



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**MEJORA AL PROCESO DE ATENCIÓN DE EMERGENCIAS EN UNA
EMPRESA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, A TRAVÉS DE HERRAMIENTAS
MATEMÁTICAS Y SIMULACIÓN**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

SEBASTIÁN ZÚÑIGA AVELLO

**PROFESOR GUÍA:
RODOLFO URRUTIA URIBE**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
RICARDO SAN MARTÍN ZURITA
FERNANDO ORDOÑEZ PIZARRO**

**SANTIAGO DE CHILE
2013**

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
CIVIL INDUSTRIAL.

POR : SEBASTIÁN ZÚÑIGA AVELLO.

FECHA: 12/08/2013

PROF. GUÍA: SR. RODOLFO URRUTIA.

**MEJORA AL PROCESO DE ATENCIÓN DE EMERGENCIAS EN UNA
EMPRESA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, A TRAVÉS DE HERRAMIENTAS
MATEMÁTICAS Y SIMULACIÓN**

El objetivo de este trabajo es mejorar la calidad de servicio de la empresa distribuidora de energía eléctrica Ampla Energía y Servicios S.A en lo que se refiere a la atención de emergencias en el suministro eléctrico, optimizando los recursos económicos relacionados con el proceso. La empresa atiende alrededor de 2,7 millones de clientes del estado de Río de Janeiro en Brasil (cerca de 10 millones de personas).

El foco del estudio está en la reducción del tiempo de atención a los problemas en el suministro eléctrico en dos zonas del estado. Durante el año 2012, el tiempo promedio de atención para los más de 350.000 eventos fue cercano a 11 horas, mientras las compañías con similares características que poseen el mejor desempeño registran un promedio cercano a las 2 horas.

Para abordar las mejoras al sistema, se utiliza una combinación de herramientas matemáticas para la determinación de dotación, basado en resultados de teoría de colas. Además, se construye un modelo de simulación que permite validar los resultados y realizar análisis de sensibilidad sobre el escenario actual, para finalmente estimar los efectos económicos de las mejoras al proceso.

La solución propuesta aumenta la dotación de 20 a 24 turnos diarios en la zona de San Gonzalo y de 14 turnos al día a 18 en Niterói, logrando la disminución de los tiempos de atención a cerca de 3 horas en ambos casos, con un costo asociado de €630.760 en equipos y salarios. Como consecuencia de ello, se estima un beneficio de €1.561.403 por reducción de compensaciones pagadas a los clientes, obteniendo un beneficio neto de €930.643.

Con esto se responde a los problemas identificados en el proceso, mejorando el servicio a los clientes, disminuyendo los montos de compensaciones a pagar y mejorando su imagen y relación con los clientes, considerando esto último como un elemento importante para el desarrollo de la compañía en el largo plazo.

I. TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Contexto	1
1.1.1	Suministro de energía eléctrica.....	1
1.1.2	Ampla Energia e Serviços S.A	2
1.1.3	Atención de emergencias.....	3
1.1.4	Etapas de la atención de emergencias	4
1.2	Objetivos.....	5
1.2.1	Objetivo general.....	5
1.2.2	Objetivos específicos	5
1.3	Alcances	6
1.4	Metodología	6
1.4.1	Identificación del problema y revisión teórica.....	7
1.4.2	Obtención de datos y pre-procesamiento.....	7
1.4.3	Modelamiento del proceso de atención de emergencias	8
1.4.4	Simulación.....	10
1.4.5	Evaluación económica	10
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	11
2.1	Planteamiento del problema	11
2.1.1	Consideraciones del problema.....	11
2.1.2	Criterios de evaluación de calidad de servicio de atención de emergencias	15
2.2	Justificación	17
2.2.1	Contexto y Relación con los clientes.....	17
2.2.2	Evaluación de ANEEL.....	20
2.2.3	Evaluación del cliente.....	24
3.	MARCO CONCEPTUAL.....	25
4.	PRE-PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	26
4.1	Descripción de los datos disponibles	27
4.2	Tratamiento de los datos	28
4.3	Análisis Descriptivo.....	29
4.3.1	Descripción de la demanda.....	30
4.3.2	Caracterización de los tiempos involucrados en el proceso	35
4.3.3	Análisis de los recursos de atención	42

5.	SIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y POSIBLES MEJORAS	45
5.1	Estimación de parámetros de las distribuciones probabilísticas asociadas al proceso	45
5.2	Simulación	47
5.2.1	Llegada de los eventos	47
5.2.2	Asignación de los eventos a las cuadrillas disponibles	47
5.2.3	Desplazamiento y ejecución del trabajo	47
5.2.4	Análisis de escenarios.....	47
6.	PROPUESTAS DE MEJORA PARA LA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS	66
6.1	Control de la demanda en el sistema de atención de emergencias	67
6.1.1	Mantenimiento preventivo de la red	67
6.1.2	Disminución de visitas improductivas.....	68
6.1.3	Estimación de la demanda.....	69
6.1.4	Nivel de re-atenciones.....	71
6.2	Aumento de la eficiencia en los tiempos de atención	72
6.2.1	Disminución de los tiempos de traslado.....	73
6.2.2	Disminución de los tiempos de reparación.....	74
6.2.3	Propuestas para mayor eficiencia en los tiempos de servicio	74
6.3	Mejora en la capacidad de atención	75
6.3.1	Mejorar distribución de recursos de atención durante el día	76
6.3.2	Determinar la dotación de cuadrillas para la atención de emergencias.....	76
6.3.3	Resultados para la dotación de las zonas de San Gonzalo y Niterói.....	78
6.4	Síntesis de las propuestas de mejora	83
7.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	85
7.1	Estimación de Costos del recurso de atención	86
7.2	Compensaciones a los clientes.....	88
7.2.1	Indicadores de calidad	88
7.2.2	Estimación de compensaciones.....	90
7.3	Estimación del resultado económico.....	97
8.	CONCLUSIONES.....	98

9.	REFERENCIAS	101
10.	ANEXOS.....	104

II. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Capacidad de atención de los recursos de atención	3
Tabla 2: Porcentaje de conjuntos que superan los límites de los indicadores DEC y FEC	20
Tabla 3: Historial de compensaciones pagadas por Ampla.....	21
Tabla 4: DGC, tiempos del proceso de atención (minutos) y número de ocurrencias de las distribuidoras de la región SE. Fuente: ANEEL	23
Tabla 5: Cantidad de ocurrencias por zona, años 2009 al 2012. Fuente: ANEEL.	34
Tabla 6: Crecimiento anual de la demanda, en términos porcentuales, para cada zona	34
Tabla 7: Relación Número de ocurrencias/Cantidad de clientes.....	35
Tabla 8: Recursos de atención en San Gonzalo	43
Tabla 9: Recursos de atención en Niterói	43
Tabla 10: Recursos de atención en Niterói, caso base	49
Tabla 11: Resultados simulación Niterói: Caso base	50
Tabla 12: Resultados simulación Niterói: Reordenamiento horario de cuadrillas..	51
Tabla 13: Reordenamiento horario de los turnos para Niterói	51
Tabla 14: Resultados simulación Niterói: Sin re-atenciones	52
Tabla 15: Resultados simulación Niterói: Reparación 10% más eficiente	53
Tabla 16: Resultados simulación Niterói: Reducción de atenciones improductivas	54
Tabla 17: Resultados simulación Niterói: Reparación 15% más eficiente	54
Tabla 18: Resultados simulación Niterói: Agregar un recurso.....	56

Tabla 19: Reorganización en Niterói al agregar un recurso	56
Tabla 20: Resumen de escenarios simulados para Niterói	57
Tabla 21: Recursos de atención en San Gonzalo, caso base	58
Tabla 22: Resultados simulación San Gonzalo: Caso base.....	58
Tabla 23: Resultados simulación San Gonzalo: Un turno extra	59
Tabla 24: Reorganización con un turno más en San Gonzalo	60
Tabla 25: Resultados simulación San Gonzalo: Reparación 10% más eficiente...	60
Tabla 26: Resultados simulación San Gonzalo: Sin re-atenciones	61
Tabla 27: Resultados simulación San Gonzalo: Reparación 15% más eficiente...	62
Tabla 28: Resultados simulación San Gonzalo: Reducción de atenciones improductivas	63
Tabla 29: Resultados simulación San Gonzalo: Agregar un recurso	63
Tabla 30: Reorganización en San Gonzalo al agregar un recurso	64
Tabla 31: Resumen de escenarios simulados para San Gonzalo.....	65
Tabla 32: Proporción de eventos atendidos y re-atendidos	71
Tabla 33: Dotación ideal en San Gonzalo propuesta para el año 2013	80
Tabla 34: Distribución horaria propuesta en San Gonzalo para año 2013	81
Tabla 35: Dotación ideal en San Gonzalo propuesta para el año 2014	81
Tabla 36: Dotación ideal en Niterói propuesta para el año 2013.....	82
Tabla 37: Distribución horaria propuesta en San Niterói para año 2013	82
Tabla 38: Dotación ideal en Niterói para el año 2014.....	82
Tabla 39: Costo de vehículos	86

Tabla 40: Costo anual de equipamiento por cuadrilla	86
Tabla 41: Costo anual de sueldos por cuadrilla.....	87

III. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Esquema del suministro eléctrico.....	1
Ilustración 2: Etapas de la distribución eléctrica.....	2
Ilustración 3: Etapas del proceso de atención de emergencias.....	5
Ilustración 4: Distribución zonal para la atención de emergencias.	12
Ilustración 5: Tiempo promedio de atención por zona.....	13
Ilustración 6: Porcentaje de conjuntos que superan límites de indicadores DEC y FEC	21
Ilustración 7: Historial de compensaciones pagadas por Ampla	21
Ilustración 8: Filtro de datos anómalos.....	29
Ilustración 9: Cantidad de eventos por zona durante el año 2012.....	30
Ilustración 10: Cantidad de eventos mensuales durante el año 2012	31
Ilustración 11: Cantidad de eventos diarios en el año 2012	31
Ilustración 12: Sumatoria de incidencias en el año 2012 desglosada por hora del día	32
Ilustración 13: Proporción de cada tipo de falla respecto al total eventos por zona	33
Ilustración 14: Distribución del tiempo de atención en Ampla	36
Ilustración 15: Distribución del tiempo de preparación en Ampla.....	37
Ilustración 16: Tiempo de preparación por zona	38
Ilustración 17: Distribución del tiempo de traslado en Ampla	38
Ilustración 18: Tiempo de desplazamiento promedio por zona	39

Ilustración 19: Tiempo medio de desplazamiento por hora del día en las zonas en estudio.....	39
Ilustración 20: Distribución de los tiempos de reparación en Ampla	40
Ilustración 21: Tiempo medio de ejecución por zona	41
Ilustración 22: Tiempo medio de ejecución por tipo de falla.....	41
Ilustración 23: Tiempo de ejecución por tipo de falla en las zonas en estudio	42
Ilustración 24: Nivel de demanda horaria versus nivel de recursos por hora en Niterói.....	44
Ilustración 25: Nivel de demanda horaria versus nivel de recursos por hora en San Gonzalo	44
Ilustración 26: Estimación de parámetros de las distribuciones probabilísticas de los tiempos asociados al proceso.....	46
Ilustración 27: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en Niterói en caso base	50
Ilustración 28: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en Niterói con reordenamiento horario de cuadrillas	51
Ilustración 29: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en Niterói sin re-atenciones.....	52
Ilustración 30: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en Niterói con tiempos de reparación 10% más eficientes.....	53
Ilustración 31: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en Niterói con reducción de atenciones improductivas	54
Ilustración 32: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en Niterói con tiempos de reparación 15% más eficientes.....	55
Ilustración 33: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en Niterói al agregar un recurso de atención.....	56

Ilustración 34: Porcentaje de mejora de los TMA de los escenarios simulados para Niterói respecto al caso base	57
Ilustración 35: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en San Gonzalo en caso base.....	59
Ilustración 36: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en San Gonzalo con un turno extra	59
Ilustración 37: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en San Gonzalo con tiempos de reparación 10% más eficientes	60
Ilustración 38: Distribución del tiempo total de atención en San Gonzalo sin re- atenciones.....	61
Ilustración 39: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en San Gonzalo con tiempos de reparación 15% más eficientes	62
Ilustración 40: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en San Gonzalo con reducción de atenciones improductivas	63
Ilustración 41: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en San Gonzalo al agregar un recurso de atención.....	64
Ilustración 42: Porcentaje de mejora de los TMA de los escenarios simulados para San Gonzalo respecto al caso base	65
Ilustración 43: Porcentaje de compensación por distribuidora en relación al valor compensado en la región sudeste durante el año 2010.....	90
Ilustración 44: Resultados regresión para número de incidencias, caso general	114
Ilustración 45: Resultados regresión para número de incidencias, caso San Gonzalo	114
Ilustración 46: Resultados regresión para número de incidencias, caso Niterói..	114
Ilustración 47: Resultados regresión DEC.....	115
Ilustración 48: Resultados regresión de compensaciones pagadas a clientes....	115

1. INTRODUCCIÓN

1.1 CONTEXTO

Ampla Energia e Serviços S.A., en adelante simplemente Ampla, es una empresa distribuidora de energía eléctrica que opera en el estado de Río de Janeiro, sudeste de Brasil.

Una de las labores que le corresponde cumplir como empresa distribuidora es suministrar energía eléctrica a los puntos de consumo, cumpliendo con los estándares de calidad exigidos por los organismos reguladores del país.

1.1.1 SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El sistema de suministro eléctrico incluye cada una de las etapas que constituyen el proceso de entrega de electricidad, desde los proveedores hasta los consumidores finales. Este proceso se lleva a cabo en 3 fases: generación, transmisión y distribución.

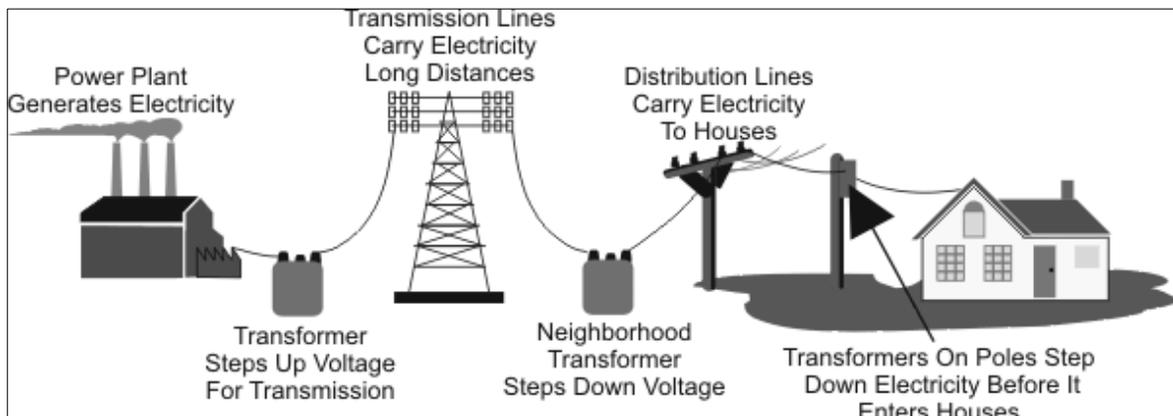


Ilustración 1: Esquema del suministro eléctrico

Explicado de manera simple, el camino que recorre la energía eléctrica es el siguiente [1]: Las empresas generadoras transportan la energía con altas tensiones hasta las Subestaciones de Enlace, donde es transformada para disminuir su tensión. Desde aquí, la energía es transportada por una red de Líneas de Alta Tensión (AT) a otras subestaciones, llamadas Receptoras. Las Subestaciones Receptoras bajan nuevamente el voltaje, tarea necesaria para poder conducir la electricidad a través de las ciudades. A partir de ellas, sale una nueva red de cables eléctricos de Media Tensión (MT) que llevan la electricidad hasta los transformadores de distribución, que se ubican en las calles, donde se transforman por última vez. Desde estos transformadores, la energía se distribuye

mediante una red de Líneas de Baja Tensión (BT) para el uso de los clientes. El servicio de distribución contempla la red MT, BT y domiciliaria (este último considera desde la red BT hasta el medidor de consumo eléctrico), tal como se observa en la ilustración 2.

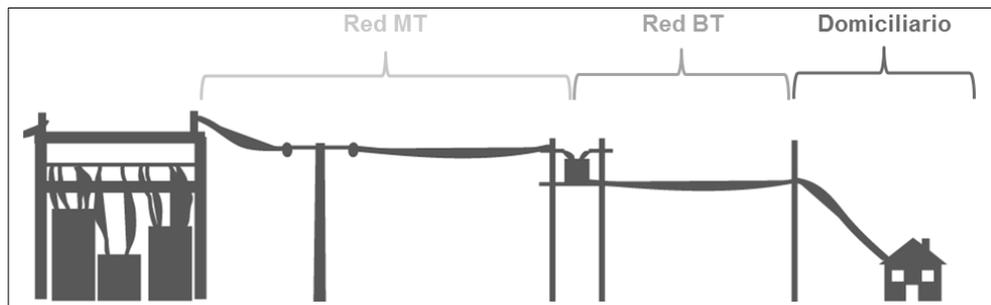


Ilustración 2: Etapas de la distribución eléctrica

La particularidad que distingue a la distribución de las etapas anteriores, es que tiene directa relación con los clientes finales, los cuales pagan por el servicio a sus respectivas compañías distribuidoras. Por lo tanto, la correcta entrega de la energía eléctrica influye en la calidad de servicio percibida por los clientes, de manera que es importante un servicio continuo y, de existir interrupciones en él, éstas deben ser corregidas en un tiempo prudente para cumplir las expectativas de calidad que tiene el cliente sobre su compañía distribuidora.

