

---

# MODELO DE SIMULACIÓN APLICADO A PROCESOS DE ATENCIÓN PRESENCIAL DE CONTRIBUYENTES EN LA DIRECCIÓN REGIONAL METROPOLITANA SANTIAGO ORIENTE DEL SERVICIO DE IMPUESTOS INTERNOS DE CHILE

---

RAÚL CARPIO CARRASCO \*  
JUAN CARLOS VILCHEZ PARDO \*\*  
PATRICIO DUHALDE ALBORNOZ \*\*

## Resumen

Con la finalidad de disponer de una herramienta que ayude en la toma de decisiones, en el ámbito táctico- estratégico, que permita mejorar la eficiencia y calidad de los procesos de atención presencial de contribuyentes que el Servicio de Impuestos Internos de Chile proporciona en la Dirección Regional Metropolitana Santiago Oriente, se estudiaron los procesos de atención de público en la Plataforma de Atención y Asistencia de Contribuyentes de esta unidad, con el objetivo de desarrollar un modelo de simulación que permita, en función de las variables que determinan los objetivos estratégicos del SII, evaluar, para horizontes de mediano a largo plazo, los impactos de distintas configuraciones de atención.

**Palabras Clave:** Servicio de Impuestos Internos, Simulación, Diseño de Procesos.

---

\*Subdirección de Contraloría Interna del Servicio de Impuestos Internos de Chile

\*\*Subdirección de Fiscalización del Servicio de Impuestos Internos de Chile

---

## 1. Introducción

---

Durante el 2013, el Servicio de Impuestos Internos de Chile<sup>1</sup>, en adelante indistintamente SII o el Servicio, recibió en su Plataforma de Atención y Asistencia de Contribuyentes a más de 3 Millones de usuarios que requirieron de una atención presencial a lo largo de Chile.

En la actualidad, la administración del proceso de atención se basa en un esquema en que las decisiones son tomadas conforme a los resultados obtenidos, a la cantidad de contribuyentes que pertenecen a la jurisdicción y a la operación observada y percibida in situ por los funcionarios y jefaturas del Departamento Plataforma de Atención y Asistencia.

Con la finalidad de disponer de una herramienta que ayude en la toma de decisiones en el ámbito táctico- estratégico, y que permita mejorar la eficiencia<sup>2</sup> y calidad<sup>3</sup> de los procesos de atención presencial de contribuyentes, se desarrolló un modelo de simulación aplicado específicamente al proceso de atención de la Dirección Regional Metropolitana Santiago Oriente (DRMSO), por ser ésta una de las oficinas de mayor demanda a nivel nacional.

Dentro de las aplicaciones del modelo desarrollado están las siguientes:

- Medición del impacto en el sistema de atención frente a cambios en la demanda.
- Evaluación de proyectos de mejoramiento de la atención de contribuyentes que tengan por objeto invertir en infraestructura y/o tecnología.
- Determinación de tasas de ocupación máximas que permitan que los sistemas de atención operen de manera estable, minimizando la posibilidad de colapsos ante imprevistos.
- Determinar la ubicación y cantidad de módulos de atención.
- Evaluación de nuevas políticas de atención.

---

<sup>1</sup>Servicio público que tiene a su cargo la aplicación y fiscalización de todos los impuestos internos de Chile.

<sup>2</sup>Mejoramiento en la calidad de la atención sin necesidad de emplear recursos adicionales.

<sup>3</sup>Atributos del proceso de atención que permiten que pueda ser comparado con procesos de atención similares.

---

## 2. Modelo operacional general de la plataforma de atención y asistencia de contribuyentes

---

La Plataforma de Atención y Asistencia de Contribuyentes tiene la función de actuar como contacto permanente en la atención presencial de los requerimientos del contribuyente <sup>4</sup>. Su estructura está compuesta por:

1. Un área de información y asistencia: Es donde se atienden las consultas que presentan los contribuyentes, entregando información, orientación y promoviendo la autoatención mediante el uso del portal Web del SII o bien derivando al área de atención correspondiente.
2. Un área de atención para trámites generales: Corresponde a la primera línea de atención o *front office* y es la encargada de recibir, admitir y procesar los requerimientos de los contribuyentes. Los principales trámites que se realizan en la primera línea son:
  - Obtención de RUT<sup>5</sup>, Registro de Inicio de Actividades y Modificaciones (RIAC).
  - Timbraje de Documentos<sup>6</sup> y Timbraje Express <sup>7</sup>.
  - Peticiones Administrativas<sup>8</sup>.
  - Término de Giro<sup>9</sup>.
3. Un área de atención para trámites específicos: Corresponde a la segunda línea de atención o *back office* de la Plataforma. Está conformada por un equipo de fiscalizadores habilitados para recibir los requerimientos que deriven las áreas de información y asistencia, atención de trámites generales o atender directamente a contribuyentes con situaciones pendientes con el SII. Estos funcionarios son los encargados de resolver los trámites

---

<sup>4</sup>Persona natural o jurídica, o administradores o tenedores de bienes ajenos afectados por impuestos.

<sup>5</sup>Corresponde al trámite de obtención del Rol Único Tributario.

<sup>6</sup>Es la autorización de los documentos tributarios para que un contribuyente pueda operar.

<sup>7</sup>Consiste en el timbraje de boletas o libros, los cuales son de menor complejidad y requieren de un menor tiempo de proceso.

<sup>8</sup>Son solicitudes y avisos de tipo general que los contribuyentes realizan ante la administración tributaria.

<sup>9</sup>Trámite obligatorio que los contribuyentes deben realizar cuando ponen término a su actividad.

de mayor complejidad y que requieren de mayor tiempo y competencia para su resolución.

## 2.1. Flujo de atención de contribuyentes

Los contribuyentes que acuden a la Plataforma de Atención y Asistencia, pueden concurrir como primera instancia al Área de Información y Asistencia para requerir información del trámite que requieren realizar<sup>10</sup>.

Aquellos contribuyentes que requieran realizar algún trámite de RIAC, Peticiones Administrativas, Término de Giro o Timbraje de Documentos, pueden acudir directamente al Área de Atención para Trámites Generales a efectuar su diligencia.

