p > 0.15
Error cuadrático: 0.010713	Estadística de prueba = 5.48	
	Valor p = 0.0683	

Cuadro 30. Distribución de probabilidad errores no estandarizados regresión lineal escenario 2

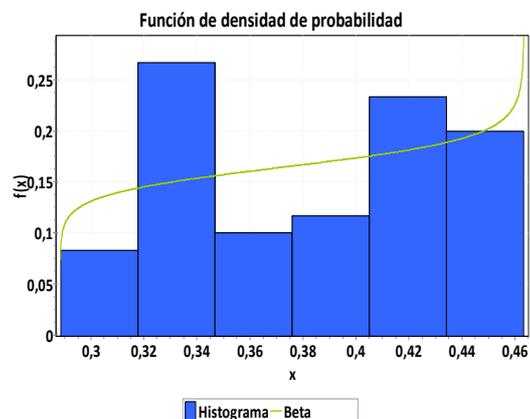
- **Distribución de probabilidad de los errores no estandarizados de la regresión lineal del escenario 3**



Resumen de la distribución	Prueba Chi Cuadrado	Prueba Kolmogorov-Smirnov
Distribución: Gamma	Número de intervalos = 5	Estadística de prueba = 0.12
Expresión: $-0.39 + \text{GAMM}(0.0521, 3.65)$	Grados de libertad = 2	Valor p > 0.15
Error cuadrático: 0.011026	Estadística de prueba = 2.25	
	Valor p = 0.344	

Cuadro 31. Distribución de probabilidad errores no estandarizados regresión lineal escenario 3

- **Distribución de probabilidad de los errores no estandarizados de la regresión lineal del escenario 4**



Resumen de la distribución	Prueba Chi Cuadrado	Prueba Kolmogorov-Smirnov
Distribución: BETA	Número de intervalos = 5	Estadística de prueba = 0.12
Expresión: $0.27 + 0.22 * BETA(1.96, 1.84)$	Grados de libertad = 2	Valor p > 0.15
Error cuadrático: 0.023732	Estadística de prueba = 6.89	
	Valor p = 0.0339	

Cuadro 32. Distribución de probabilidad errores no estandarizados regresión lineal escenario 3

Anexo 29. Conciliación del salario costo para un trabajador con salario mínimo

Concepto ¹¹⁸	Monto
Salario Mínimo Legal	\$ 496,900
Contribución al sistema general de pensiones	\$ 59,600
Contribución al sistema general de seguridad social en salud	\$ 42,200
Contribución al sistema general de riesgos profesionales	\$ 2,600
Subsidio de Transporte para el año 2008	\$ 59,300
Subsidio Familiar (Sena, ICBF, Caja de Compensación)	\$ 44,700
Costo Total mensual (Salario más seguridad social)	\$ 705,300
Costo Total anual (Salario más seguridad social)	\$ 8,463,600
Total Anual Prima de Servicios (1/2 salario cada semestre)	\$ 496,900
Total Anual Cesantías (1 salario mas intereses de 12% anuales)	\$ 622,944
Vacaciones remuneradas (15 días)	\$ 248,450
TOTAL ANUAL	\$ 9,831,894
TOTAL MENSUAL	\$ 819,324
TOTAL DIARIO	\$ 27,310
TOTAL HORA	\$ 3,413

¹¹⁸ MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL, [En Línea] <<http://www.minproteccionsocial.gov.co>>[Citado en marzo de 2009]