1.1.2 AMPLA ENERGIA E SERVIÇOS S.A

Ampla Energia e Serviços S.A es una empresa dedicada a la distribución eléctrica en Brasil, llevando energía a 66 municipios del estado de Río de Janeiro, equivalentes a un área de 32.188 kilómetros cuadrados, lo que representa el 73% del territorio del estado. Todas estas cifras se traducen en los 2,4 millones de clientes que tiene el año 2012.

La empresa es de propiedad privada, siendo parte del holding Endesa Brasil, donde coexiste con Coelce, empresa distribuidora presente en el estado de Ceará; Endesa Cachoeira, central hidroeléctrica ubicada en el estado de Goiás; Endesa Fortaleza, termoeléctrica presente en el estado de Ceará y Endesa Cien, cerca de la frontera con Argentina, la cual actúa en la importación y exportación de energía entre ambos países. La estructura de propiedad que presenta el holding puede ser revisada en el Anexo A.

Finalmente, cabe destacar que la compañía funciona como un monopolio, teniendo la licitación del servicio de electricidad en el territorio actual por 30 años, habiéndose cumplido ya la mitad de este periodo.

1.1.3 ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Tal como se mencionó anteriormente, la interrupción en el servicio de electricidad tiene efectos sobre la percepción de la calidad de servicio por parte de los clientes. La inhabilidad del servicio puede ser contrarrestado disminuyendo la frecuencia de las interrupciones de energía, reduciendo el número de clientes afectados y reduciendo la duración de la interrupción. Las primeras dos alternativas tienen relación con el diseño y mantenimiento de la red, mientras que el último punto es atacado con una efectiva atención de emergencias [2], definido como el servicio encargado de resolver los problemas en el suministro de electricidad de los clientes en la red MT, BT y domiciliaria. Además, en el caso de Ampla, existe una configuración especial de la red llamada “Rede Ampla”, diseñada para disminuir los niveles de hurto de energía. La distinción se hace debido a que las fallas que se presentan en dicha red sólo pueden ser atendidas por un tipo de recurso específico, tal como se verá a continuación.

Para cumplir con la atención de las emergencias existen diversos tipos de recursos, éstos tienen distintos alcances para actuar sobre la red debido a que cada uno tiene equipamiento que le permite realizar distintas labores. En el caso de Ampla son tres tipos de recursos, el vehículo tipo “cesto” que pueden reparar cualquier falla en el sistema de distribución (incluyendo en Rede Ampla), el tipo “pesado” que pueden atender fallas en MT, BT y domiciliarias, mientras que el tipo “leve” sólo puede reparar las fallas domiciliarias y en BT.

Recurso/Falla	Domiciliaria	BT	MT	Rede Ampla
Leve	Sí	Sí	No	No
Pesado	Sí	Sí	Sí	No
Cesto	Sí	Sí	Sí	Sí

Tabla 1: Capacidad de atención de los recursos de atención

Para cada uno de estos recursos están asignadas cuadrillas de trabajadores que están capacitados para realizar trabajos en los distintos niveles de la red, cada una de estas cuadrillas cuenta con habilidades y equipamiento que permite realizar tareas en el nivel de la red en que son asignados.

En relación a las emergencias en la red, la ocurrencia de éstas es distinta en cada una de las etapas de la distribución eléctrica, siendo cada vez mayor en las últimas etapas del servicio. Respecto a las fallas MT, se estima que la proporción de este tipo de interrupciones respecto al total de fallas anuales se encuentra entre un 5% y un 10%, siendo los menores en ocurrencia pero con un impacto mayor en la cantidad de clientes afectados por cada interrupción. En general, para las fallas de BT, se estima que tienen el doble de ocurrencia que la etapa

predecesora, pero una interrupción en este nivel afecta a menos clientes. Finalmente, para las fallas domiciliarias, su ocurrencia es mucho mayor que las anteriores, alcanzando generalmente cerca del 70% de las incidencias anuales, pero su impacto es individual.

El servicio de atención de emergencias, encargado de resolver los problemas de suministro anteriormente señalados, es externalizado. El contrato con la empresa externa tiene una duración de 5 años y establece el pago por horas trabajadas al contratista y éste a su vez a sus trabajadores bajo el mismo concepto, conocido como contrato por disponibilidad horaria.

1.1.4 ETAPAS DE LA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

El proceso de atención comienza cuando se toma conocimiento de un problema en el suministro de energía eléctrica vía información otorgada por un cliente. Una vez registrado este aviso, existe un sistema informático encargado de agrupar incidentes similares que provienen de un mismo sector geográfico en un breve periodo de tiempo, de esta manera se previene asistir a distintos reclamos que hacen referencia a un mismo problema.

Una vez realizado este proceso se genera un evento, el cual hace referencia a un problema en el suministro que puede haber sido notificado por uno o más clientes. A partir de acá, existen cuatro hitos en el proceso de atención de emergencias, el momento en que se genera el evento, la asignación de una cuadrilla para su atención y el comienzo del traslado de la misma hacia el lugar del evento, la llegada al lugar donde se reporta el problema en el suministro y la finalización del evento.

Estos hitos definen tiempos relevantes a analizar en el proceso de atención de emergencias ejecutado por la compañía: tiempo de preparación (o asignación), tiempo de desplazamiento (o traslado), tiempo de reparación, tiempo de servicio y tiempo de atención. Lo anterior se refleja en la siguiente ilustración:

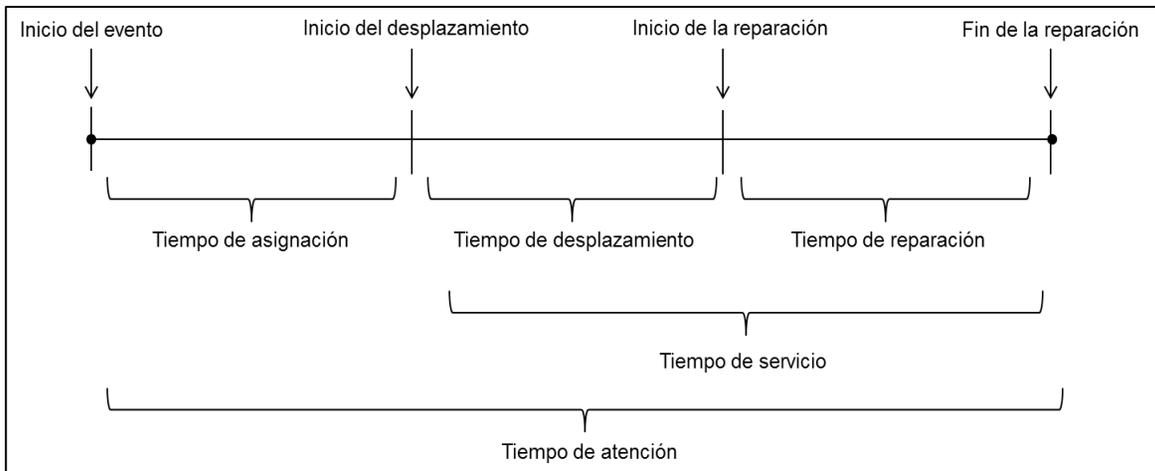


Ilustración 3: Etapas del proceso de atención de emergencias

De esta manera se definen los tiempos que son utilizados para evaluar el desempeño de la atención a los problemas en el suministro. En particular, el tiempo de atención es la medida principal para determinar la calidad del servicio entregado a los clientes, pues es el tiempo que ellos deben esperar para obtener una solución de parte de la empresa distribuidora. En el caso de Ampla, durante el año 2012, este tiempo alcanzó las 11 horas en promedio y cerca de 350.000 eventos de emergencia.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Mejorar la calidad de servicio de la empresa distribuidora de energía eléctrica en lo que se refiere a la atención de emergencias, optimizando los recursos económicos relacionados con dicho proceso.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Determinar distribuciones de la demanda y servicio de atención de emergencias para cada zona y los factores que los afectan.
- Modelar proceso de atención de emergencias para la zona de Niterói y San Gonzalo, con esto determinar posibles mejoras y su potencial impacto mediante simulación de escenarios.

- Determinar número de cuadrillas necesarias y su distribución a lo largo del día, de manera que permita mantener un servicio de calidad a los clientes sin perjudicar la posición económica actual de la compañía.

1.3 ALCANCES

Los siguientes corresponden a los alcances definidos para la realización del proyecto

- Se consideran el servicio desde la creación de un evento, las etapas previas relacionadas con el sistema del *call center* no están consideradas, pues actualmente se tiene una buena evaluación del sistema informático de Ampla.

- Respecto del mantenimiento preventivo de la red, tarea cuyo objetivo es disminuir la cantidad de fallas, éste no será abordado, pues el foco del trabajo está en responder rápidamente a la reposición del suministro eléctrico, lo que está inmerso en el mantenimiento correctivo.

- El ruteo de los vehículos está fuera de los alcances del proyecto al considerar que no hay grandes problemas en los tiempos de desplazamiento y no existe información disponible suficiente para realizar un trabajo de esta índole.

- Se responde a las emergencias que se presentan en la red de media tensión, baja tensión y domiciliaria, las cuales corresponden a la etapa de distribución dentro del suministro de energía eléctrica.

- Este trabajo considera tratar lo que sucede con las zonas de Niterói (Centro) y San Gonzalo, dado que en ellas se concentra una mayor cantidad de urbanización y tienen características similares. La idea es que el estudio se realice con un grupo acotado, dado que cada zona presenta diferentes características, lo que haría innecesariamente extenso el trabajo. A pesar de que para el resto de las zonas el procedimiento es similar, se debe considerar que en lugares más rurales la densidad de fallas es menor, las distancias serán más largas, la conectividad y alternativas de llegada al lugar del evento será reducida, entre otros factores a considerar.

1.4 METODOLOGÍA

En esta sección se detalla la metodología a utilizar para alcanzar los objetivos propuestos. Se pueden identificar cuatro etapas principales: la

preparación de los datos y análisis descriptivo, el modelamiento del proceso como sistema de colas, la propuesta de soluciones para la mejora del servicio y su evaluación económica.

1.4.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y REVISIÓN TEÓRICA

Se comienza por comprender qué variables, parámetros y restricciones están involucrados y por qué son relevantes para el problema. Una vez comprendidas las particularidades del proceso, se procede con la búsqueda de material que apoye el desarrollo del modelamiento del proceso.

1.4.2 OBTENCIÓN DE DATOS Y PRE-PROCESAMIENTO

Para comenzar a trabajar con los datos se requiere cumplir con las siguientes etapas, que forman parte de las fases tempranas del proceso KDD (*Knowledge Discovery in Databases*):

1.4.2.1 RECOPIACIÓN DE DATOS

Es el comienzo del trabajo con los datos, se debe disponer de la información necesaria para comenzar a trabajar y se determina la fuente de datos y el tipo de información a utilizar. En el caso que la información provenga de distintos orígenes, se debe consolidar los datos para crear una fuente de información homogénea.

1.4.2.2 LIMPIEZA

En esta etapa se resuelven los problemas existentes en los datos, en particular la presencia de *missing values* y *outliers*. Estas inconsistencias son comunes y se resuelven mediante herramientas de minería de datos, aunque lo más frecuente es la eliminación de registros con valores inválidos en algún atributo, esto suele ser utilizado cuando dichos registros corresponden a un porcentaje muy bajo del total. Otros métodos frecuentes son la sustitución por la media o moda considerando los casos similares al que presenta inconvenientes. Por último, se puede remplazar por el valor más probable utilizando técnicas de regresión, clasificador bayesiano o árboles de decisión para predecir el valor, pero su gran precisión se ve opacada por su complejidad.

1.4.2.3 TRANSFORMACIÓN

Esta fase se realiza debido a que no siempre la información original es la más apropiada para trabajar, por lo que se requiere obtener nuevas variables que enriquezcan la información disponible a partir de los atributos ya existentes. En particular, algunas de las variables que pueden resultar de interés: cada cuánto tiempo llega un evento, cuánto se tarda en finalizar cada evento, tiempo de entrada y salida del evento, tiempo en cola, tiempo en el sistema, clientes en sistema, etc. También se realizan en esta etapa operaciones como la normalización de datos, cambios de escala y discretización de variables, entre otras.

1.4.2.4 ANÁLISIS DESCRIPTIVO

Permite representar los distintos atributos y su interacción entre ellos para comprender su comportamiento. Se analizará la inclusión de elementos que no estaban considerados de forma previa en el modelamiento de acuerdo a los resultados de este análisis.

1.4.3 MODELAMIENTO DEL PROCESO DE ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Se trata del modelamiento propiamente tal del proceso de atención de emergencias. El proceso de reparación para cada zona se modelará como un sistema de colas para el cual se define:

- Clientes: son los eventos que refieren a problemas en el suministro eléctrico.
- Recursos: corresponden a los recursos de atención en cada zona en un momento determinado.
- Capacidad: Infinita. Indica la disponibilidad de recibir notificaciones de falla.
- Disciplina: *First Come - First Served* (FCFS), aunque eventos de gravedad reciben prioridad, en general el sistema funciona atendiendo por “orden de llegada”, por lo que se considera esta disciplina por simplicidad y ajuste a la realidad.
- Proceso de entrada: Está definida por alguna distribución estadística que represente los tiempos entre llegadas de los eventos.

- Proceso de servicio: Definida por una distribución estadística de los tiempos de servicio.

Por lo tanto, la notación Kendall para este sistema de colas sería, en el caso más complejo, G/G/c/∞/FCFS [3].

1.4.3.1 MODELO DE DEMANDA

Se analizan los datos para escoger el modelo que mejor represente el proceso, esto involucra:

Comenzar con modelo más simple, con tiempo exponencial entre llegadas y determinar parámetro que mejor ajusta a través del método de máxima verosimilitud en función de los datos disponibles.

A partir del análisis descriptivo realizado en la primera etapa, determinar si hay tendencia en la frecuencia de llamados (no homogeneidad en la llegada).

De existir heterogeneidad en el tiempo, determinar función $\lambda(t)$. En principio esta función se construiría por tramos, es decir, considerar una misma tasa de llegadas intervalos horarios con comportamientos similares.

Considerar en ambas situaciones los resultados del análisis descriptivo para incorporar al modelo las hipótesis sobre el funcionamiento del servicio.

1.4.3.2 MODELO DE SERVICIO

Las atenciones realizadas definen un tiempo de servicio que incluye el traslado hasta el lugar sin suministro y el tiempo para encontrar falla y repararla, no incluye el tiempo de preparación, periodo entre que se recibe el llamado y se asigna la cuadrilla [4]. Tomando esto en cuenta, se realiza un modelamiento similar al anterior, es decir:

Comenzar con modelo más simple, con tiempo exponencial entre servicios y determinar parámetro que mejor ajusta a través del método de máxima verosimilitud en función de la data.

A partir del análisis descriptivo realizado en la primera etapa, determinar si hay tendencia temporal en el servicio (no homogéneo).

De existir heterogeneidad en el tiempo o en el nivel de la falla reportada (BT, MT, domiciliario), determinar función $\lambda(t, nivel\ de\ falla)$.

Considerar en ambas situaciones los resultados del análisis descriptivo para incorporarlos al modelo, así describir la tasa de servicio como función de variables como el momento del día (tráfico), estación del año [5], etc.

1.4.3.3 MODELO DE SISTEMA DE COLAS

A partir de los datos obtenidos de los modelos de servicio y demanda, crear el modelo de sistema de colas y realizar simulación para comprender el funcionamiento del proceso de atención bajo el efecto de pequeñas perturbaciones en el sistema.

Luego, determinar el número de recursos de atención necesarios para cumplir con una mejora de la calidad del servicio entregado, esto basado en los resultados de [6] donde se muestran una serie de modelos y sus ventajas y desventajas a la hora de emplearlos para determinar el *staffing* necesario para el servicio.

1.4.4 SIMULACIÓN

Simulación en software ARENA del proceso de atención de emergencias actual. Se analizan los posibles cambios en el proceso que puedan establecer una mejora respecto a la situación base y se simula el proceso con la cantidad de cuadrillas sugeridas por los resultados del modelo para establecer *staffing*. La simulación permite verificar cómo se comporta un sistema con alta variabilidad, qué tan bien representa la situación real el modelo considerado y cómo el sistema se comporta ante distintos cambios en los *inputs* del modelo.

1.4.5 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Una vez consideradas las medidas necesarias para la mejora en el servicio de atención de emergencias, se evalúa su impacto económico en relación a los costos relacionados al servicio que se entrega bajo el nuevo escenario propuesto y los beneficios económicos que se podrían conseguir con tales mejoras.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

En este capítulo se establecen los principales elementos que constituyen el problema que existe con la atención de emergencias en Ampla y se justifica su resolución dadas las consecuencias que conlleva perseverar en él.