Finalmente, son atendidos en el Área de Atención para Trámites Específicos sólo aquellos contribuyentes que son derivados desde el Área de Atención para Trámites Generales o desde el Área de Información y Asistencia, previa validación de la jefatura correspondiente.

El diagrama presentado en la Figura 1 resume el flujo de atención descrito.

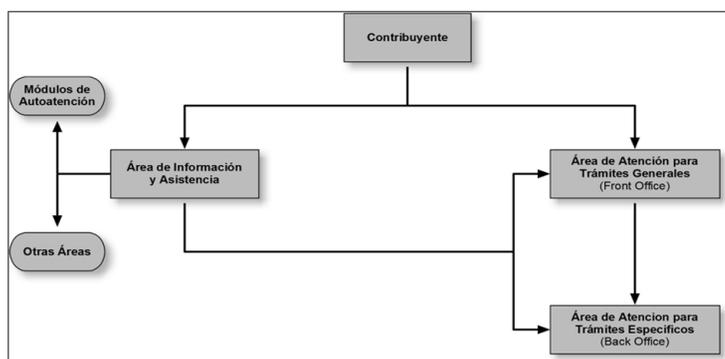


Figura 1: Flujo de atención de contribuyentes.

## 2.2. Sistema de control y gestión de atención de público (SCGA)

El SII, con el objetivo de ofrecer servicios que faciliten el cumplimiento tributario de los contribuyentes, implementó a mediados del año 2011, en la Plataforma de Atención y Asistencia de Contribuyentes, un “Sistema de Control y Gestión de Atención de Público (SCGA)” cuya finalidad es mejorar la administración y gestión de la atención masiva de público.

<sup>10</sup>Si el trámite puede ser realizado por Internet, los funcionarios orientarán y asistirán al contribuyente para concretar su trámite en un Módulo de Autoatención. Cuando el trámite no pueda ser realizado en Internet, se derivará -al contribuyente- al Área de Atención para Trámites Generales o bien al área que corresponda.

Este sistema, mediante el registro de la llegada y el tipo de trámite a realizar por el usuario, contribuyente o mandatario<sup>11</sup>, permite generar un número de atención, el cual es asignado de forma automática a un puesto de trabajo que se encuentre activo y desocupado, para así iniciar el proceso de atención.

Por medio del SCGA es posible monitorear, registrar y almacenar la información del proceso de atención, obteniendo indicadores de gestión, tales como: el tiempo de espera y atención de los usuarios, tipos de trámites realizados y la cantidad de números emitidos y atendidos, posibilitando además el control y administración remota del sistema.

### 2.3. Delimitación del modelo

La DRMSO se encuentra ubicada en la comuna de Providencia en Santiago-Chile, consta de un edificio del cual los pisos 1° al 12° pertenecen al SII, con un total de 6.000 m<sup>2</sup> aproximadamente.

La Plataforma de Atención y Asistencia de Contribuyentes de la DRMSO se encuentra circunscrita al piso N°2, en donde se realizan trámites de RIAC, Timbraje y Timbraje Express (Trámites Generales o *Front Office*), junto con los trámites realizados por fiscalizadores (Trámites Específicos o *Back Office*); y al piso N°7 en donde se realizan solo trámites de Peticiones Administrativas. Sin embargo, para efectos de este trabajo, sólo se considerará el funcionamiento del servicio de atención proveído en el 2° piso.

---

## 3. Herramienta de simulación

---

Si bien la actual forma de operar del SII ha permitido mejorar los parámetros de atención, no se ha considerado en el proceso de toma de decisiones otros factores, tales como la aleatoriedad propia de los procesos de atención y la medición del nivel de impacto que podría generar una decisión en el proceso de atención, por lo que se hace necesario revisar otras formas de planificar y operar en las oficinas. Esta situación condujo a evaluar la opción de utilizar la simulación como herramienta para modelar el proceso de atención de una oficina, la que permitiría analizar y evaluar distintas configuraciones de atención y de esta manera facilitar la toma de decisiones. Con este objetivo, se desarrolló un modelo de simulación, para lo cual se utilizó el software ProModel [5].

En sistemas complejos en los cuales existen líneas de espera, y cuando por la cantidad de variables no es práctico utilizar métodos analíticos, el desarrollo

---

<sup>11</sup>Persona que recibe la confianza de otra para actuar en su nombre.

de modelos de simulación [7, 3, 1, 2] se utiliza ampliamente como herramienta en la toma de decisiones.

Para desarrollar modelos de simulación se utiliza software especializado. Se distinguen software de simulación basada en eventos discretos (Discrete-Event) y software de simulación basada en agentes (Agent-Based). Los primeros están focalizados en los procesos y los segundos en las entidades [6].

ProModel utiliza simulación basada en eventos discretos, la cual es la más comúnmente utilizada en líneas de espera.

Otro tipo de técnica utilizada en la simulación por eventos discretos, es la simulación dirigida por datos (Data - Driven), en la cual los modelos de simulación se generan automáticamente en base a datos operacionales. Las ventajas son la flexibilidad y que no se requiere demasiada expertise durante el proceso de modelamiento [4].

De la literatura consultada se extrae que en sectores industriales en los cuales la gestión de líneas de espera es un factor que determina la competitividad, la simulación es ampliamente utilizada. Por ejemplo bancos, call centers, estaciones de servicio para automóviles, servicios de urgencia médica o el movimiento de camiones en obras de construcción. En estos casos los modelos de simulación dependen de los modelos de negocios específicos de cada sector. En el caso del SII la simulación se orienta al cumplimiento de sus objetivos estratégicos asociados al cumplimiento tributario.

---

## 4. Metodología

---

La metodología utilizada consistió en la caracterización del proceso de llegada y atención de contribuyentes para luego crear un modelo de simulación del sistema de referencia.

### 4.1. Flujo de atención

El flujo de atención de un contribuyente o mandatario que ingresa al sistema es el siguiente:

- Etapa 1: Entrada al sistema del contribuyente o mandatario.
- Etapa 2: Emisión de número de atención en dispensador. En esta instancia se determina el orden de atención del contribuyente o mandatario y si la atención del trámite se llevará a cabo en un módulo de atención *front office* o *back office*.

Una atención será derivada a *back office* cuando el contribuyente mantenga situaciones pendientes con el SII.

- Etapa 3: Ingreso de contribuyente o mandatario a sala de espera *front office* si el dispensador derivó la atención a *front office* o a sala de espera *back office*, si el dispensador derivó la atención a *back office*.
- Etapa 4: Salida del contribuyente o mandatario desde sala de espera *front office* e ingreso a un módulo de atención *front office* o salida del contribuyente o mandatario desde sala de espera *back office* e ingreso a un módulo de atención *back office*.
- Etapa 5: Atención de contribuyente o mandatario en un módulo *front office* o en un módulo *back office*, según corresponda.

Si la atención es en *front office* y se determina que el trámite es complejo, el contribuyente o mandatario es derivado a *back office*, con lo cual el flujo de atención continúa de la siguiente manera:

- Ingreso de contribuyente o mandatario a sala de espera *back office*.
  - Salida desde sala de espera *back office*.
  - Atención de contribuyente o mandatario en un módulo *back office*.
- Etapa 6: Salida del sistema del contribuyente o mandatario y fin de atención.

Las etapas del flujo de atención determinan dos estados para el contribuyente o mandatario:

1. Estado en espera: Cuando se encuentra esperando para emitir un número de atención o está en alguna de las salas de espera.
2. Estado en atención: Cuando está emitiendo un número de atención o está siendo atendido en alguno de los módulos de atención.

#### **4.2. Caracterización de los procesos de llegada y atención de contribuyentes**

Para construir el modelo de simulación, fue necesario primero identificar los elementos del sistema y los atributos que los caracterizan.

#### 4.2.1. Elementos del sistema

Los elementos de la Plataforma de Atención y Asistencia de Contribuyentes son:

- Entidades: contribuyentes o mandatarios que llegan a la unidad de atención a realizar trámites.
- Locaciones: módulos o puestos de trabajo destinados a la atención y los espacios destinados a espera.

En la Tabla 1 se describen cada de los elementos del sistema.

Elemento	Tipo	Descripción
Contribuyente	Entidad	Entidad que llega a la unidad de atención a realizar un trámite.
Mandatario	Entidad	Entidad que llega a la unidad de atención a realizar un trámite en representación de uno o más contribuyentes.
Dispensador de tickets de atención	Locación	Locación cuya función es determinar en forma automática, mediante la emisión de un número de atención, el orden de atención y si la atención será derivada a un módulo <i>front office</i> o a un módulo <i>back office</i> . Se estimó en base a datos reales de la DRMSO del periodo enero-diciembre de 2013, que la probabilidad que se derive una atención a <i>front office</i> es de un 97 % y que se derive a <i>back office</i> de un 3 %.
Módulo de atención <i>front office</i> (Atención para trámites generales)	Locación	Locación de primera línea en la cual un funcionario realiza la atención a contribuyentes o mandatarios.
Módulo de atención <i>back office</i> (Atención para trámites específicos)	Locación	Locación de segunda línea en la cual un funcionario fiscalizador realiza la atención a contribuyentes o mandatarios.
Sala de espera	Locación	Locación en la cual el contribuyente o mandatario espera cuando no existen módulos de atención desocupados.

Tabla 1: Elementos del sistema

#### 4.2.2. Atributos

Cada uno de los elementos descritos en la Tabla 1 tiene asociado atributos que permiten determinar la dinámica del sistema.

#### 4.2.2.1. Atributos de las entidades

Los atributos que caracterizan a las entidades, contribuyentes o mandatarios, son:

- El tipo de trámite a realizar y
- El tiempo entre llegadas.

El tiempo entre llegadas es el tiempo que transcurre desde que llega un contribuyente o mandatario al sistema, hasta que llega el siguiente contribuyente o mandatario al sistema. Este tiempo entre llegadas no es determinístico sino que es una variable aleatoria continua, la cual puede ser descrita mediante su función de densidad de probabilidad. En la Tabla 2 se caracteriza el proceso de llegada de contribuyentes o mandatarios.

Elemento	Trámite	Tiempo entre llegadas	p-value
Contribuyente o Mandatario	RIAC	LogNormal (1.09, 1.66) min	K-S test: 0.216 A-D test: 0.2
	Timbraje	Pearson6 (1.43, 9.76, 2.55) min	K-S test: 7.22x10-2
	Timbraje Express		A-D test: 0.238

Tabla 2: Proceso de llegada

Por otra parte, del 100 % de los contribuyentes o mandatarios que acuden a la plataforma a realizar el trámite de Timbraje o Timbraje Express, se estimó que existe una probabilidad de un 81 % que el trámite sea Timbraje y un 19 % de probabilidad que el trámite sea Timbraje Express. Se estimó además que la probabilidad de que llegue un mandatario a realizar el trámite es de un 41 % frente a un 59 % de que llegue un contribuyente. Estas probabilidades fueron calculadas a partir de datos reales de la DRMSO del periodo enero-diciembre 2013.

#### 4.2.2.2. Atributos de las locaciones

Los atributos que las caracterizan son:

- Cantidad.
- Trámites que atiende.
- Prioridad asignada.
- Duración de las pausas de descanso, durante las cuales la locación no está disponible y,

- Tiempo de servicio o atención.

El tiempo de servicio o atención va a depender a su vez de los siguientes factores:

- Tipo de trámite a realizar.
- Si el trámite es realizado por un contribuyente o mandatario. Esta distinción se debe a que cuando el trámite es realizado por un mandatario, una misma atención incluye a todos los contribuyentes que representa.

Por otra parte se debe considerar que existen atenciones perdidas, que se generan cuando un contribuyente o mandatario abandona el sistema antes de iniciar su trámite. En estos casos, el tiempo de servicio del módulo asignado a la atención del contribuyente o mandatario que abandonó el sistema es el tiempo que utiliza el funcionario en esperar y/o realizar un llamado. Este tiempo está configurado en 50 segundos en el SCGA, transcurrido este tiempo el sistema procede a anular el turno automáticamente.

En la Tabla 3 se muestra la probabilidad de una atención perdida, en función del tipo de trámite y del módulo asignado a la atención del contribuyente o mandatario. Dichas probabilidades se calcularon a partir de datos reales de la DRMSO del periodo enero-diciembre 2013.

Trámite/Área de Atención	<i>Front Office</i>	<i>Back Office</i>
RIAC	33 %	
Timbraje	23 %	22 %
Timbraje Express	25 %	

Tabla 3: Probabilidad de ocurrencia de atención perdida.