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los mayores problemas que tiene la compañía es reducir los extensos tiempos de espera que enfrentan los clientes frente a problemas de suministro eléctrico. El promedio de los tiempos de atención registrados para los eventos ocurridos en el año 2012 dentro del área de concesión de Ampla alcanzó las 11 horas, lo cual considera el lapso de tiempo que va desde que se toma conocimiento del problema hasta que se da una solución, ya sea definitiva o temporal. Las posibles mejoras a realizar en este ámbito estarán restringidas a mantener la situación financiera actual o, incluso, mejorarla si es posible.

La necesidad de atender de manera rápida a los clientes responde al resguardo por la calidad del servicio ofrecido, siendo la reposición del suministro un aspecto clave en la evaluación de la imagen de la compañía. Por lo tanto, las empresas distribuidoras deben encargarse que las interrupciones producidas en su área de concesión tengan la mínima duración que sea posible.

La empresa recibió durante el año 2012 cerca de 340.000 eventos relacionados con el suministro de electricidad, experimentando cerca de un 8% de crecimiento en este ítem, respecto al año anterior. Este aumento en la cantidad de eventos es similar al que se dio durante el año 2011, donde la cantidad de ocurrencias aumentó en 7,4%. En general, la cantidad de fallas van aumentando conforme lo hace la cantidad de clientes, lo que está directamente relacionado con la población que habita el territorio a servir.

2.1.1 CONSIDERACIONES DEL PROBLEMA

Actualmente, el área de concesión de Ampla es dividida en 9 zonas geográficas, en cada una de ellas un número determinado de recursos de atención para las emergencias en el suministro eléctrico es asignado para realizar sus labores. La justificación que tiene la división del área de concesión en zonas es la disminución en los tiempos de traslado que tienen las cuadrillas para resolver las fallas. Sin embargo, considerar un número excesivo de zonas sería ineficiente debido a que una cuadrilla estaría preocupada de muy pocos clientes, teniendo excesivo tiempo de ocio. La distribución de las zonas para la atención está

pensada de manera que cada zona se haga cargo de los distintos polos de demanda y, a su vez, tengan similares niveles de demanda entre ellas, consideren límites naturales entre cada zona, criterios de conectividad para asistir a los lugares donde se requiere atención, entre otros criterios. La división zonal es la siguiente:

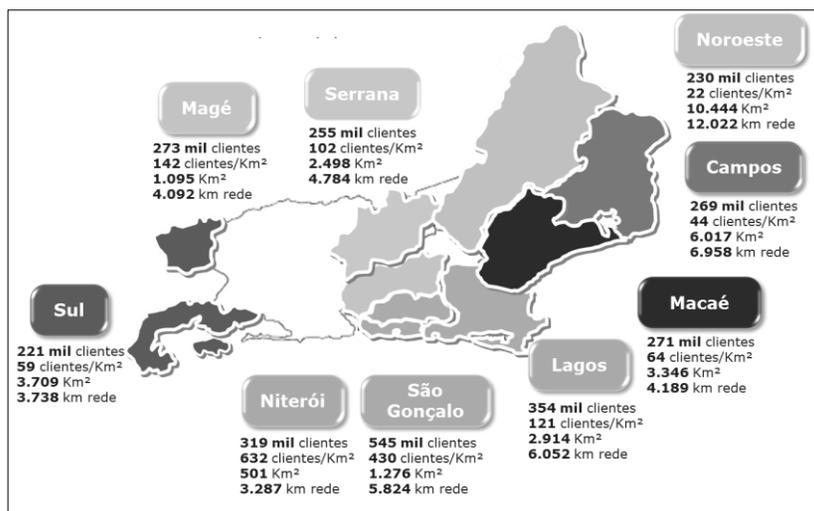


Ilustración 4: Distribución zonal para la atención de emergencias.

La reducción en los tiempos de espera en la reanudación del suministro eléctrico puede ser resuelta, considerando el escenario más exagerado, con tantas cuadrillas como clientes existan, dispuestas a ejecutar las labores de reparación que sean requeridas. Sin embargo, los recursos económicos son limitados, por lo tanto la disminución de los tiempos de interrupción en el servicio no pueden ser resueltas a cualquier costo.

Por su parte, tal como fue planteado previamente, largas esperas por el restablecimiento del servicio deterioran la imagen de la compañía y la percepción de calidad por el servicio ofrecido, por lo tanto es importante cubrir adecuadamente la demanda por fallas en el suministro controlando los recursos asignados para ello.

En el siguiente gráfico se puede revisar la situación actual respecto a los tiempos de atención correspondientes al año 2012 (datos “limpiados”¹ para eliminar registros incoherentes):

¹ Como resultado de la limpieza de la base de datos se eliminó un 3,6% de los registros. La principal causa fue la ausencia o incoherencia de algún campo imprescindible.

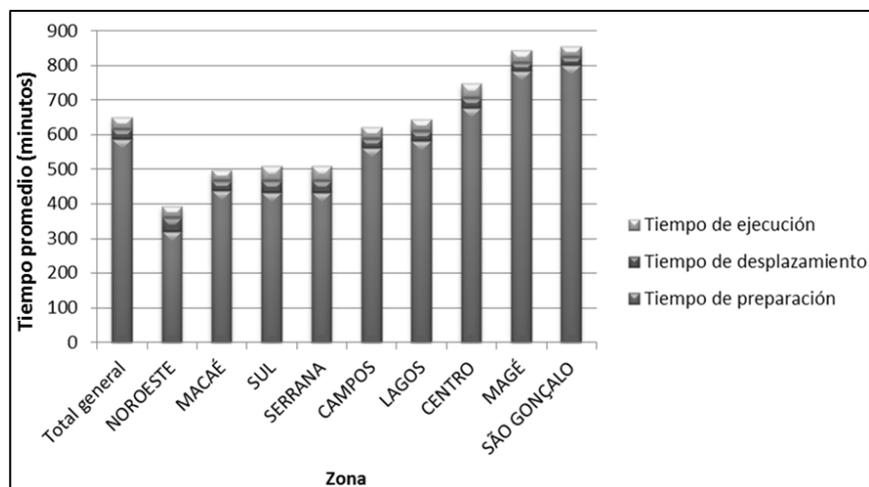


Ilustración 5: Tiempo promedio de atención por zona

De este gráfico se desprende que existen 3 zonas con tiempo medio de atención que están por sobre el promedio de Ampla: Centro (Niterói), Magé y San Gonzalo. Además de la crítica situación en que están estas últimas, se debe mencionar que las restantes zonas tampoco presentan un panorama muy alentador, siendo la zona Noroeste la que durante el 2012 exhibe una mejor performance con un promedio de 6 horas y media en su tiempo de atención de emergencias.

Se debe considerar que las 9 zonas funcionan de manera independiente entre sí, cada una cuenta con un número de recursos de atención determinado con el cual se resuelven los problemas de suministro eléctrico. Sin embargo, cuando existen fallas en lugares cercanos a los límites de cada zona, hay flexibilidad para que un recurso pase de su zona de operación a una adyacente de ser necesario.

Para abordar este problema se deben considerar una serie de elementos que afectan el comportamiento del sistema, por ejemplo:

- Zona del reclamo: cada una de las zonas tiene una intensidad de falla y tiempo de servicio distinto, además de tener distinto número de cuadrillas de atención de emergencias disponibles en cada una. Zonas muy grandes podrían determinar mayores traslados y con esto aumentar el tiempo de respuesta.
- Tipo de falla (MT, BT, Domiciliaria, Rede Ampla): Existen distintos recursos para atender las emergencias. Dadas las características que poseen, distintos tipos de cuadrillas pueden enfrentar distintas fallas, cada zona tiene disponible un

número distinto de estos tipos de recursos, según las particularidades de sus redes y proporción de los distintos tipos de falla.

- Hora del día en que se reciben reclamos: Las fallas que son atendidas corresponden a las reportadas, por lo tanto el comportamiento humano también influye en la demanda por el servicio de reposición. Existen tramos horarios e incluso días, como el fin de semana, en que la cantidad de llamados baja considerablemente.

- Hora del día en la que se despacha una cuadrilla: La hora también afecta en el tiempo de servicio, debido a que existen momentos en el día en que el tráfico se puede transformar en un obstáculo importante para llegar al lugar donde se reportó la emergencia.

- Efecto climático: El clima también afecta la frecuencia de las fallas, el viento, lluvia, tormentas eléctricas, entre otros, son factores importantes en la interrupción del servicio. Esto explica un aumento en la demanda en cerca de un 10% durante los meses que tienen mayor cantidad de precipitaciones.

- Visitas sin actuación: Existe una porción de llamados en que la emergencia no tiene solución posible, por lo que una vez llegado al lugar del evento no se realiza trabajo de reparación. Esto es problemático debido a que se asigna un recurso a una emergencia que no requiere atención en desmedro de otra que sí lo necesita. El recurso pierde tiempo desplazándose hasta el lugar del evento y una vez ahí, se determina que no hay trabajo que hacer por su parte. Ejemplo de este tipo de visitas son las fallas producidas por desperfectos al interior del hogar, clientes que están en el límite de la concesión y en realidad son servidos por otra distribuidora, clientes ausentes y problemas que ya han sido resueltos cuando la cuadrilla de atención ha llegado al lugar. En el caso de Ampla, este tipo de atenciones representa alrededor de un 20%.

- Días de contingencia: Existen determinadas fechas en las que la demanda por la atención de emergencias aumenta explosivamente, la empresa en estos casos requiere de ayuda a otras áreas de la compañía para atender las emergencias. Un nivel de dotación de cuadrillas que considere estos días de contingencia sobrestimarán los recursos necesarios para los días normales, los cuales son más del 90% de los días del año.

- Contratos de personal: La atención de emergencias es un servicio que se subcontrata y los niveles de dotación de personal para cada día son planificados

con antelación y deben ser relativamente constantes en el tiempo para permitir a la empresa subcontratada contar con un staff estable. En lo relativo al pago asociado al trabajo, en la actualidad se establece el pago por disponibilidad horaria, desestimando un incentivo por productividad que considere la cantidad de problemas de suministro solucionados por una cuadrilla de atención de emergencias durante un turno de trabajo.

- Costo asociado a las atenciones: Un evento tiene asociado costos de atención que están determinados por factores tales como el vehículo, el sueldo de los trabajadores, el equipamiento personal, costos asociados al traslado como petróleo, peajes, etc. Los costos dependerán del tipo de recurso de atención, es decir, variarán si el equipo utilizado es de tipo leve, pesado o cesto. Considerando los 75 recursos de atención existentes en las 9 zonas, el costo en que se incurre al atender las incidencias en un año es de €12,5 millones aproximadamente.

Por lo tanto, la atención al cliente ante fallas del suministro eléctrico es un procedimiento complejo, con muchas variables por decidir, una demanda aleatoria en tiempo y en espacio, con patrones horarios, semanales y estacionales, donde se deben decidir acciones para que la atención de emergencias resulte apropiada. El objetivo es lograr un nivel de cumplimiento adecuado en cuanto a tiempos de espera por reposición de servicio, considerando las restricciones regulatorias del sector eléctrico. El incumplimiento de las normas dispuestas tiene consecuencias económicas directas, viéndose reflejado en compensaciones hacia los clientes en sus cuentas de electricidad, más otras consecuencias menos evidentes y cuantificables económicamente, como lo es el deterioro de la imagen de la compañía.

Para trabajar en el problema se cuenta con los datos correspondientes al año 2012 de los tiempos en que se recibe la llamada, tiempo en que se asigna una cuadrilla al evento, tiempo en que la cuadrilla llega al lugar en que fue reportada la falla, tiempo de reparación, descripción de la falla, zona del evento, nivel de red (BT, MT, domiciliaria, sin conclusión, servicios extra), entre otros datos complementarios.

2.1.2 CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE CALIDAD DE SERVICIO DE ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

La organización del sector eléctrico brasileño considera como agente regulador a la Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). La agencia supervisa toda la cadena productiva del sector, teniendo como misión “entregar

condiciones favorables al desarrollo del mercado con equilibrio de los agentes y en beneficio de la sociedad” [7].

Dentro de las facultades que posee ANEEL está el velar por una tarificación justa y por una adecuada calidad del servicio de las distribuidoras hacia los clientes. En este último punto, existen diversos indicadores con los cuales la ANEEL evalúa a las empresas distribuidoras de electricidad. En lo que tiene relación con el procedimiento de atención de emergencias, los indicadores evalúan la frecuencia de las interrupciones y la duración de las mismas.

Los indicadores se miden a partir de criterios establecidos por ANEEL, para cada “cliente final”, que corresponde a todo punto con lectura individual y por “conjunto”, que se refiere a un área geográfica, definido como un polígono cerrado, contenedora de un determinado número de clientes de la empresa distribuidora.

La evaluación de ANEEL, se realiza de acuerdo a la medición, para cada periodo de control (un mes, un trimestre y un año), de indicadores de continuidad de suministro definidos por esta entidad. El incumplimiento de los límites establecidos para cada periodo de control tiene consecuencias económicas negativas para la compañía distribuidora en favor de los clientes afectados. Los indicadores de continuidad de suministro eléctrico, referentes al servicio de atención de emergencias, se pueden clasificar por:

- Criterio de Conjunto: Se establecen límites para los indicadores de cada conjunto de clientes definidos por ANEEL. Estos valores corresponden al DEC (duración equivalente de interrupción por unidad consumidora) que se refiere a la duración media de interrupción de los clientes de cada conjunto que tuvieron interrupción del suministro, medido en horas por periodo de control y el FEC (frecuencia equivalente de interrupción por unidad consumidora), correspondiente a la frecuencia media en que los clientes tuvieron interrupción del suministro, medido en número de veces por periodo de control.

Hasta el año 2009 el incumplimiento de los indicadores DEC y FEC traía consigo multas asociadas de hasta un 1% de la facturación anual. En la actualidad, el sobrepasar los límites para los indicadores DEC y FEC no tiene castigo económico, las multas han sido retiradas en favor de un aumento en las consecuencias económicas asociadas a los criterios individuales de los indicadores de continuidad de suministro, los cuales se definen a continuación.

- Criterios individuales: Corresponden al DIC, definido como la suma de la duración de interrupciones (horas) durante cada periodo de control para cada

cliente; el FIC, el cual es el número de interrupciones, mayores a 3 minutos, por unidad consumidora y DMIC, que corresponde a la máxima duración entre todas las interrupciones sufridas por el cliente individual.

De ser excedidos los límites definidos para los criterios individuales de algún cliente dentro del periodo de control evaluado, se establece el pago de una compensación que se verá reflejada en la disminución de su cuenta de electricidad.

2.2 JUSTIFICACIÓN

La justificación del problema se sustenta en tres ejes principales:

- La relación que Ampla tiene actualmente con los usuarios del servicio que presta y cómo este problema se puede agravar a futuro de no tomar medidas apropiadas, considerando el contexto en cual se desenvuelve la empresa y los factores que se encuentran involucrados en la entrega del servicio de atención de emergencias.

- La evaluación del servicio por parte de la ANEEL y las consecuencias económicas que tiene el pobre nivel de servicio de atención de emergencias que entrega la empresa, debido a las compensaciones que debe pagar la compañía a sus clientes por exceder los límites establecidos para los cortes en el suministro de electricidad, en lo que refiere a la cantidad de interrupciones y, principalmente, a la duración de las mismas, las cuales promedian las 11 horas aproximadamente.

- El deterioro de la imagen de la compañía, lo que es medido por encuestas de satisfacción de los clientes realizadas cada año por la ANEEL. Durante el año 2012, la evaluación del servicio entregado por la compañía por parte de los clientes, para todos los aspectos evaluados, está por debajo del promedio del país, siendo la “rapidez en el regreso del suministro una vez interrumpido” el ítem que presenta la peor valoración de los clientes hacia la empresa.

2.2.1 CONTEXTO Y RELACIÓN CON LOS CLIENTES

En el término del año 2012, Ampla registró cerca de 2,7 millones de clientes, lo que representa alrededor de 10 millones de personas. Esta cantidad es bastante relevante, considerando que el tipo de servicio entregado es de gran importancia para la rutina de las personas.

El servicio eléctrico es un servicio básico fundamental en la vida actual de las personas, siendo utilizado diariamente y de manera constante por la población, por lo que una interrupción de este servicio tiene consecuencias importantes en la vida cotidiana debido a que cada vez es mayor la dependencia de electricidad (estufas eléctricas, hervidores y otros han remplazado la utilización de gas en el hogar) e incluso sirven para proveer otros servicios básicos, como el servicio de agua en los edificios, que se vale de energía eléctrica para bombear el agua que llegará a los departamentos.

Por la importancia del servicio y por la cantidad de clientes afectados cuando ocurre una interrupción del suministro eléctrico, es que autoridades de algunos municipios ya han citado a ejecutivos de la Ampla para analizar los reclamos existentes en su contra. Esto ha sucedido en el municipio de Campos dos Goytacazes, donde el líder del gobierno municipal, Paulo Hirano, cuestionó el contingente de 17 cuadrillas para el servicio de atención de emergencias afirmando que “Necesitamos de una mayor cantidad de vehículos y personas para este servicio” [8].

En el resto de los municipios la situación no es muy distinta, siendo Campos la zona que está justamente en la mediana de los tiempos de atención, entre los 9 polos que Ampla ha definido para la atención de las emergencias, siendo los casos más críticos Niterói, Magé y San Gonzalo. Esta situación ha gatillado una cantidad importante de reclamos en el Procon (*Autorquía de Proteção e Defesa do Consumidor*), entidad encargada de defender los derechos de los consumidores, donde la empresa es uno de líderes en el ranking de reclamos [9].