También existe una situación particular en la cual un contribuyente o mandatario es derivado desde un módulo de atención *front office* hacia un módulo de atención *back office*. En estos casos el tiempo de servicio del módulo *front office* es el tiempo que utiliza el funcionario en revisar los antecedentes del contribuyente o mandatario que justifican realizar la derivación, el cual fue estimado a partir de los registros mínimos y máximos.

Se estimó que la probabilidad que un trámite sea derivado desde *front office* a *back office* es un 5%. Esta probabilidad fue calculada a partir de datos reales de la DRMSO del periodo enero-diciembre 2013.

Al igual que el tiempo entre llegadas, el tiempo de servicio de una locación es una variable aleatoria continua que se representó por su función de densidad

de probabilidad, salvo el tiempo que un contribuyente o mandatario utiliza en obtener el número de atención, el que conforme a lo observado y consultado a los usuarios del sistema se estimó en 16 segundos. En la Tabla 4 se detalla el proceso de atención.

Con respecto a la duración de la pausa de descanso, se estimó en 15 minutos por locación/jornada, tanto para los módulos *front office* como *back office*, tomando como precaución que se aplique en forma secuencial, de manera que por módulo no existan dos locaciones en pausa simultáneamente.

Las funciones de densidad de probabilidad de los tiempos entre llegadas y de los tiempos de servicio se estimaron utilizando el software STAT::FIT [8]. Para la estimación de los parámetros de las funciones de densidad de probabilidad el software utiliza el método Maximum likelihood, y para testear la bondad de ajuste a los datos, los métodos: Kolmogorov–Smirnov test y Anderson–Darling test, cuyos p-value se indican en las Tablas 2 y 4). En estas mismas tablas la columna “Gráfico estimación función densidad de probabilidad” muestra en color rojo la curva ajustada de la función de densidad de probabilidad y en color azul los datos reales.

De la función de distribución de probabilidad de los tiempos entre llegadas de contribuyentes o mandatarios que realizan trámites de RIAC, se calculó mediante el software STAT::FIT, que existe una probabilidad de un 75 % que el tiempo entre llegadas sea menor o igual a 1,26 minutos. De igual forma se calculó una probabilidad de 75 % de que el tiempo entre llegadas de contribuyentes o mandatarios que realizan trámites de Timbraje o Timbraje Express sea menor o igual a 0,555 minutos. Esto implica que la frecuencia de llegada de contribuyentes a realizar trámites de Timbraje y Timbraje Express es mayor a la frecuencia de contribuyentes que llegan a la plataforma a realizar trámites de RIAC.

De las funciones de densidad de probabilidad de los tiempos de servicio, se puede inferir que cuando el trámite es timbraje realizado por un mandatario existe un 50 % de probabilidad que el tiempo de servicio varíe entre 3,23 y 8,55 minutos, con un rango intercuartil de 5,32 minutos (8,55 – 3,23). Por otra parte para los trámite atendidos en *back office* existe un 50 % de probabilidad que el tiempo de servicio varíe entre 5,63 y 20,2 minutos, con un rango intercuartil de 14,57 minutos (20,2 – 5,63). De lo anterior se deduce, considerando que el rango intercuartil es menor, que el trámite timbraje es más estructurado que los trámites atendidos en *back office*.

Elemento	#	Tipo de trámite	Tiempo de servicio	p-value
Dispensador de tickets	2	RIAC, Timbraje	16 s	No aplica
	1	Timbraje Express		
Módulo de atención <i>front office</i> (Atención trámites generales)	RIAC	Mandatario	Weibull (1.12, 12.9) min	K-S test: 0.109 A-D test : 9.95 x10-2
		Contribuyente	Pearson 6 (1.39, 7.95, 54.4) min	K-S test: 0.119 A-D test: 4.84 x10-2
		Atención perdida	50 s	No aplica
		Derivación a <i>back office</i>	Uniform (0.75, 3.11) min	-
Módulo de atención <i>front office</i> (Atención trámites generales)	RIAC	Mandatario	LogLogistic (2.26, 5.26) min	K-S test: 6.93 x10-2 A-D test: 4.55 x10-2
		Contribuyente	LogLogistic (2.2, 5.03) min	K-S test: 8.88 x10-2 A-D test: 6.44 x10-2
		Atención perdida	50 s	No aplica
		Derivación a <i>back office</i>	Uniform	
Módulo de atención <i>front office</i> (Atención trámites generales)	RIAC	Mandatario	Weibull (1.12, 12.9) min	K-S test: 0.109 A-D test: 9.95 x10-2
		Contribuyente	Pearson 6 (1.39, 7.95, 54.4) min	K-S test: 0.119 A-D test: 4.84 x10-2
		Atención perdida	50 s	No aplica
		Derivación a <i>back office</i>	U(0.75, 3.11) min	-

9	Timbraje (prioridad)	Mandatario	<i>LogLogistic</i> (2.26, 5.26) min	K-S test: 6.93 x10-2 A-D test: 4.55 x10-2
		Contribuyente	<i>LogLogistic</i> (2.2, 5.03) min	K-S test: 8.88 x10-2 A-D test: 6.44 x10-2
		Atención perdida	50 s	No aplica
		Derivación a <i>back office</i>	<i>Uniform</i> (0.75, 3.11) min	-
3	Timbraje Express	Contribuyente/ Mandatario	<i>Pearson 6</i> (3.87, 5.09, 4.87) min	K-S test: 0.765 A-D test: 0.611
		Atención perdida	50 s	No aplica
		Derivación a <i>back office</i>	<i>Uniform</i> (0.75, 3.11) min	-
		Contribuyente/ Mandatario	<i>Weibull</i> (1.23, 15.5) min	K-S test: 8.22 x10-2 A-D test: 2.2 x10-2
Módulo de atención <i>back office</i> (Atención trámites específicos)	3	RIAC, Timbraje, Timbraje Express		
		Atención perdida	50 s	No aplica
Sala de espera	2	RIAC, Timbraje, Timbraje Express	No aplica	No aplica

Tabla 4: Proceso de atención

### 4.2.3. Supuestos

Considerando que el desarrollo de este modelo de simulación busca soportar la toma de decisiones tácticas y estratégicas, como por ejemplo el diseño de oficinas o las necesidades de capacitación, la información para la estimación de las funciones de densidad de probabilidad, tanto de tiempos entre llegadas como de tiempos de servicios, considero como base la información del mes de junio de 2013, por ser junio un mes sin contingencias y que representa el promedio de un año. Esto en consideración de que el modelo viene a solucionar las configuraciones base, sin considerar potenciales contingencias las cuales son parte de la administración de día a día de cada unidad del SII. Por la misma razón tampoco se consideraron estacionalidades.