Para analizar las posibles consecuencias de continuar con el proceso tal como se lleva a cabo en la actualidad y la relación con sus clientes a futuro, se deben considerar los siguientes elementos:

- Empresa monopólica: El carácter monopólico de la empresa influye en su falta de incentivos para otorgar un servicio de buena calidad. Al carecer de competencia, la compañía no ve amenazada su posición y por lo tanto, tiene poco incentivo a realizar mejoras, exceptuando las situaciones en que el ente regulador la obliga.
- Atención deficiente: El tiempo medio de atención de emergencias que registra Ampla durante el 2012 es cercano a las 11 horas. Esto tiene a la compañía dentro de las diez distribuidoras peor ubicadas en el ranking de continuidad de servicio entre 35 distribuidoras evaluadas [10].

- Reclamos: Como ya se mencionó, la población ya ha acudido a los entes gubernamentales para expresar su molestia con el servicio entregado. En particular, las largas esperas por la reposición del suministro eléctrico han sido tema recurrente en los reclamos de los consumidores a ANEEL y Procon.

- Compensaciones: El incumplimiento de las exigencias establecidas por ANEEL tiene como consecuencia castigos económicos para la compañía distribuidora. Estos castigos que aplica el ente regulador actúan como un incentivo para que la empresa mejore el servicio prestado a la comunidad.

- Importancia del servicio: El suministro eléctrico es uno de los servicios de mayor importancia en la vida diaria de las personas. Corresponde a un servicio que se ha convertido en indispensable para la vida moderna, tal como el gas o el agua potable. Por lo mismo, los problemas que se generan en este tipo de servicios cuentan con gran cobertura mediática, lo que daña severamente la imagen de la compañía

- Cantidad de habitantes servidos: El área de concesión de Ampla tiene alrededor de 10 millones de habitantes, los que se reflejan en sus 2,7 millones de clientes. Dado esto, se puede interpretar la gran importancia en términos de masividad del servicio entregado y, por lo tanto, su importancia dentro del país.

- “Ciudadanía empoderada”: Una fuerte ola de protestas se ha originado en algunos estados de Brasil durante el año 2013, con motivo del alza de los pasajes del transporte. La protesta ciudadana ha ido creciendo en masividad y exigencias, al ver el nivel de corrupción existente y el despilfarro asociado a la organización del Mundial de Fútbol, derrochando recursos en desmedro de necesidades más urgentes como mejoras en la salud y educación pública [11]. Luego, la capacidad de crear grandes manifestaciones por una causa común ya ha sido probada, en particular en el estado de Rio de Janeiro, por lo que continuar engendrando una molestia en la ciudadanía esta vez con el servicio eléctrico, dando pie a posibles manifestaciones de gran envergadura, no parece ser un buen negocio.

Todos estos elementos determinan que la mejora del servicio sea una tarea importante de resolver en el corto plazo, debido a que las consecuencias que enfrenta la compañía son importantes de seguir con los tiempos de atención que presenta actualmente.

Por lo pronto, la compañía ha estado pagando las compensaciones de acuerdo a los indicadores de continuidad del servicio, pero a largo plazo, las consecuencias pueden ser mucho mayores, considerando el malestar de los consumidores, la importante cantidad de clientes servidos por la compañía y la capacidad de organización que han mostrado en el último tiempo para enfrentar causas comunes.

2.2.2 EVALUACIÓN DE ANEEL

A partir de los criterios de calidad de suministro descritos en 2.2, se puede establecer una evaluación del servicio entregado por Ampla en lo relacionado al servicio de atención de emergencias.

2.2.2.1 MEDICIÓN DE LOS INDICADORES DE CALIDAD

La medición que realiza ANEEL de los indicadores de calidad por conjunto (zona geográfica definida por un polígono cerrado) definidos como DEC, duración equivalente de interrupción por unidad consumidora, y FEC, frecuencia equivalente de interrupción por unidad consumidora, está disponible en su página web². En ella se puede observar, para cada uno de los conjuntos, cuán sobre o bajo el límite anual de cada indicador estuvo la compañía. En la tabla siguiente se puede apreciar el porcentaje de conjuntos que superaron la norma establecida para los indicadores DEC y FEC durante los últimos 5 años, situación graficada posteriormente:

Año	DEC	FEC
2008	5%	6%
2009	76%	0%
2010	91%	18%
2011	75%	15%
2012	78%	22%

Tabla 2: Porcentaje de conjuntos que superan los límites de los indicadores DEC y FEC

² Sitio web ANEEL: <http://www.aneel.gov.br> (Visitado el 10 de junio del 2013).

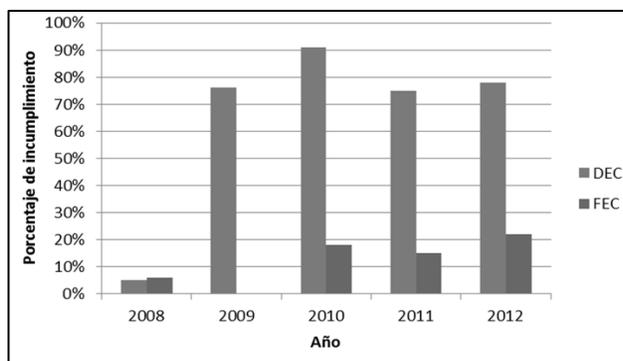


Ilustración 6: Porcentaje de conjuntos que superan límites de indicadores DEC y FEC

Del gráfico anterior se desprende que en general el DEC es el indicador que presenta mayor incumplimiento, siendo el año 2010 el más crítico, cuando un 91% de los conjuntos sobrepasó el DEC límite establecido por ANEEL.

La empresa también ha debido incurrir en compensaciones monetarias asociadas a la violación de los límites individuales DIC, FIC y DMIC. El historial de compensaciones pagadas se puede ver en la tabla y gráfico a continuación.

Año	Monto (Euros)
2005	€160.383
2006	€65.903
2007	€181.387
2008	€164.827
2009	€1.557.018
2010	€11.739.315
2011	€7.831.498
2012	€8.762.091

Tabla 3: Historial de compensaciones pagadas por Ampla

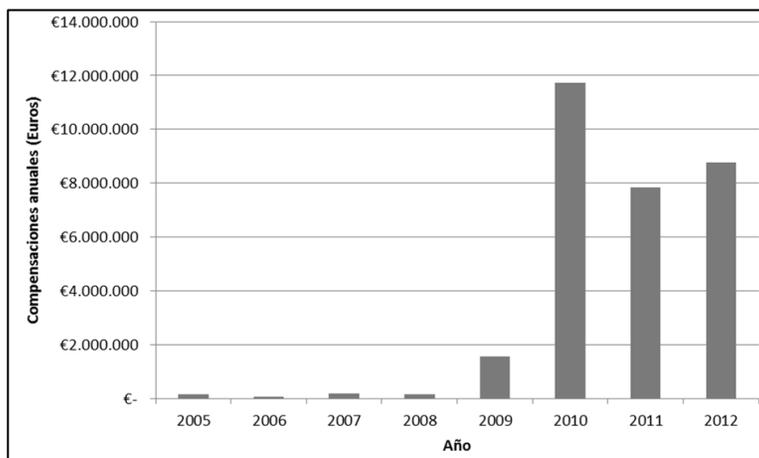


Ilustración 7: Historial de compensaciones pagadas por Ampla

Existe un salto importante en el monto total de compensaciones pagadas durante el año 2010, este aumento se produce porque a partir de este año se es más riguroso con los límites para los indicadores individuales DIC y FIC y los montos de las compensaciones a pagar a los clientes. Por contrapartida, se deja de aplicar multas al incumplimiento de los límites para los indicadores de conjunto FEC y DEC [12].

Las compensaciones que paga la compañía por el incumplimiento de la duración y frecuencia de interrupción máxima permitidas son individuales, es decir, cada cliente la ve reflejada en su facturación de acuerdo a la normativa vigente. Sin embargo, la información sobre los tiempos de atención más detallada a la que se puede acceder es a nivel de conjunto, que no es más que una agrupación de clientes individuales. Por lo tanto, no se tiene información de las mediciones a los indicadores individuales DIC, FIC y DMIC, pero sí se tiene información sobre los montos totales que cada año paga la compañía a sus clientes por violar los límites establecidos para éstos y las mediciones de los indicadores por conjunto DEC y FEC (Anexo B). Esta condición es clave debido a la importancia de poder estimar beneficios económicos, debido a una disminución en el pago de compensaciones, a partir de una reducción en el tiempo medio de atención.

Es importante destacar dos situaciones: primero, la presencia de importantes niveles de incumplimiento de los indicadores de conjunto, que muy probablemente provocan significativos incumplimientos a nivel individual y, por lo tanto, considerables compensaciones a los clientes afectados. Segundo, los límites para los indicadores de continuidad del servicio son cada vez más estrictos, disminuyendo año a año la cantidad de interrupciones y horas sin suministro permitidas para cada cliente.

A partir de las exigencias e indicadores expuestos anteriormente, la situación de Ampla es compleja. Su imagen se ha visto severamente deteriorada debido, principalmente, a los largos tiempos que deben esperar los clientes para la reposición del servicio eléctrico y su posición económica se ha visto debilitada ante el importante nivel de compensaciones a pagar durante los últimos años.

2.2.2.2 RANKING DE CONTINUIDAD DEL SERVICIO

Cada año ANEEL entrega un “Ranking de continuidad del servicio”, que en su versión 2012 ubicó a Ampla en el 25° lugar de un total de 35 compañías que se presentan en la categoría de “distribuidoras grandes” presentes en Brasil (Anexo C). El criterio que se utiliza para confeccionar el ranking es el indicador de desempeño global de continuidad (DGC) que corresponde a la media aritmética

simple de los cocientes entre los valores medidos y los límites anuales para los indicadores DEC y FEC de cada conjunto.

En la siguiente tabla se puede ver una comparación de los tiempos de atención (en minutos) durante el año 2012 para las distribuidoras con más de 400 mil clientes de la región sudeste de Brasil³, ordenadas de mejor a peor desempeño global de continuidad (DGC). De izquierda a derecha: Nombre de la distribuidora, DGC, tiempo medio de preparación o asignación (TMP), tiempo medio de desplazamiento (TMD), tiempo medio de ejecución (TME), tiempo medio de atención (TMA, suma de los tres anteriores) y número de eventos durante el año 2012 (NUMOCORR). Tomando en cuenta sólo a las distribuidoras de la región sudeste del país, a la cual pertenece la compañía, Ampla se ubica en el 10° lugar entre 13 empresas:

Distribuidora	DGC	TMP	TMD	TME	TMA	NUMOCORR
Companhia Luz e Força Santa Cruz	0,44	50,27	29,59	31,5	111,36	14.781
Companhia Piratininga de Força e Luz	0,66	42,69	26,13	29,99	98,81	95.120
Caiuá Distribuição de Energia	0,75	97,6	17,21	25,71	140,52	24.860
Energisa Minas Gerais	0,8	117,04	29,79	49,2	196,03	58.806
Companhia Paulista de Força e Luz	0,81	58,47	12,9	46,95	118,32	245.025
Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo	0,82	135,89	31,14	69,08	236,11	378.963
Espírito Santo Centrais Elétricas	0,83	117,43	42,22	85,64	245,29	123.194
Elektro Electricidade e Serviços	0,84	268,15	89,09	45,21	402,45	207.673
Bandeirante Energia	0,85	104,34	32,76	39,12	176,22	101.368
Ampla Energia e Serviços	0,98	605,03	35,32	28,94	669,29	337.769
Cemig Distribuição	0,98	279,64	31,59	21,15	332,38	757.926
Empresa Elétrica Bragantina	1,02	94,13	22,12	30,98	147,23	15.714
Light Serviços de Eletricidade	1,53	494,49	144,07	111,97	750,53	327.936

Tabla 4: DGC, tiempos del proceso de atención (minutos) y número de ocurrencias de las distribuidoras de la región SE. Fuente: ANEEL

En la tabla anterior se puede observar que, en comparación al resto de las compañías que prestan servicios en la región sudeste, la empresa Ampla posee tiempos similares en lo que se refiere al desplazamiento de las cuadrillas al lugar del evento y en la ejecución de la reparación. Sin embargo, el tiempo medio de preparación, asociado a la espera por una cuadrilla que esté disponible para la atención de la incidencia, es el mayor de las compañías de la región.

³ El sudeste de Brasil considera los estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro y Espírito Santo.

El índice DGC se calcula en función de los valores medidos para los indicadores DEC y FEC que enfrenta cada compañía (que pueden estar relacionados con el tiempo de atención) y los valores límites para los mismos, que son establecidos por ANEEL y son diferentes para cada conjunto. Por eso, a pesar de tener el doble TMA que la empresa Cemig Distribuição, Ampla puede igualar su valor para el indicador DGC, dado que entregan su servicio en distintos conjuntos de clientes.

Considerando que al evaluar las desviaciones del valor medido respecto a su límite es mucho mayor el incumplimiento para el DEC que para el FEC, y siendo el DEC un indicador de duración de las incidencias en el suministro eléctrico, se puede inferir que la mala posición en que se encuentra Ampla en este ranking se debe principalmente a los tiempos de espera que enfrentan los consumidores para la reposición del servicio eléctrico. Por lo tanto, mejorar el tiempo de atención tendría un impacto positivo en esta evaluación, que tiene actualmente a la empresa dentro de las peores calificadas.

2.2.3 EVALUACIÓN DEL CLIENTE

La evaluación del servicio prestado por la distribuidora por parte de la ciudadanía se realiza a través de encuestas de satisfacción al cliente (Índice Aneel de Satisfação do Consumidor, IASC), la cual evalúa diversas dimensiones del servicio entregado por las distintas empresas de distribución eléctrica en el país.

ANEEL realiza encuestas a la población con el objetivo que las empresas evalúen su oferta a partir de la percepción de su consumidor y mejoren sus servicios. Se evalúa año a año en diferentes aspectos, comparando la evaluación obtenida por la empresa con el promedio de las empresas de similares características (distribuidoras de la región sudeste del país con más de 400 mil clientes), con el promedio del país y con el mejor puntaje obtenido para esa categoría.

En el caso de Ampla, el IASC correspondiente al año 2012 [13] muestra una pobre evaluación de los clientes en todos los aspectos considerados por la encuesta, obteniendo en todos ellos una evaluación por debajo del promedio de las compañías similares. En particular, la calidad percibida en la rapidez con que retorna la energía una vez interrumpida es el ítem que tiene la peor evaluación de los clientes hacia la compañía. En este apartado, Ampla obtuvo una calificación de un 51,72%, evaluación que está por debajo del promedio de las distribuidoras de la región sudeste con más de 400 mil consumidores, que fue de un 58,26%,

inferior también al promedio de Brasil en este ítem, con un 59,47%, y muy por debajo de la mejor calificación para esta medición, la cual fue de un 74,09%. Lo anterior se puede revisar con mayor detalle en el Anexo D.

3. MARCO CONCEPTUAL

El modelo considerado se ha escogido luego de analizar distintas alternativas existentes para la resolución de problemas de dotación de personal de emergencias. Estos abarcan consideraciones más cualitativas, como lo desarrollado por K. G. Zografos, C. Douligeris y P. Tsoumpas [2] y modelamiento matemático considerando los datos disponibles como lo propuesto por S. A. Smith y S.S. Oren [14] en el que utilizan los datos disponibles para estimar parámetros mediante método de máxima verosimilitud. Otra alternativa revisada es la desarrollada por L. Xu, M. Chow y L. S. Taylor [5] para encontrar factores en las fallas del sistema de distribución eléctrico basado en técnicas de Data Mining.

Para establecer dotación se prefirió el partir con los resultados conocidos para el sistema de colas M/M/s [3] para establecer dotación, sin embargo, el modelo que más satisfizo fue el propuesto en [15] donde se muestran distintas alternativas para el problema de *staffing* en situaciones donde existe una alta variabilidad en la demanda. Se revisaron otros modelos para establecer dotación, en otros sistemas, utilizando programación lineal mixta. Éstos consideran una demanda determinística, lo cual fue considerado como un supuesto muy fuerte considerando la alta aleatoriedad de la demanda de fallas en el sistema de distribución eléctrica, por lo que no fue considerado como alternativa de solución.

La revisión teórica que complementa la teoría de colas, en cuanto a la descripción de procesos estocásticos y las distribuciones más comunes se tomó del desarrollo de S. Ross [16].

A continuación se definen conceptos utilizados de manera frecuente en el presente documento:

- Aviso o llamado: Solicitud que realiza un cliente al *call center* para la resolución de un problema en el suministro eléctrico.
- Evento, incidencia u ocurrencia: Llamado o agrupación de llamados que describen una misma falla.

- Recurso de atención: Vehículo que, dependiendo de su tamaño y capacidad, puede resolver distintos tipos de falla.
- Cuadrilla: Grupo de personas asociadas a un recurso de atención, que se encarga de la reposición del servicio eléctrico.
- “Rede Ampla”: Innovación de la compañía para disminuir el hurto de energía en zonas con altos índices de pérdidas. La implicancia de esto es que la red de distribución eléctrica tiene una configuración distinta a la convencional, provocando, en general, mayores tiempos de reparación en zonas que presentan un gran porcentaje de red diseñada de esta forma. Además, esta configuración de la red, dada sus características, exige la atención de vehículos tipo cesto cuando se produce una incidencia en ella.
- Tiempo de preparación (TMP): Minutos que toma desde la toma de conocimiento del problema hasta que el móvil inicia su desplazamiento. También se referirá a él como “tiempo de asignación”.
- Tiempo de desplazamiento (TMD): También señalado como “tiempo de traslado”, corresponde a los minutos que le toma a la cuadrilla desplazarse hasta el lugar del evento.
- Tiempo de ejecución (TME): Tiempo que demora una cuadrilla en ejecutar el trabajo de reparación.
- Tiempo de atención (TMA): Suma de los tres tiempos anteriores, corresponde a los minutos que transcurren desde que se toma conocimiento del llamado hasta que la atención de emergencias se da por finalizada.
- Polo o Zona: División geográfica realizada por la compañía, esto se realiza con criterios de agrupación de zonas de demanda de manera que se establezcan como centros y desde allí opere cada cuadrilla moviéndose al interior de esa zona. Esto permite disminuir la variabilidad de los tiempos de traslado y los tiempos promedio de los mismos.

4. PRE-PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Corresponde a la primera parte del trabajo con los datos, en él se pueden identificar tres etapas: El tratamiento de los datos, un análisis descriptivo que permita establecer las principales características asociadas al proceso y el cálculo

de los parámetros asociados a las distribuciones probabilísticas que describen el fenómeno.

4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS DISPONIBLES

La base de datos que registra Ampla y que debe entregar a la agencia reguladora ANEEL para su uso y análisis, debe contener los siguientes campos:

- Proyecto: indica el ID del evento.
- Numero de orden: Tiene el mismo objetivo que el anterior, establecer un número identificador del evento, que coincide con el número de “proyecto” pero además lleva concatenado el *string* “-X”, donde X es un número que indica la cantidad de cuadrillas que asistieron a reparar el mismo evento, pues fue “re-atendido”. La primera cuadrilla que acude al lugar no puede resolver el problema y se debe asignar otra. En la base de datos sólo queda registrada la última cuadrilla que asistió a ese evento.
- Inicio: Tiene el registro de la fecha (día, mes, año) y hora (hora, minuto) en que se toma conocimiento del evento.
- Asignación: Fecha y hora en que una cuadrilla ha sido asignada al evento para que comience su desplazamiento.
- Llegada: Fecha y hora en que la vehículo de atención de emergencias hace su arribo al lugar del evento.
- Término: Fecha y hora en que la cuadrilla termina la ejecución del trabajo.
- Móvil: Identificador del vehículo que asiste al lugar de la ocurrencia.
- Responsable: Operador responsable de la asignación.
- Circuito: Identificador del circuito interrumpido.
- Estado: se refiere al estado en el que se encuentra el evento, cerrada, suspendida, etc.
- Nivel de Falla: Clasificación del tipo de falla asociado al evento, puede ser BT, MT, domiciliario, Rede Ampla, servicio extra, sin conclusión.

- Problema: Descripción del problema.
- Acción: Acción ejecutada para reponer el servicio.
- Causa: La detonante de la falla, puede ser una sobrecarga, deterioro, etc.
- Base: subdivisión de un polo. En el caso de las zonas consideradas en el estudio, Niterói y San Gonzalo, no tienen base al ser zonas geográficas reducidas y predominantemente urbanas.
- Polo: Atributo que se refiere a una de las 9 zonas a la que pertenece el evento.

4.2 TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Antes de comenzar a modelar el sistema con los datos se cumple con las etapas que forman parte de las fases tempranas del proceso KDD (Knowledge Discovery in Databases), es decir la recopilación, limpieza y transformación de los datos.

La recopilación de datos es el punto de partida para el análisis, se debe disponer de la información necesaria para comenzar a trabajar. Se define la fuente de datos y el tipo de información a utilizar. Existe información que proviene de distintas fuentes, en particular desde ANEEL, por lo tanto se debe consolidar la información para trabajar en ella con mayor comodidad.

Una vez definida la base a utilizar, debe ser limpiada de errores existentes en ella. El objetivo principal de esta limpieza es la eliminación de inconsistencias, como tiempos negativos; outliers, valores fuera de rango que distorsionan el análisis y se deben mayoritariamente a errores en el ingreso y de sistema y registros con valores perdidos que son de difícil remplazo y son imprescindibles para el modelo.

Para la limpieza de la base de datos se utiliza el programa RapidMiner, esto permite establecer un estándar de limpieza y la automatización de este proceso, de manera que sea utilizable bajo los mismos criterios para un nuevo análisis. Otra ventaja que tiene la utilización de este programa es la definición de un formato estándar de ingreso y de salida para el cálculo posterior de distribuciones probabilísticas asociadas al proceso.

Otra etapa importante en el tratamiento de los datos es su transformación, debido a que no siempre la información original es la más apropiada para trabajar, por lo que se requiere obtener nuevas variables a partir de las ya existentes. En particular, algunas de las variables que pueden resultar de interés: cada cuánto tiempo llega un cliente, cuánto se tarda en salir cada cliente, tiempo de entrada y salida de cliente, tiempo en espera, tiempo en el sistema, transformar las fechas en números operables matemáticamente. También se realizan en esta etapa operaciones como la normalización de datos, cambios de escala y discretización de variables, entre otras.

Finalmente, el resultado es la creación de dos archivos, con proceso de filtrado independiente de los datos de valores anómalos, para los ingresos de los llamados y los tiempos de servicio, cada una con las transformaciones que son necesarias para el modelo. Este procedimiento otorga una base con menos inconsistencias y que permite una estimación más precisa de las distribuciones probabilísticas que describen el proceso.

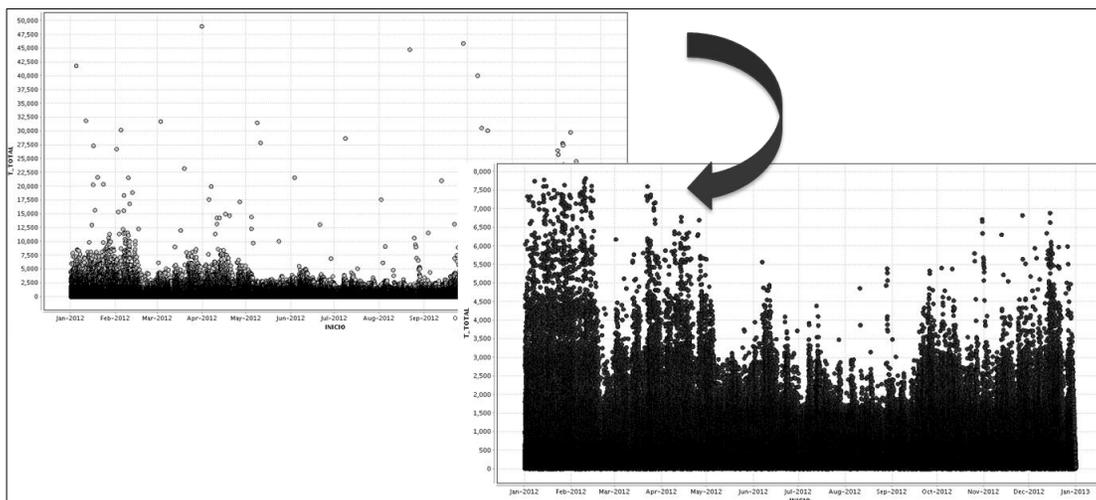


Ilustración 8: Filtro de datos anómalos

En la ilustración anterior se puede observar, gráficamente, cómo cambia la base de datos desde su estado original a la base ya filtrada. Los eventos con tiempos inverosímiles fueron descartados para obtener la base de datos que se observa a la derecha.

4.3 ANÁLISIS DESCRIPTIVO

Comprende el análisis de los datos que fueron recogidos para caracterizar el proceso de atención de emergencias en Ampla. Esta labor se realiza con el

objetivo de determinar los principales factores del proceso para tomarlos en consideración una vez que se comience con el modelamiento del mismo.

4.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA DEMANDA

En primera instancia se procede a caracterizar la demanda, es decir, los registros de eventos que requieren la atención de las cuadrillas de emergencia. Primero se evalúan las principales características que se pueden observar de la demanda durante el año 2012, para posteriormente definir una relación estable que permita caracterizar el nivel de demanda año a año en las distintas zonas pertenecientes al territorio de concesión.

4.3.1.1 ANÁLISIS DE LA DEMANDA DURANTE EL AÑO

El análisis de la demanda del año 2012 es importante para comprender cómo se comportaron las fallas durante el último año y así extraer datos que puedan servir para anticiparse para el próximo periodo. Primero que todo, es importante notar cómo se distribuyen los requerimientos en las distintas zonas, situación que se puede apreciar en el siguiente gráfico:

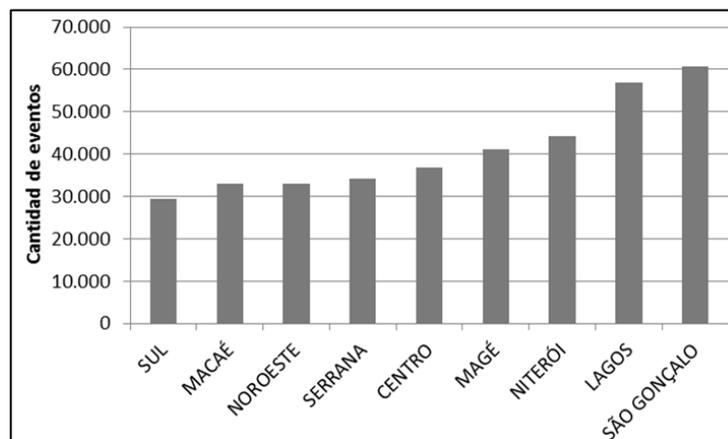


Ilustración 9: Cantidad de eventos por zona durante el año 2012

Del gráfico se puede desprender que las zonas presentaron niveles similares de demanda durante el año 2012, a excepción de Lagos y San Gonzalo, los cuales son los únicos que se empujan por sobre las 55 mil atenciones, mientras el resto se encuentra dentro del rango de 30 a 45 mil.

Considerando la cantidad de fallas mensuales, también se pueden apreciar diferencias existentes mes a mes, esta variabilidad en la cantidad de llamados se explica principalmente por factores meteorológicos, ya que son los meses con

mayor cantidad de lluvia los que generalmente tienen más cantidad de eventos. Lo anterior se puede ver en la siguiente ilustración:

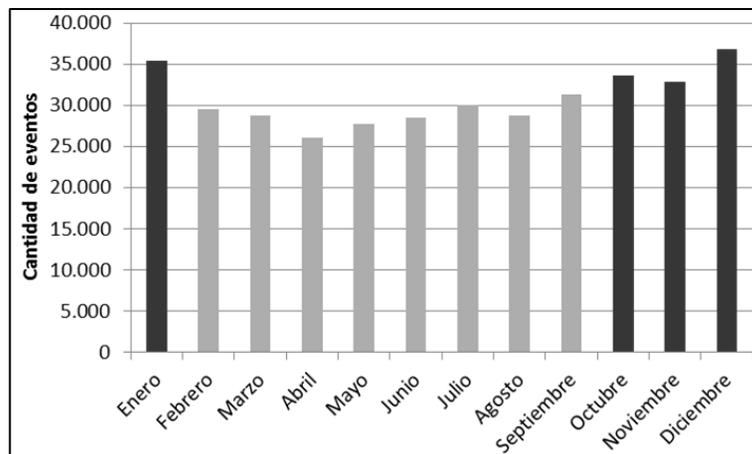


Ilustración 10: Cantidad de eventos mensuales durante el año 2012

De lo anterior se desprende que enero, octubre, noviembre y diciembre tienen una cantidad de llamados que superan en más de un 5% al promedio de eventos mensuales, el cual es igual a 30.779. Estos meses serán considerados de “alta demanda”, mientras que los meses restantes serán referidos como de “baja demanda”.

Otra consideración importante es analizar cómo varían los llamados en los distintos días del año, debido a que prepararse para un día promedio no tiene mucho sentido de existir una variabilidad demasiado importante en la demanda que se presenta entre los días:

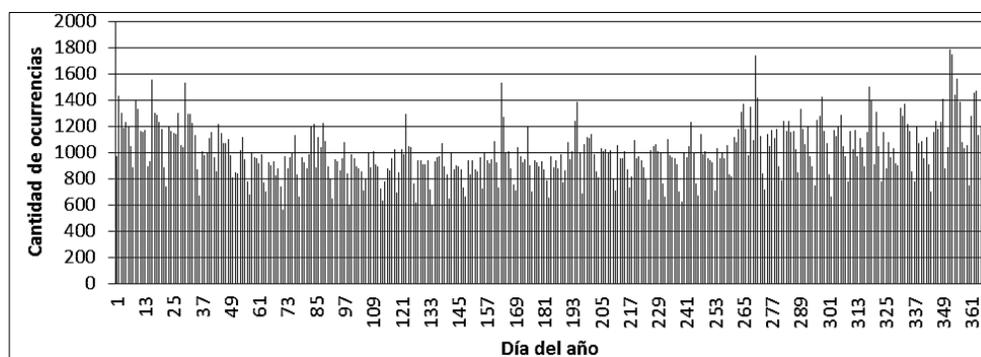


Ilustración 11: Cantidad de eventos diarios en el año 2012

Se puede notar que existe variabilidad presente en los días, en particular existen días con *peaks* de atenciones bastante importantes, considerando que el promedio es de 1009 atenciones diarias, existen días en que se bordea las 1800 ocurrencias. También se puede apreciar que existe una tendencia a que hayan

más eventos diarios en la parte final e inicial del año, tal como lo sugiere el gráfico de eventos mensuales.

Otro punto importante a considerar es cómo los eventos se van distribuyendo durante el día, esto tiene la relevancia de determinar cómo se distribuirán los recursos de atención durante el día.

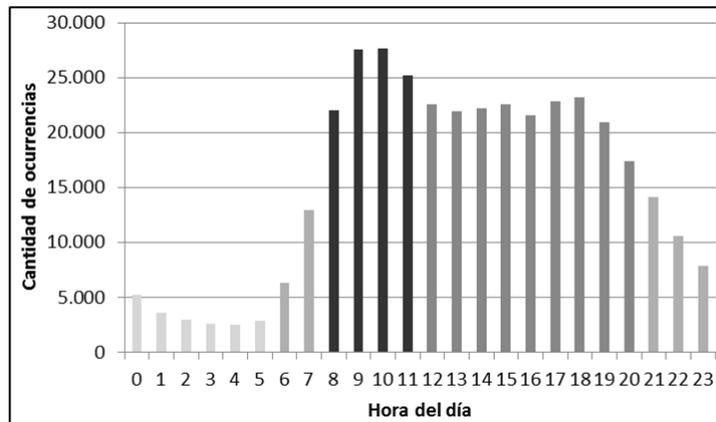


Ilustración 12: Sumatoria de incidencias en el año 2012 desglosada por hora del día

Es claro que la llegada de los eventos no se reparte de manera homogénea durante el día, durante las horas de la madrugada, el nivel de llamados es muy bajo, este comportamiento similar se ha agrupado para considerarlo como el horario de “madrugada”. Otro grupo de horas fueron agrupadas como un horario de “transición”, son aquellas en que los reclamos comienzan a aumentar (en la mañana) o a disminuir (en la noche). Otro agrupamiento de llamados es el que considera las horas de la “mañana”, de 8 a 11 a.m., son el grupo horario que tiene un mayor nivel de eventos promedio. El horario restante es el de la tarde, de 12 a 20 horas, durante el cual la cantidad de ocurrencias se mantiene a un nivel parejo e importante, con más de 20.000 eventos por hora.

Por último, la demanda de eventos por atender se puede clasificar considerando el tipo de falla que representa cada ocurrencia. Esta separación se realiza considerando que existen distintos recursos capaces de atender distintos tipos de fallas, por lo que es razonable caracterizar la demanda de ésta manera. Otra oportunidad que genera esta visualización es que logra mostrar, por ejemplo, cómo varían entre zonas los porcentajes de cada nivel de falla. Así se puede apreciar que las zonas que se consideran para el estudio, Niterói y San Gonzalo, tienen un porcentaje de atenciones inconclusas mayor al 20%, mientras que la zona Noroeste presenta alrededor de un 10% de este tipo.