Por configuración base se entiende la cantidad máxima de puestos de trabajo factibles de disponer en una instalación, dimensionamiento de espacios de espera, especialización de los funcionarios.

Otros supuestos son los siguientes:

- Se considera que no existen tiempos de desplazamiento desde el dispensador a las correspondientes salas de espera.
- Se considera que el tiempo de desplazamiento desde la sala de espera a los módulos de atención es de 35 segundos. Para efectos de la simulación el tiempo de desplazamiento se contabiliza como tiempo en la sala de espera.

En la Figura 2 se presenta el modelo que constituye el escenario base del análisis.

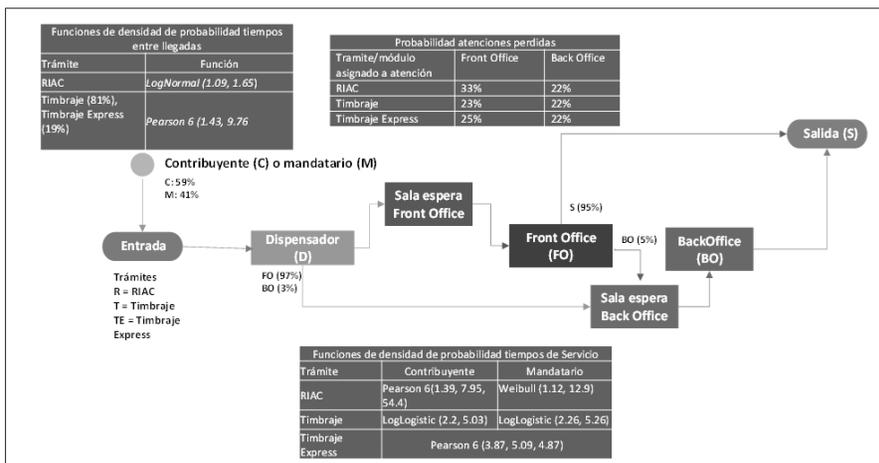


Figura 2: Modelo de simulación

### 4.3. Proceso de simulación

En base al modelo de probabilidades y al flujo de atención, se programó el modelo de simulación utilizando el software ProModel.

La simulación se realizó conforme a las siguientes consideraciones:

- Tiempo de simulación: Para cada réplica o corrida de simulación se simularon 7 horas. Sin embargo la entrada de entidades al sistema se restringió a las primeras 5 horas. Esto conforme a lo que sucede en la realidad donde la atención de la plataforma comienza a las 09:00 hr. y a las 14:00 hr. se cierra el acceso, de manera que no ingresen más contribuyentes o mandatarios a la plataforma. Los módulos continúan la atención sólo para los contribuyentes o mandatarios que en ese momento están en el sistema, ya sea en espera o en proceso de atención. Con lo anterior la atención en la plataforma no debería superar las 7 horas diarias.
- Cantidad de réplicas o corridas: 245, que corresponden al total de días hábiles durante año 2013, de manera tal de disponer de una muestra consistente con los objetivos del modelo que son las toma de decisiones a mediano y largo plazo.

---

## 5. Resultado y validación del modelo de simulación

---

### 5.1. Resultados del modelo

A continuación, se exponen los resultados obtenidos del proceso de simulación desarrollado, considerando el estudio de tres variables de interés:

1. Tiempo de Espera: Representa la sumatoria de los tiempos en que el contribuyente/mandatario está en estado en espera.
2. Tiempo en el Sistema: Representa el tiempo total que el contribuyente/mandatario está en el sistema, partiendo desde la emisión del número de atención hasta que abandona el sistema, considera por tanto el tiempo de espera y el tiempo de atención.
3. Tiempo de Espera *Back Office*: Representa el tiempo de espera particular del contribuyente/mandatario en la locación “Sala espera *back office*”.

En la Tabla 5 se observa para cada variable de interés, el promedio ( $\bar{x}$ ), la desviación estándar ( $\sigma$ ) y el número de observaciones ( $n$ ), para la Dirección Regional (dato real) y para la simulación.

Cabe señalar que para la variable “Tiempo de Espera”, el “n” representa la cantidad de atenciones terminadas y perdidas. Por su parte para la variable “Tiempo en el Sistema”, el “n” representa la cantidad de atenciones terminadas y para la variable “Tiempo de Espera *Back Office*”, “n” representa la cantidad de atenciones que fueron derivadas a un módulo de atención *back office*.

VARIABLE	DRMSO (Valor Real)			Simulación		
	$\bar{x}$	$\sigma$	n	$\bar{x}$	$\sigma$	n
Tiempo de Espera (min)	26,99	24,81	233.043	29,09	28,35	243.716
Tiempo en el Sistema (min)	31,87	24,99	168.612	41,32	39,32	178.170
Tiempo de Espera <i>Back Office</i> (min)	16,90	14,59	16.880	13,00	16,66	16.750

Tabla 5: Resultados de variables de interés.

## 5.2. Validación del modelo

### 5.2.1. Validación analítica

Para hacer más exacta la validación del modelo de simulación, se realizó una interpolación a la cantidad real de atenciones, del valor promedio simulado de las variables de interés.

La interpolación indicada se realizó mediante el siguiente procedimiento:

- Con la información de las 245 réplicas de la simulación se graficó, para cada variable de interés, el valor promedio de la variable versus la cantidad diaria de atenciones.
- Utilizando la cantidad real de atenciones (n), según Tabla 5, en la Tabla 6 se calculó, dividiendo esta cantidad por 245, la cantidad promedio diario real de atenciones para cada variable estudiada.
- Por último, utilizando el gráfico, se determinó el promedio interpolado de la variable de interés, como el valor de la variable cuando la cantidad de atenciones es igual al promedio diario real según Tabla 6.
- Interpolación de la variable “Tiempo de Espera”.