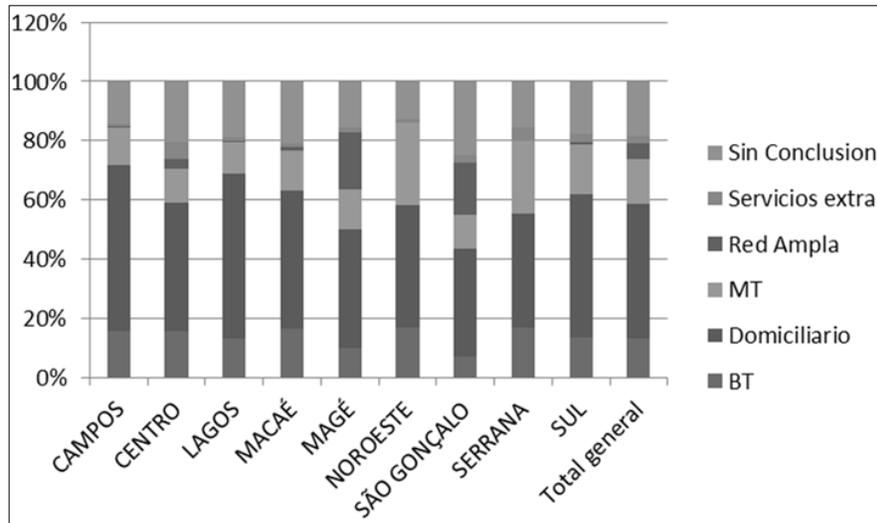


Ilustración 13: Proporción de cada tipo de falla respecto al total eventos por zona

También es posible verificar que la distribución de los tipos de fallas, en cada una de las zonas, muestra que el evento tipo “domiciliario” domina ampliamente, siendo la más importante en todas las zonas. Otro resultado relevante es que, considerando todas las zonas, la cantidad de atenciones que son inconclusas es de un 20%, es decir, una de cada cinco visitas al lugar del evento no tiene trabajo de reparación ejecutado.

4.3.1.2 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA EN EL MEDIANO PLAZO

Otra de las complejidades que presenta el problema es la variabilidad que presenta la demanda entre años. La cantidad de ocurrencias se ven afectadas por distintos factores, como el aumento en el número de clientes, los fenómenos climatológicos, la calidad de la red, el mantenimiento preventivo, entre otros.

Por lo tanto, el nivel de incidencias que se van a producir durante el año sería de difícil predicción, debido a que existe una gran incertidumbre en el sistema, sobre todo considerando que el meteorológico que es de difícil anticipación con un horizonte de años.

Desde la página web de ANEEL se puede revisar la cantidad de eventos que afectan a cada conjunto. Un polo, contiene uno o más de estos conjuntos, por lo tanto, al agrupar la cantidad de ocurrencias a nivel de polo, se puede ver cómo ha sido la evolución de la demanda anual en cada una de estas zonas.

En la siguiente tabla se puede apreciar la cantidad de eventos por año y el promedio de ocurrencias para cada zona.

Zona	Cantidad de ocurrencias				
	2009	2010	2011	2012	Promedio
Campos	25.568	29.534	40.137	43.060	34.575
Lagos	36.509	43.439	50.286	58.549	47.196
Macaé	21.874	22.712	27.661	31.892	26.035
Magé	28.535	32.429	38.788	37.596	34.337
Niterói	25.936	32.147	29.578	30.249	29.478
Noroeste	34.799	36.830	24.946	29.236	31.453
San Gonzalo	28.043	33.757	48.228	53.077	40.776
Serrana	27.264	31.523	27.316	26.806	28.227
Sul	24.664	29.226	26.222	27.304	26.854
Total general	253.192	291.597	313.162	337.769	298.930

Tabla 5: Cantidad de ocurrencias por zona, años 2009 al 2012. Fuente: ANEEL.

En general, la demanda ha experimentado un crecimiento a través de los años, sin embargo, al revisar la evolución anual en cada una de las zonas, se puede ver que este crecimiento no es parejo. Esto se ve más claramente en la siguiente tabla, donde se muestran el crecimiento porcentual del número de ocurrencias para cada zona, respecto al año inmediatamente anterior.

Zona	2010	2011	2012	Promedio
Campos	16%	36%	7%	20%
Lagos	19%	16%	16%	17%
Macaé	4%	22%	15%	14%
Magé	14%	20%	-3%	10%
Niterói	24%	-8%	2%	6%
Noroeste	6%	-32%	17%	-3%
San Gonzalo	20%	43%	10%	24%
Serrana	16%	-13%	-2%	0%
Sul	18%	-10%	4%	4%
Total general	15%	7%	8%	10%

Tabla 6: Crecimiento anual de la demanda, en términos porcentuales, para cada zona

Una observación importante es que, en la zona de San Gonzalo, el aumento de la demanda, en términos porcentuales, es mayor que en el resto de las zonas y, además, mantiene tasas de crecimiento positivas, y altas, durante los años evaluados. Esto es importante debido a que la tasa de fallas anuales es uno de los principales *inputs* del modelo y un aumento significativo año a año, manteniendo constante la tasa de servicio y servidores disponibles, provocaría una insuficiencia importante en los recursos de atención. Además, se debe mencionar que la tasa de crecimiento anual en cada zona no mantiene un nivel parejo, a excepción de la

zona de Lagos, la cual crece a una tasa relativamente constante. Para el resto de las zonas hay gran desviación en el porcentaje en que crece la demanda.

Uno de los factores más importantes en la cantidad de fallas anuales es la cantidad de clientes, por lo que resulta interesante estudiar esta relación. En la siguiente tabla se puede apreciar el cociente entre cantidad de eventos versus número de clientes.

Zona/Año	2009	2010	2011	2012	Promedio
NITEROI	7%	10%	10%	11%	10%
SAN GONZALO	6%	8%	8%	9%	8%
CAMPOS	12%	15%	15%	16%	15%
LAGOS	10%	12%	14%	16%	13%
MACAE	11%	12%	13%	15%	13%
MAGE	10%	12%	12%	12%	11%
NOROESTE	10%	11%	12%	13%	11%
SERRANA	10%	13%	14%	13%	12%
SUL	9%	12%	12%	12%	11%

Tabla 7: Relación Número de ocurrencias/Cantidad de clientes

Se puede observar que la relación entre la cantidad de eventos y de clientes que existen en cada una de las zonas es bastante estable, por lo que puede resultar una buena aproximación para establecer el nivel de ocurrencias que enfrentará el servicio de atención de emergencias.

4.3.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS TIEMPOS INVOLUCRADOS EN EL PROCESO

Se continúa con el análisis de los tiempos asociados al proceso de atención de emergencias ocurridos durante el año 2012. Se muestra el tiempo de preparación, que va desde que llega un evento hasta que se le asigna una cuadrilla para que ésta se desplace al lugar requerido; el tiempo de desplazamiento, que es el correspondiente al intervalo entre la asignación de la cuadrilla y su llegada al lugar del evento; el tiempo de ejecución, que se considera desde que llega al lugar hasta que termina su operación y el tiempo de atención que corresponde a la suma de los tres tiempos anteriores.

4.3.2.1 TIEMPO DE ATENCIÓN

En primer lugar, se analiza el tiempo de atención que le toma a un evento finalizar una solicitud, con esto se puede obtener un panorama general de cómo

se distribuyen los tiempos de atención en el gráfico de barras y la frecuencia acumulada que representa cada clase como gráfico de línea:

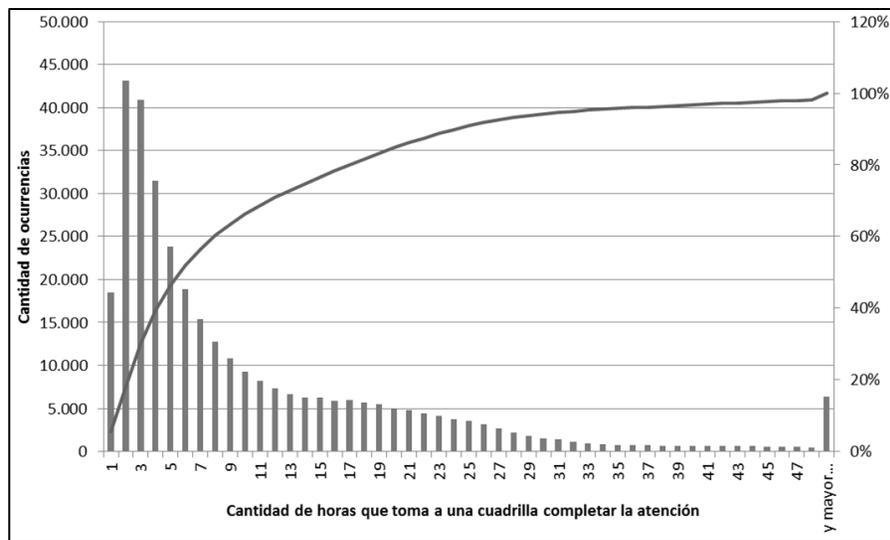


Ilustración 14: Distribución del tiempo de atención en Ampla

Se puede apreciar que casi un tercio de las atenciones se completan en más de 12 horas, mientras que un 10% del total se completan en más de un día, siendo el promedio cercano a las 11 horas. Lo anterior es bastante problemático considerando la importancia que tiene el suministro eléctrico en la vida actual, por lo que el desafío es mejorar este nivel de atención disminuyendo la espera por la resolución del problema.

Este tiempo de atención se subdivide en tres etapas: tiempo de preparación o asignación, tiempo de desplazamiento o traslado y tiempo de reparación. La descripción de los subprocesos anteriores se detalla a continuación.

4.3.2.2 TIEMPO DE PREPARACIÓN

El primer tiempo que se distingue en el proceso es el tiempo de preparación, esto refiere al momento entre que ingresa un evento al sistema hasta que una cuadrilla es asignada a esa incidencia para comenzar su traslado al lugar de la emergencia. Este tiempo queda determinado por la disponibilidad de recursos que enfrenta la llegada de solicitudes, siendo a su vez dependiente de la cantidad de recursos disponibles y del tiempo en que un recurso se encuentra ocupado (ya sea desplazándose o ejecutando un trabajo). A continuación se ve qué sucede con la distribución del tiempo de asignación:

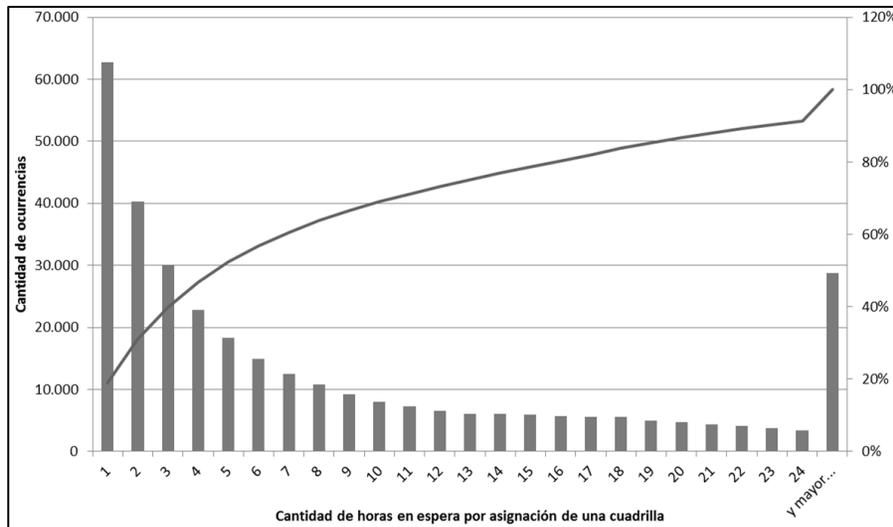


Ilustración 15: Distribución del tiempo de preparación en Ampla

En este gráfico se puede ver que un tercio de los eventos demoran más de 10 horas en asignarse a una cuadrilla. Por la naturaleza del proceso, este alto valor se produce por una carencia de cuadrillas disponibles para la atención. En promedio, un evento debe esperar casi 10 horas para que se le asigne un recurso. Este fenómeno puede tener diversas causas, como por ejemplo:

- Las cuadrillas de emergencia son asignadas a labores que no corresponden a atenciones de emergencia, como lo son obras de mantenimiento, entre otras, lo que disminuye su disponibilidad.
- Si los tiempos de traslado y reparación fueran menores, entonces el tiempo de ciclo de una cuadrilla disminuiría, lo que aumentaría la cantidad de eventos que puede resolver su turno y su disponibilidad para ello.
- No existe la cantidad suficiente de cuadrillas considerando los tiempos de traslado y de reparación actuales para atender todos los eventos. Será necesario entonces determinar la cantidad de recursos que permiten llevar a cabo la atención de manera eficiente.

De acuerdo a los datos recolectados, los tiempos medios de preparación en cada zona se distribuyen de la siguiente manera:

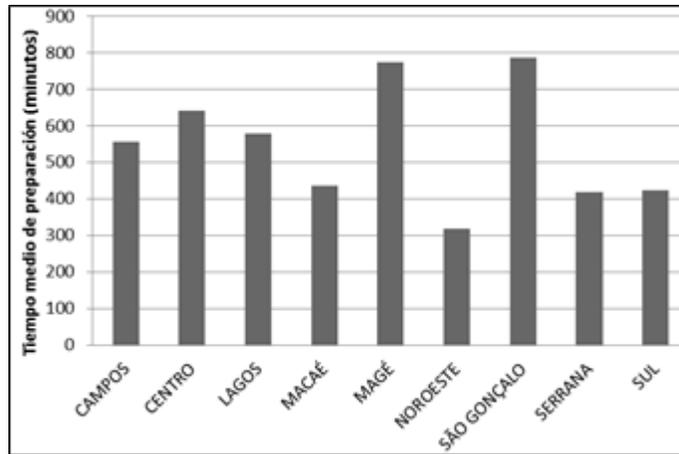


Ilustración 16: Tiempo de preparación por zona

El tiempo de preparación es cercano a las 10 horas en promedio, al considerar todos los eventos de emergencia ocurridos en el área de concesión. Noroeste es la zona en que menos tiempo toma la asignación del recurso, mientras que en San Gonzalo este tiempo es el mayor de todas las zonas, bordeando las 13 horas.

4.3.2.3 TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO

El tiempo de traslado es una variable que puede tener gran impacto en el tiempo total de la atención, en la imagen a continuación se puede observar la distribución de los tiempos de traslado:

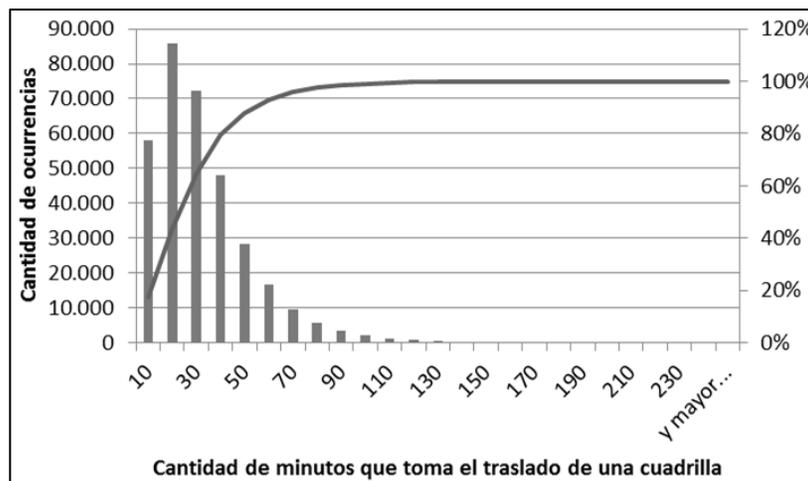


Ilustración 17: Distribución del tiempo de traslado en Ampla

En este gráfico se puede apreciar que una gran mayoría de los traslados, equivalente al 80% de ellos, es menor o igual a un tiempo de 40 minutos. La distribución de los tiempos de traslado muestra que este ítem presenta una

importante estabilidad aun sin realizar un desglose zonal. Esto es importante de señalar, dado que uno de los factores importantes dentro los tiempos de desplazamiento es la zona en la que se desenvuelve el recurso de atención, debido a que cada una cuenta con distintas distancias, niveles de conectividad, tráfico, etc. El siguiente gráfico muestra el tiempo medio de desplazamiento para cada zona:

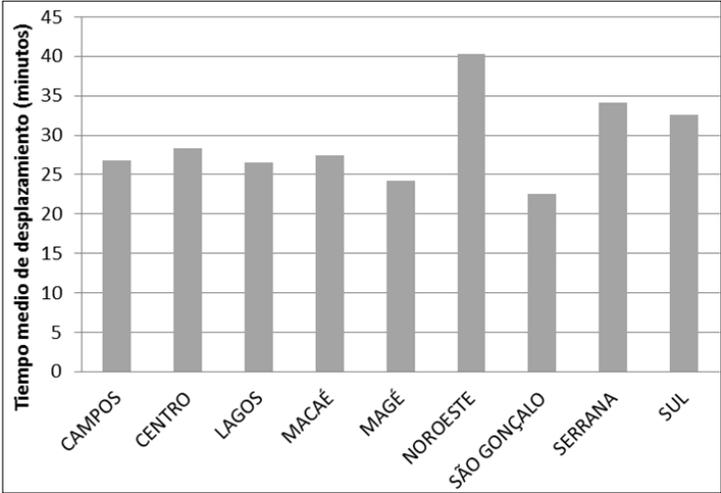


Ilustración 18: Tiempo de desplazamiento promedio por zona

Se puede ver que Noroeste es la zona que más se dispara en este tiempo, cabe señalar que es la zona más extensa y rural de las 9 existentes.

Además, dentro de cada zona los tiempos de desplazamiento pueden variar de acuerdo a la hora en que éstos comiencen, por lo tanto resulta interesante ver cómo varía este tiempo a lo largo del día. Como el foco está puesto en las dos zonas que se están estudiando, Niterói (Centro) y San Gonzalo, serán ellas la que se vean reflejadas en los gráficos a continuación:

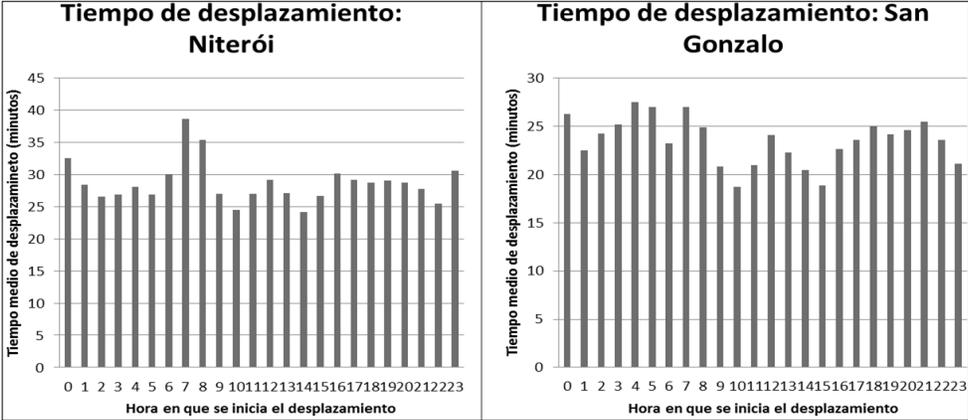


Ilustración 19: Tiempo medio de desplazamiento por hora del día en las zonas en estudio

Se espera que los tiempos de desplazamiento entre las horas varíen de manera que reflejen posibles efectos del tráfico, sobre todo en la mañana y en la tarde, cuando la población se moviliza hacia y desde su trabajo. En la zona de Niterói esto se ve más nítido, durante el horario de la mañana, sin embargo, San Gonzalo no muestra grandes diferencias entre las distintas horas, su rango es de aproximadamente 5 minutos en comparación a los 15 minutos aproximados existentes entre el máximo y mínimo tiempo medio de desplazamiento en Niterói.

4.3.2.4 TIEMPO DE REPARACIÓN

Por último, el siguiente tiempo a analizar es el que corresponde a la ejecución del trabajo de reparación. En el gráfico a continuación se analiza la distribución del tiempo de ejecución, correspondiente al tiempo en que se demora en reparar la falla una vez llegado al evento:

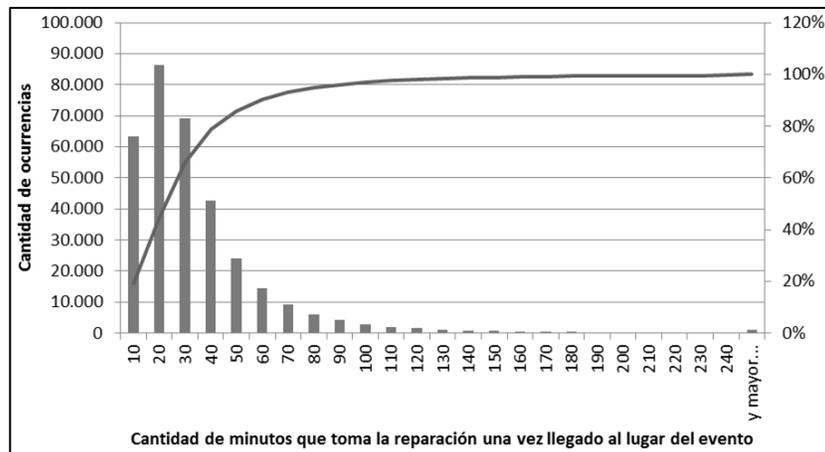


Ilustración 20: Distribución de los tiempos de reparación en Ampla

Se puede notar en el gráfico que hay una gran concentración de los trabajos que se terminan en menos de 1 hora (cerca del 90%) lo cual da luces de que el trabajo realizado no cuenta con una gran dispersión en sus tiempos. Esta situación facilita el análisis de la atención de emergencias, debido a que al tener menor variabilidad se tiene un mayor control del tiempo necesario para atender un evento. En promedio, el tiempo que toma un trabajo de reparación en la zona de concesión de Ampla es de aproximadamente 35 minutos.

Como cada cuadrilla de trabajo tiene su rango de acción en la zona a la que es asignada, los tiempos de trabajo pueden variar debido a que trabajan personas con distinta habilidad, experiencia y por características propias de cada zona respecto a la red que poseen. Lo anterior se aprecia en el siguiente gráfico:

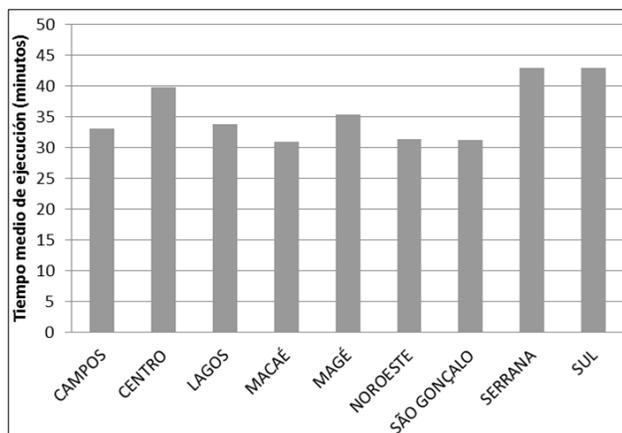


Ilustración 21: Tiempo medio de ejecución por zona

El gráfico muestra una diferencias cercanas a 10 minutos entre las zonas que demoran más tiempo en completar la reparación y las de menor tiempo. Este hecho se considera para el modelo, dado que cada zona es independiente de las demás y cuenta con distintos tiempos de traslado y ejecución.

Otro factor influyente en el tiempo de reparación es el tipo de falla que debe enfrentar la cuadrilla de atención de emergencias. Esta lógica relación se puede ver reflejada en el gráfico siguiente:

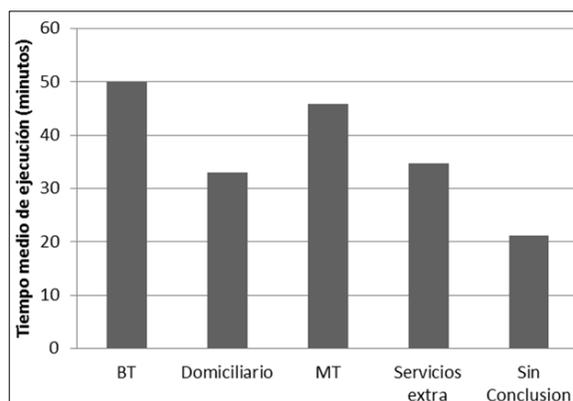


Ilustración 22: Tiempo medio de ejecución por tipo de falla

Efectivamente existen diferencias de tiempos de reparación entre cada nivel de falla, esto se explica porque las acciones ejecutadas en cada tipo de falla son distintas entre sí. Por ejemplo, las visitas sin conclusión tienen los menores tiempos de reparación, debido a que en gran parte de los casos no hubo acción realizada, debido a que el cliente afectado no se encontraba o el servicio eléctrico ya había sido repuesto.

Ahora bien, este tiempo de reparación también se verá afectado por la zona en la que se encuentra, al existir diferencias en las características de la red entre una zona y otra.

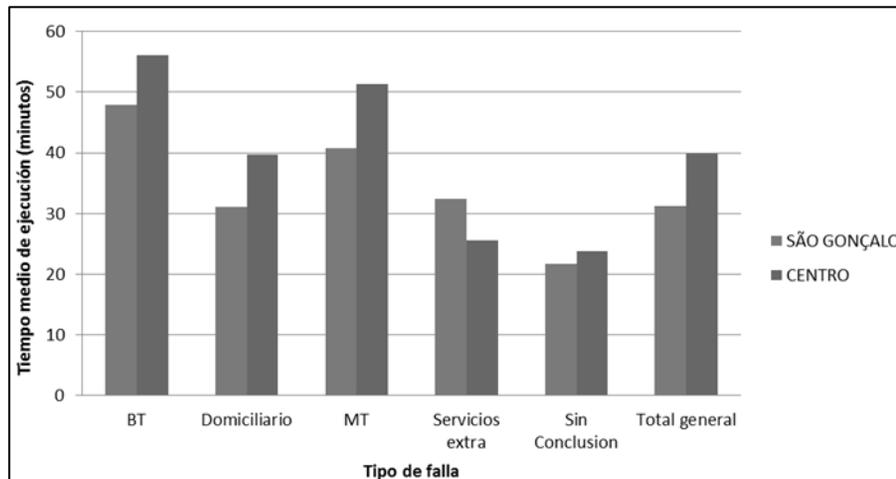


Ilustración 23: Tiempo de ejecución por tipo de falla en las zonas en estudio

Se puede apreciar que, en general, los tiempos de ejecución en San Gonzalo son menores que en Niterói (Centro). Esta diferenciación es importante porque cada zona cuenta con recursos propios, por lo que funcionan como sistemas de colas independientes, por lo que es relevante hacer la identificación de los tiempos involucrados en la ocupación de cada recurso según la zona que atiende, porque pequeñas diferencias en el tiempo que está ocupado un recurso pueden amplificar las congestiones en la simulación si los recursos declarados están calzados muy estrechamente con la demanda.

4.3.3 ANÁLISIS DE LOS RECURSOS DE ATENCIÓN

Como fue mencionado anteriormente, existen tres tipos de vehículos para atender los requerimientos de los clientes, tipo leve, pesado y cesto. Cada zona cuenta con una distinta cantidad de cada uno de estos recursos. En total, existen 77 recursos de atención: 16 tipo cesto, 39 tipo pesada, 21 leve y, por último, 1 barco, que es utilizado en Ilha Grande, ubicada en la zona Sur.

Respecto a los recursos existentes en los polos a considerar, Niterói cuenta con 6 recursos, 3 leves, 2 cesto y 1 pesada; mientras que San Gonzalo cuenta con 10 recursos, 5 cestos, 3 leves y 2 pesadas. La mayor cantidad de recursos tipo cesto en la zona de San Gonzalo tiene como justificación el gran porcentaje de “Rede Ampla” existente en esta zona, lo que provoca que los llamados asociados a problemas de BT en esta zona, en casi la totalidad de los casos, tengan como única posibilidad el ser atendidos por un móvil tipo cesto.

Cada vehículo está disponible las 24 horas, sin embargo, las cuadrillas que trabajan en ellas tienen turnos de 8 horas, lo que significa que cada vehículo puede ser usado por 3 turnos distintos en el día.

En las siguientes tablas se puede ver cómo las cuadrillas son asignadas durante el día en las zonas de San Gonzalo y Niterói respectivamente, donde el número '1' significa que el recurso estuvo presente durante esa hora y '0' lo contrario.

Recursos en San Gonzalo																										
Tipo	Hora del día																							Horas uso		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23	
Cesto	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	
Pesada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	8
Cesto	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	
Leve	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24	
Pesada	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	16	
Cesto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24	
Cesto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	8
Cesto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24	
Leve	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
Leve	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	
TOTAL	3	3	3	3	3	3	3	4	8	8	8	8	8	8	10	10	9	7	6	160						

Tabla 8: Recursos de atención en San Gonzalo

Recursos en Niterói (Centro)																										
Tipo	Hora del día																							Horas uso		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23	
Pesada	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	
Leve	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	
Cesto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24	
Cesto	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	16	
Leve	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24	
Leve	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	16	
TOTAL	2	2	2	2	2	2	4	4	6	4	4	112														

Tabla 9: Recursos de atención en Niterói

Esta distribución horaria es confeccionada de manera que se logre cubrir la demanda existente a lo largo del día, considerando la alta variabilidad que presenta en las 24 horas. La confección de la asignación se basa en que la demanda mantiene un patrón que se repite día a día, siendo muy baja en las horas de la madrugada, un crecimiento llegando al *peak* en las horas previas al mediodía, para luego mantenerse estable durante la tarde y comenzar a descender durante la noche, esto ya se pudo ver en la sección 4.3.1.1, ilustración 12.

Considerando la demanda recibida por cada hora respecto del máximo nivel de demanda, y la cantidad de recursos asignados a ese bloque horario, respecto

al máximo nivel de dotación durante el día, el siguiente gráfico muestra cómo estos dos elementos están relacionados en la actual distribución de los turnos en Niterói y San Gonzalo respectivamente:

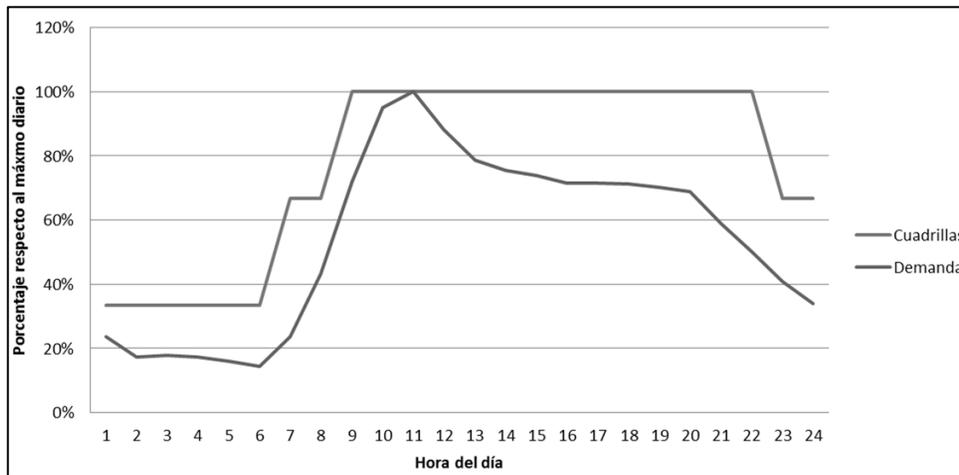


Ilustración 24: Nivel de demanda horaria versus nivel de recursos por hora en Niterói

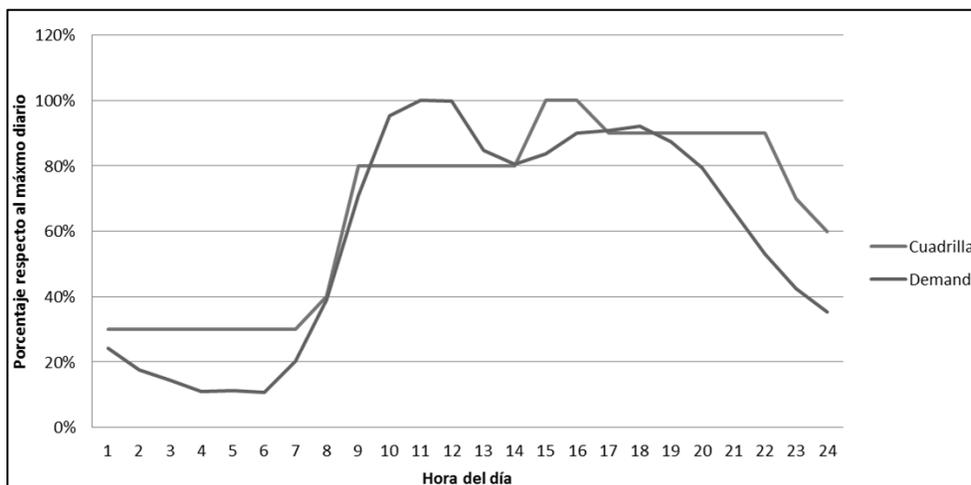


Ilustración 25: Nivel de demanda horaria versus nivel de recursos por hora en San Gonzalo

En los gráficos anteriores se puede notar que existen diferencias en cómo se distribuyen las cuadrillas durante el día para ambas zonas. La forma de la curva de dotación para Niterói está considerando que la cantidad de recursos debe ir a la par con la demanda que se debe cubrir, es decir, los *peaks* de dotación y demanda ocurren a la misma hora, el mismo fenómeno se da en las horas más “flojas”. Sin embargo, para San Gonzalo, se puede ver que la curva de dotación es más “reactiva”, pues se puede apreciar un desfase entre el nivel de demanda y el de dotación, generándose el máximo nivel de esta última, horas después del máximo nivel de demanda.

El desfase que se presenta en San Gonzalo es recomendado cuando el tiempo de ocupación de un servidor es largo en sistemas con demanda no homogénea, tal como se menciona en [15]. Según lo explicado por los autores, el *peak* de la espera de los clientes se produce posteriormente al *peak* en la tasa de llegadas, la razón de esto es que cada evento que llega permanece en el sistema por un intervalo de tiempo del orden de magnitud que toma el término del servicio, este desfase por lo tanto puede ser considerado para reducir la espera de los clientes y mejorar el rendimiento del sistema. Por esta razón, existe mayor oportunidad de mejora en la zona de Niterói, debido a que no presenta la configuración mencionada, por lo que es posible establecer una mejora en el sistema sólo reconstruyendo los bloques horarios de los turnos considerando el desfase planteado, utilizado correctamente en la zona de San Gonzalo.

5. SIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y POSIBLES MEJORAS

A continuación se muestran los resultados de la simulación del proceso de atención de emergencias en el suministro de electricidad que entrega Ampla, de acuerdo a los datos que se poseen sobre los eventos ocurridos durante el año 2012 en las zonas de San Gonzalo y Niterói.

Además de simular el proceso tal como se realiza en la actualidad, se introducen distintas modificaciones en el sistema para ver cómo cambian los tiempos asociados al proceso de atención de emergencias, debido a estos cambios.