La Figura 3 representa el promedio de la variable “Tiempo de Espera” versus cantidad diaria de atenciones. A partir de este gráfico se interpoló,

VARIABLE	Promedio diario real de atenciones ( $\frac{n}{245}$ )
Tiempo de Espera	951,20
Tiempo en el Sistema	688,21
Tiempo de Espera <i>Back Office</i>	68,90

Tabla 6: Promedio diario de atenciones

a la cantidad promedio diario real de atenciones que es 951, el tiempo promedio de espera, obteniéndose el siguiente valor:

$$Tiempo\ promedio\ de\ espera\ interpolado = 27,91\ min$$

Además se calculó para la variable el error de la simulación, medido como la diferencia porcentual del tiempo de espera promedio interpolado de acuerdo a la simulación versus el tiempo promedio de espera real, el cual es:

$$Error = 3,41\ \%$$

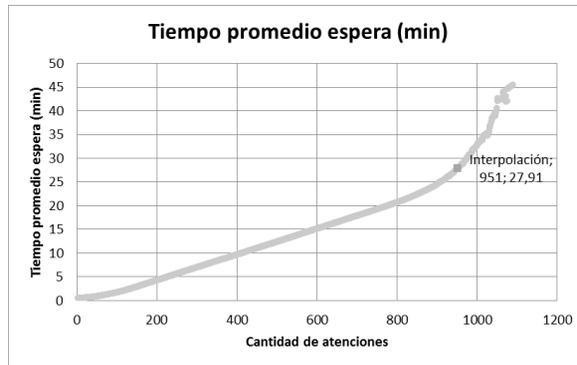


Figura 3: Tiempo promedio de espera.

También se observa en la Figura 3 que a medida que se incrementa la cantidad de atenciones el tiempo promedio de espera se incrementa y que cuando la cantidad de atenciones supera las 900, que es aproximadamente la cantidad promedio real de atenciones, el tiempo promedio de espera se incrementa de manera no lineal, lo cual indica que la capacidad de atención de la Dirección Regional no es suficiente para satisfacer la demanda de atenciones, motivo por el cual los funcionarios deben continuar atendiendo después del horario de cierre de la oficina.

- Interpolación de la variable “Tiempo en el Sistema”.

En forma análoga se realiza la interpolación de la variable “Tiempo en el Sistema”. En efecto, la Figura 4 representa el promedio de la variable “Tiempo en el Sistema” versus cantidad diaria de atenciones.

Al interpolar el valor de la variable, al valor promedio real diario de atenciones que es 688, se obtiene el siguiente resultado:

$$\text{Tiempo promedio en el sistema interpolado} = 39,29\text{min}$$

Para la variable el error de la simulación, calculado como la diferencia porcentual del tiempo promedio en el sistema interpolado según la simulación versus el tiempo promedio en el sistema real, es:

$$\text{Error} = 23,29\%$$

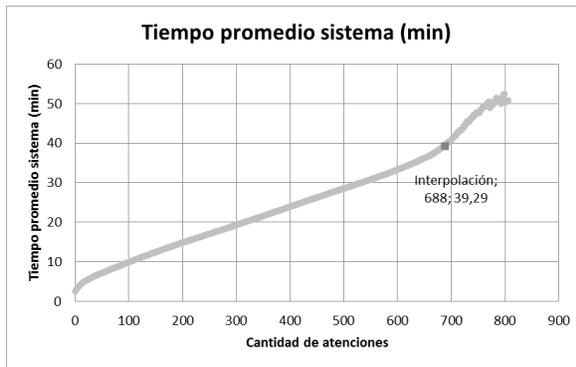


Figura 4: Tiempo promedio en el sistema.

- Interpolación de la variable “Tiempo Espera *Back Office*”.

Al interpolar el valor de la variable, al valor promedio real diario de atenciones que es 69, se obtiene el siguiente resultado:

$$\text{Tiempo promedio espera back office interpolado} = 16,80\text{min}$$

El error de la simulación para la variable, calculado como la diferencia porcentual del tiempo promedio de espera *back office* interpolado según la simulación versus el tiempo promedio de espera *back office* real, es:

$$\text{Error} = 0,61\%$$

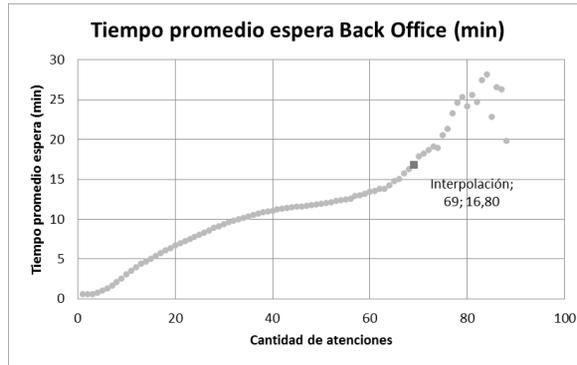


Figura 5: Tiempo promedio espera back office.

Por lo tanto, es posible concluir que el modelo de simulación constituye una buena aproximación a la realidad para los tiempos de espera, que permite evaluar y analizar potenciales escenarios de configuración de locaciones. El error en la simulación de tiempo en el sistema se puede explicar por los órdenes de magnitud de  $10^{-2}$ , de los p-value obtenidos en la estimación de las funciones de densidad de probabilidad de los tiempos de servicio de timbraje, el cual es el trámite con mayor demanda. La Tabla 7 resume la validación del modelo.

VARIABLE	Valor Real ( $\bar{x}$ )	Valor Simulación (interpolado)( $\bar{x}$ )	Error
Tiempo de Espera (min)	26,99	27,91	3,41 %
Tiempo en el Sistema (min)	31,87	39,29	23,29 %
Tiempo de Espera <i>Back Office</i> (min)	16,90	16,80	0,61 %

Tabla 7: Resultados validación modelo.

### 5.2.2. Validación según variables y parámetros de negocio

Como se señaló anteriormente, el modelo provee una buena aproximación en dos de las tres variables de interés estudiadas, Sin embargo la variable “tiempo en el sistema” presenta un error de un 23,29%. Esta diferencia se podría explicar por las siguientes variables de negocio:

- **Tipo de atenciones:** Los trámites se pueden clasificar según su estructuración, existiendo trámites más estructurados que otros. Los trámites de mayor estructuración son los trámites de *front office*, donde los trámites de timbraje son más estructurados que los trámites de RIAC. Por

otra parte los trámites menos estructurados son los trámites que se realizan en el *back office*, que son revisiones específicas efectuadas por un fiscalizador, y en que la gama de elementos a revisar es amplia. Lo anterior trae como consecuencia una alta variabilidad en los tiempos de servicio en estas locaciones, afectando las estimaciones asociadas.

- **Cantidad de atenciones:** El modelo consideró para la estimación de los tiempos entre llegadas un mes promedio, como lo fue junio del 2013, Sin embargo existen meses con situaciones especiales, como abril, que es el mes de la “Operación Renta”, el cual se caracteriza porque llega una mayor cantidad de contribuyentes a la oficinas del SII, sobre todo, a efectuar consultas.
- **Parámetros anualizados:** Se utilizaron parámetros en el modelo anualizados, como por ejemplo, relación mandatarios/contribuyentes, porcentaje de números perdidos y porcentaje de trámites en “*back office*”. Esto podría generar ciertas diferencias en el modelo al combinar estos parámetros con los tiempos de llegada y de atención de un mes “promedio”, explicados en el punto anterior.

---

## 6. Evaluación de escenarios

---

A continuación, luego de validar el modelo de simulación, se procedió a generar distintos escenarios de mejoramiento del proceso de atención, de manera de evaluarlos utilizando simulación.

La generación de los escenarios de simulación se enfocó en el aumento de la cantidad de locaciones que dan prioridad a la atención de Timbraje, considerando que la frecuencia en la llegada de contribuyentes/mandatarios que vienen a realizar trámites de Timbraje/Timbraje Express es mayor a la frecuencia en la llegada de contribuyentes/mandatarios que vienen a realizar trámites de RIAC.

La configuración de los escenarios consideró como restricción el espacio físico disponible para atención de contribuyentes con lo cual la cantidad total de locaciones se mantuvo constante.

De acuerdo a lo anterior, en la Tabla 8 se establecen las distintas configuraciones para evaluación, partiendo del escenario de control o base.

Con estas configuraciones se procedió a ejecutar nuevamente el modelo de simulación.

LOCACIONES					
Escenario	Locaciones <i>Front Office</i>			Locaciones <i>Back Office</i>	Total
	Locaciones Timbraje /RIAC (prioridad Timbraje)	Locaciones Timbraje /RIAC (prioridad RIAC)	Locaciones Timbraje Express		
	Base	9	7		
1	10	7	2	3	22
2	11	5	3	3	22
3	11	6	2	3	22

Tabla 8: Configuración de escenarios

Para potenciar la evaluación de escenarios se agregaron al análisis las siguientes variables:

1. Tiempo total atención: Tiempo total utilizado para completar la atención, con tope de 7 horas diarias que es el tiempo de simulación.
2. Cantidad de atenciones: Cantidad total de atenciones en el horizonte de simulación de 245 días.
3. Porcentaje ocupación locaciones: Tiempo efectivo en que una locación es utilizada respecto al tiempo disponible para atención.

En las Tablas 9 y 10, se observan las variables que se utilizarán para la evaluación de cada uno de los escenarios.

VARIABLE	Escenario			
	Base	1	2	3
Tiempo promedio de espera (min)	29,09	21,65	26,01	21,49
Tiempo promedio en el sistema (min)	41,32	33,71	37,06	33,10
Tiempo promedio de espera <i>back office</i> (min)	13,00	15,09	14,34	15,38
Tiempo total atención (hora)	1.611	1.564	1.610	1.579
Cantidad de atenciones	243.716	244.085	242.833	243.912

Tabla 9: Desempeño del sistema para los distintos escenarios.

LOCACIÓN	Escenario			
	Base	1	2	3
<i>Front Office</i>	74,24 %	76,49 %	74,26 %	76,43 %
<i>Back Office</i>	66,05 %	69,12 %	66,50 %	67,96 %
% Promedio ponderado de ocupación	73,13 %	75,48 %	73,20 %	75,28 %

Tabla 10: Porcentaje ocupación de locaciones.

Como se aprecia en las Tablas 9 y 10, no existe ninguna configuración que tenga el mejor resultado para todos los conceptos medidos. De esta forma, la configuración a seleccionar dependerá del criterio que se plantee.

Para efectuar un análisis que permita establecer cuál es la mejor alternativa de configuración, se establecieron cuatro medidas de desempeño de la eficiencia y calidad del proceso de atención, las cuales son:

- **Servicio:** Se asocia a la variable “Tiempo promedio de espera”.
- **Cobertura:** Se asocia a la variable “Cantidad de atenciones”.
- **Costo:** Se asocia a la variable “Tiempo de atención”.
- **Riesgo de operación:** Se asocia a la variable “Porcentaje promedio ponderado de ocupación”. Se considera que a medida que se incrementa el nivel de ocupación de las locaciones se incrementa el riesgo que el sistema se vea afectado, en los tiempos de espera, ante un aumento marginal en la demanda de atenciones.

La Tabla 11 resume para cada escenarios de evaluación los valores de cada una de las medidas de desempeño definidas y las variable asociadas.

VARIABLE	Medida de Desempeño	Escenario			
		Base	1	2	3
Tiempo promedio espera (min)	Servicio	29,09	21,65	26,01	21,49
Cantidad de atenciones	Cobertura	243.716	244.085	242.833	243.912
Tiempo de atención (horas)	Costo	1.611	1.564	1.610	1.579
% Promedio ponderado ocupación	Riesgo	73,13	75,48	73,20	75,28

Tabla 11: Porcentaje ocupación de locaciones.

En la Tabla 12, se visualiza el valor correspondiente al mejor desempeño y al escenario y concepto asociado. Como se observa, sólo el escenario N°2 cuenta con el mejor valor en alguna de las medidas de desempeño analizadas.

También se observa que el escenario N°1 cuenta con el mejor valor en dos de las cuatro medidas de desempeño. Mediante una simple inspección se podría concluir que el mejor escenario sería el N°1. No obstante, esto va a depender de la ponderación que tengan las medidas de desempeño en la estrategia que se defina y de la magnitud de las diferencias entre cada medida de desempeño.

Escenario	MEDIDAS DE DESEMPEÑO			
	Servicio	Cobertura	Costo	Riesgo
Variable asociada	Tiempo promedio espera (min)	Cantidad de atenciones	Tiempo de atención (horas)	%promedio ponderado ocupación
Valor asociado	21,49	244.085	1.564	73,13
Base				X
1		X	X	
2				
3	X			

Tabla 12: Mejores desempeños y escenario asociado

Para este caso en particular, la estrategia a seguir estará enfocada en “Servicio” y en “Cobertura”.

De esta forma, se definieron los siguientes factores de ponderación para la función objetivo:

- Servicio = 40 %
- Cobertura = 40 %
- Costo = 10 %
- Riesgo de operación =10 %

Para identificar que configuración de locaciones es mejor, dado los factores antes indicados, se normalizará para cada alternativa de configuración los valores de las medidas de desempeños, de manera tal que den cuenta de un puntaje estándar único.

Luego, escalando entre [0-100] para cada medida de desempeño, es decir, asignando el valor 100 a la mejor alternativa, se tiene:

Por lo tanto, la mejor alternativa para estos criterios, corresponde al escenario N° 3. Lo anterior, dado que es el escenario que presenta el mayor puntaje.

VARIABLE	Medida de Desempeño	Escenario (valor normalizado)			
		Base	1	2	3
<i>Tiempo promedio espera</i>	Servicio	73,87	99,26	82,62	100
<i>Cantidad de atenciones</i>	Cobertura	99,85	100	99,49	99,93
<i>Tiempo de atención</i>	Costo	97,08	100	97,14	99,05
<i>% promedio ponderado ocupación</i>	Riesgo	100	96,89	99,90	97,14
<b>Puntaje Ponderado Final</b>		<b>91,81</b>	<b>99,16</b>	<b>94,28</b>	<b>99,31</b>

Tabla 13: Comparación de resultados normalizados por medida de desempeño.

No obstante, se podría decir que entre la configuración N° 1 y la N°3, prácticamente no existirían diferencias significativas, por lo que la decisión podría moverse entre estos dos escenarios.

También se observa que todas las configuraciones analizadas, mejoran la situación actual, lo que representa una real oportunidad para generar un incremento en la performance del proceso de atención.

---

## 7. Conclusiones

---

- Con la utilización de técnicas y herramientas de simulación en el modelamiento del proceso de atención de contribuyentes, se es factible generar un modelo, que puede predecir el comportamiento del sistema en un periodo de tiempo.
- El modelo de simulación desarrollado permite analizar y evaluar el comportamiento de variables y medidas de desempeño ante distintos escenarios de atención, de manera que dada una estrategia de atención se pueda seleccionar la configuración más conveniente.
- La utilización de herramientas de simulación en la evaluación de escenarios, reduce los riesgos asociados con la implementación de nuevas configuraciones de atención. Mediante esta metodología, se pueden conocer de manera previa estimaciones de las medidas de desempeño.
- Uno de los supuestos importantes utilizados en el desarrollo del modelo fue la utilización de información de un mes con operaciones “promedio”,

como es el mes de junio, en el cual la afluencia de público no se ve afectada por situaciones extraordinarias, como lo es la operación renta en el mes de abril. Esto debido a que el modelo busca ser de utilidad en la simulación de configuraciones base asociadas a decisiones de tipo táctico y estratégico, en las cuales no se consideran las contingencias del día a día.

- De la evaluación de escenarios realizada, se observa que el proceso actual de atención es perfectible, al encontrarse una brecha de mejoramiento en el desempeño. Esto, sin necesidad de aumentar la cantidad de locaciones y por ende efectuar inversiones que impliquen un incremento de costos.
- Al observar los porcentajes de ocupación que se obtienen de la simulación, se infiere que se está ante un escenario de riesgo. Esto se traduce en que, ante un evento inesperado, (por ejemplo, la falta de personal en algún momento de la jornada) se apreciaría un aumento considerable en los tiempos de espera para los contribuyentes, afectando de esta manera la calidad del servicio. Luego, es importante evaluar la incorporación de nuevas locaciones de atención que permitan contar con holguras.
- Para poner en práctica el modelo de simulación en la plataforma de atención de la DRMSO es recomendable comenzar con la implementación de configuraciones que no requieran incurrir en inversiones o costos adicionales, tales como las que se evaluaron en este documento, es decir, sobre la base de la infraestructura actual. De esta manera es simple volver atrás si es necesario.
- En la implementación del modelo se deberá tener en cuenta variables de negocio, tales como los tipos de atención en relación al grado de estructuración que tengan e incrementos en la cantidad de atenciones producto de situaciones puntuales asociadas a las obligaciones de los contribuyentes.
- Por otra parte, el modelo tiene gran potencial en la evaluación de la creación de nuevas Direcciones Regionales, cambios de edificios en las oficinas actuales, fusión o división de Direcciones Regionales, aumento o disminución de dotación en determinados trámites, entre otros. También se visualiza potencial de la herramienta de simulación en la definición y evaluación de factibilidad de metas institucionales relacionadas con la atención de contribuyentes, como por ejemplo tiempos máximos de espera.

## Referencias

- [1] R. Akhavian y A.H. Behzadan. Evaluation of queuing systems for knowledge-based simulation of construction processes. *Automation in Construction*, 47:37–49, 2014.
- [2] L. Birta y G. Arbez. Modelling and simulation: Exploring dynamic system behaviour. *Springer-Verlag London*, 2007.
- [3] N. Boccarda. Modeling complex systems. *Springer-Verlag New York*, 2010.
- [4] C. Meng, S. Nageshwaranier, A. Maghsoudi, Y. Son, y S. Dessureault. Data-driven modeling and simulation framework for material handling systems in coal mines. *Computers & Industrial Engineering*, 64 (3):766–779, 2013.
- [5] ProModel. User guide, 2010.
- [6] G.A. Pugh. Agent-based simulation of discrete-event systems. *American Society for Engineering Education*, 2006.
- [7] S.M. Ross. *Simulation*. Academic Press, 2012.
- [8] STAT::FIT. User guide.