Para poder realizar esta labor, se comienza realizando la estimación de los parámetros asociados a las distribuciones probabilísticas que mejor caracterizan el proceso, considerando los distintos factores que fueron vistos en el análisis descriptivo de los datos.

5.1 ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE LAS DISTRIBUCIONES PROBABILÍSTICAS ASOCIADAS AL PROCESO

Para cumplir con la tarea de estimar las distribuciones se utilizó el programa R *project for statistical computing*. En este programa se realiza la lectura de las bases de datos generadas en la etapa de limpieza de datos, por lo que es importante determinar un *output* de la base de datos sobre la cual el código va a operar. Esta definición fue realizada en el proceso de limpieza y transformación de datos.

Para definir las distribuciones que describen mejor los tiempos del proceso de atención de emergencias se consideraron los supuestos de comportamiento para el ajuste de los datos de acuerdo a los resultados de [4]. Debido a esto, la distribución escogida que mejor describía las etapas involucradas en el proceso de atención de emergencias fue la distribución Weibull (β , α), donde los parámetros fueron estimados mediante método de máxima verosimilitud (resultados en Anexo E).

La optimización de los parámetros da como resultado la curva que mejor describe la distribución del tiempo a estimar. Se debe agregar que para cada tiempo se consideró la segmentación según los resultados del análisis descriptivo de los datos, es decir, para los tiempos de llegada se calcularon parámetros distintos por cada nivel de falla, zona, horario en que se produjo según la segmentación horaria escogida (vista en la sección 4.3.1.1, ilustración 12) y también consideró la estacionalidad presente a lo largo del año, agrupando meses de mayor demanda con los meses de menor demanda. Para los tiempos de traslado se consideró la hora en que comienza el desplazamiento y la zona en la cual se traslada el vehículo, mientras que para los tiempos de reparación se consideró el tipo de falla y la zona en que se produjo. A continuación se muestran ejemplos de las estimaciones:

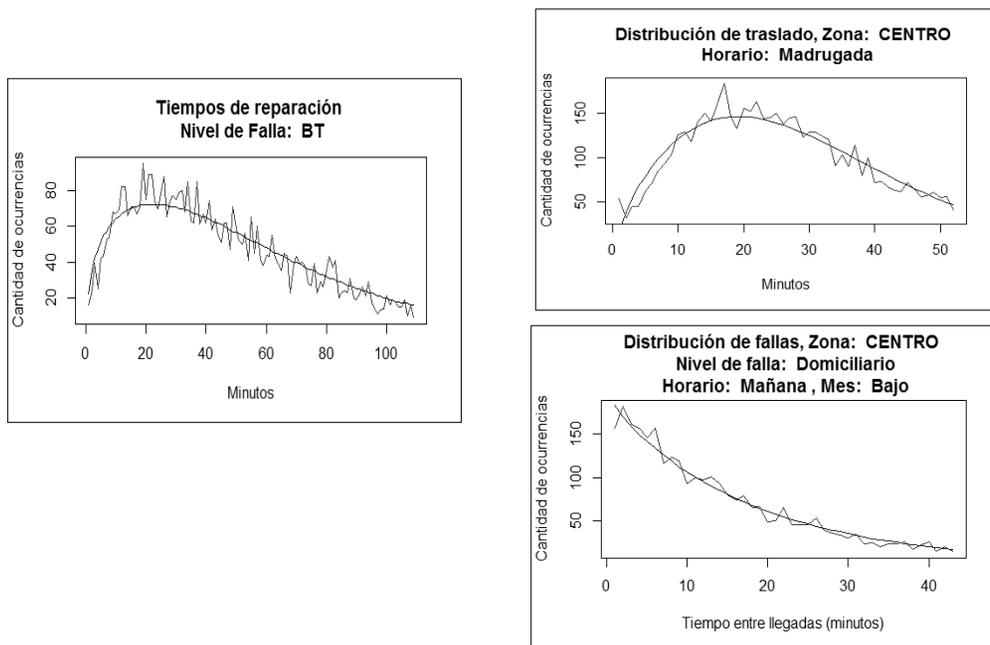


Ilustración 26: Estimación de parámetros de las distribuciones probabilísticas de los tiempos asociados al proceso

5.2 SIMULACIÓN

Se diseña el proceso de atención de emergencias en ARENA confeccionando el caso base actual, para luego realizar cada una de las modificaciones consideradas como posibles mejoras al proceso.

5.2.1 LLEGADA DE LOS EVENTOS

Se refiere al proceso de llegada de los eventos de atención de emergencias. Para esto, se realiza la creación de entidades de acuerdo a la distribución estimada para cada tipo de falla, tramo horario y periodo del año en el que se producen. Las entidades creadas pasan al siguiente subproceso donde deben esperar por la asignación de una cuadrilla de atención.

5.2.2 ASIGNACIÓN DE LOS EVENTOS A LAS CUADRILLAS DISPONIBLES

En este subproceso se va generando una fila conforme a la cantidad de recursos disponibles existan para atenderlas, de no existir recurso para la atención el evento tendrá que esperar su turno en la fila formada por todos los eventos que llegaron antes y tampoco pudieron ser atendidos de inmediato, esta cola determina el tiempo de asignación de cada evento. Es en este punto donde se aprecian los tiempos más significativos, debido a que la variabilidad de las llegadas presente a lo largo del día provoca que, por momentos, las filas de espera por la asignación de una cuadrilla alcancen más de 300 entidades.

5.2.3 DESPLAZAMIENTO Y EJECUCIÓN DEL TRABAJO

Corresponde al subproceso de traslado del móvil y la reparación ejecutada por la cuadrilla. Como ya ha sido mencionado, un evento, dependiendo de la zona en que se produce, tiene cierta probabilidad de que la cuadrilla que le ha sido asignada no pueda resolver el problema y deba llamar a otra, esto se refleja en un módulo donde esta probabilidad es ingresada al modelo para que refleje esa situación y también se evalúe sensibilidad al variar este parámetro. Los tiempos asociados a la reparación y el traslado de las cuadrillas están determinados por las distribuciones de probabilidad que caracterizan a cada uno de estos subprocesos, cuyos parámetros fueron calculados anteriormente.

5.2.4 ANÁLISIS DE ESCENARIOS

Una vez modelado el sistema de atención para una zona (el esquema es análogo para el resto de las zonas, la diferencia estará en el input: tasas de

llegada, tiempo de traslado, tiempo de reparación, probabilidad de re-atención, etc.) se contemplan las distintas alternativas que podrían mejorar el proceso. La idea es evaluar el impacto de cada una de las opciones discutidas para ver su efecto y sustentarlo con una base sólida, más allá de los prejuicios que se pueden tener al respecto de cada una de estas posibles mejoras. Estas alternativas se evalúan bajo el contexto de dejar las demás variables constantes, por lo que no tiene validez para un escenario futuro donde factores como la demanda pueden variar de manera importante. Esta simulación sirve para responder la pregunta “¿qué hubiese pasado si...? durante el año 2012” (pues los datos utilizados corresponden a los de ese año).

Dentro de las opciones discutidas se pueden mencionar las siguientes:

- Mayor eficiencia en los tiempos de reparación: evaluar el impacto que tiene una disminución en los tiempos de ejecución de los trabajos. Por ejemplo, una reducción de 5 minutos en el tiempo de ocupación de una cuadrilla podría tener un alto impacto, considerando que en los momentos de mayor saturación, el último evento que llega tiene por delante a más de 300 fallas que, con esta mayor eficiencia, cada una de ellas demorará en promedio 5 minutos menos, por lo que su espera en esa fila se reducirá esos 5 minutos por cada evento que esté previo a él.
- Mejorar los tiempos de traslado: análogo al efecto anterior, disminuye el tiempo en que un recurso está ocupado.
- Disminuir re-atenciones, atenciones en que se debe llamar a otra cuadrilla debido a que la primera no puede resolver el problema, ya sea por alcance, por falta de materiales, entre otros.
- Aumentar cantidad de cuadrillas disponibles: esto significa agregar turnos a los vehículos existentes o, derechamente, adicionar un vehículo de emergencia que realice 2 o 3 turnos de manera que haya mayor disponibilidad de recursos y las filas disminuyan.
- Reordenar cuadrillas existentes a lo largo del día: esto considera el cálculo del número óptimo de cuadrillas a cada hora del día, de acuerdo con la metodología propuesta en [15].

Estas son, entre otras, las posibles mejoras al proceso de atención de emergencias consideradas para Ampla. Las alternativas consideradas en las

simulaciones son presentadas a continuación, de menor a mayor impacto para las dos zonas en estudio.

5.2.4.1 NITERÓI

Se presenta a continuación cada una de las alternativas consideradas, incluyendo el caso base, para la zona de Niterói. Luego de la última alternativa considerada se muestra un resumen del impacto de cada acción.

Cada caso a continuación muestra un gráfico con la distribución del tiempo total de atención, acompañado por una tabla que muestra el tiempo medio de preparación (T_ASIG), tiempo medio de desplazamiento (T_TRASL) , tiempo medio de ejecución (T_TRAB) y tiempo medio de atención (T_TOTAL). A su vez, la columna del medio muestra un criterio sobre el cual, en la última columna, se muestra el porcentaje de las atenciones que cumple con este umbral definido.

5.2.4.1.1 CASO BASE

Caso que describe el proceso que se realiza actualmente, de acuerdo a los datos obtenidos para el año 2012 y la distribución de los recursos de atención descrita en la sección 4.3.3 y que se puede ver nuevamente a continuación:

Recursos en Niterói (Centro)																									
Tipo	Hora del día																							Horas uso	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23
Pesada	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Leve	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Cesto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24
Cesto	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	16
Leve	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24
Leve	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	16
TOTAL	2	2	2	2	2	2	4	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4	4	112

Tabla 10: Recursos de atención en Niterói, caso base

Los resultados de este escenario muestran coherencia con la actualidad de la atención en Niterói. El tiempo medio total y de preparación, obtenidos a través de la simulación, son un poco mayores respecto a lo ocurrido el 2012, debido a que en el día a día existen alternativas para reducir el tiempo de asignación que no fueron consideradas en la simulación, como por ejemplo, la inclusión de cuadrillas adicionales extraoficiales, durante momentos puntuales, para hacer frente a una demanda excesiva en comparación a lo observado normalmente.

Tiempo	Promedio (min)	Criterio	% del total
Preparación	767	<1 hora	54%
		>10 horas	21%
Traslado	28	<40 minutos	78%
Ejecución	38	<60 minutos	81%
		<2 horas	47%
Total	833	<4 horas	67%
		>1 día	16%

Tabla 11: Resultados simulación Niterói: Caso base

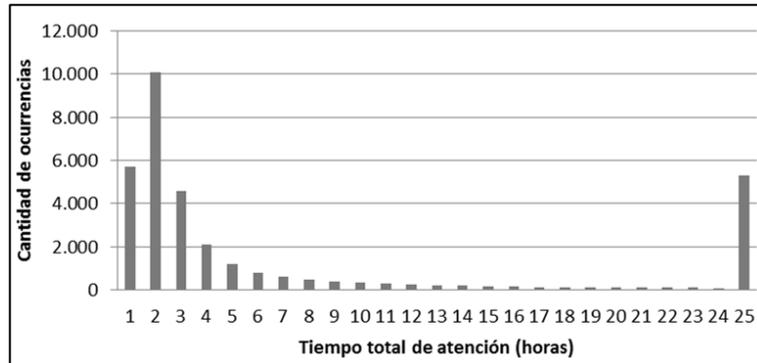


Ilustración 27: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en Niterói en caso base

Los tiempos medios de ejecución y traslado considerados son los observados en la zona de Niterói exclusivamente, mientras que el tiempo de preparación queda determinado por el tiempo que un evento espera en cola para la asignación de un recurso de atención.

5.2.4.1.2 REORDENAMIENTO DE LAS CUADRILLAS EN LAS HORAS DEL DÍA

Caso en que las cuadrillas son asignadas de acuerdo a los resultados del modelo de *staffing* propuesto en [15], en el cual se considera un desfase para la asignación de recursos respecto a la llegada de los eventos a la cola de atención.

Los resultados que arroja este escenario dan cuenta que el efecto producido por esta acción es positivo, sin embargo, es el menor de todos los escenarios evaluados. La ventaja de esta acción es que no requiere recursos adicionales para llevarlo a cabo.

Tiempo	Promedio (min)	Criterio	% del total
Preparación	681	<1 hora	54%
		>10 horas	20%
Traslado	28	<40 minutos	78%
Ejecución	38	<60 minutos	81%
		<2 horas	47%
Total	746	<4 horas	68%
		>1 día	15%

Tabla 12: Resultados simulación Niterói: Reordenamiento horario de cuadrillas

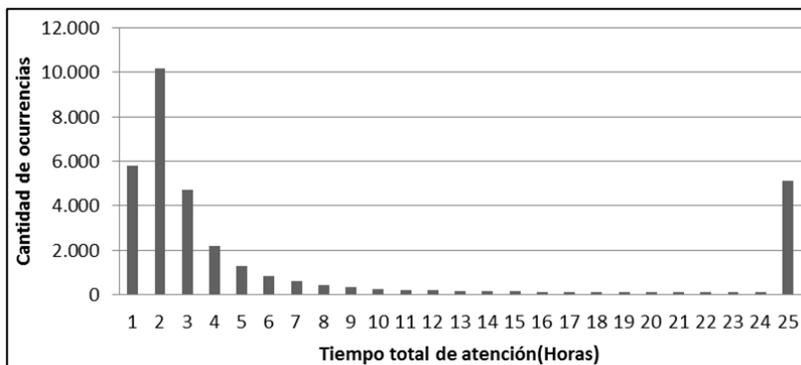


Ilustración 28: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en Niterói con reordenamiento horario de cuadrillas

El reordenamiento considerado se puede ver en detalle en la siguiente tabla. Básicamente consiste en retrasar el inicio del turno de las cuadrillas, postergándolo en una o más horas.

Recursos en Niterói (Centro)																									
Tipo	Hora del día																							Horas uso	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23
Pesada	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Leve	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Cesto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24
Cesto	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Leve	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24
Leve	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
TOTAL	4	2	2	2	2	2	2	2	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	112

Tabla 13: Reordenamiento horario de los turnos para Niterói

Los números que se encuentran encerrados corresponden a aquellos que cambiaron respecto a la configuración original, donde el número '1' significa que el recurso estuvo presente durante esa hora y '0' lo contrario.

5.2.4.1.3 SIN RE-ATENCIONES

En relación a las re-atenciones, se consideró el caso extremo, es decir, que siempre las cuadrillas asignadas al evento puedan resolverlo sin necesidad de llamar a otra, o dicho de otra manera, la primera cuadrilla que llega al lugar del

evento siempre lo finalizará. Esto se puede solucionar con una mejor identificación de las fallas, una mejor gestión del material destinado a reparación, además de algún tipo de incentivo económico destinado para que esto suceda.

Tiempo	Promedio (min)	Criterio	% del total
Preparación	337	<1 hora	59%
		>10 horas	15%
Traslado	28	<40 minutos	78%
Ejecución	38	<60 minutos	81%
		<2 horas	52%
Total	402	<4 horas	72%
		>1 día	8%

Tabla 14: Resultados simulación Niterói: Sin re-atenciones

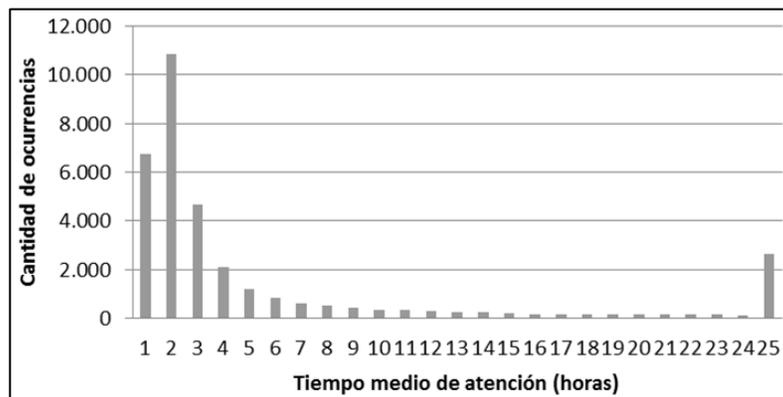


Ilustración 29: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en Niterói sin re-atenciones

El tiempo medio de atención en este caso es cercano a la mitad del visto en el caso base. Hay que considerar que en la zona de Niterói hay un 7,6% de atenciones que deben ser re-atendidas, es decir, un porcentaje importante de viajes al lugar del evento que no resuelven fallas. Por lo tanto, evitar completamente estos casos, aumentaría la disponibilidad de los recursos de manera de conseguir este importante efecto.

5.2.4.1.4 TIEMPOS DE REPARACIÓN 10% MÁS EFICIENTES

El siguiente escenario considera una disminución de los tiempos de ejecución en un 10% respecto al escenario inicial. Esta mayor eficiencia provoca que el tiempo medio de ejecución disminuya alrededor de 4 minutos.

Tiempo	Promedio (min)	Criterio	% del total
Preparación	189	<1 hora	63%
		>10 horas	10%
Traslado	28	<40 minutos	78%
Ejecución	34	<60 minutos	85%
		<2 horas	58%
Total	250	<4 horas	78%
		>1 día	3%

Tabla 15: Resultados simulación Niterói: Reparación 10% más eficiente

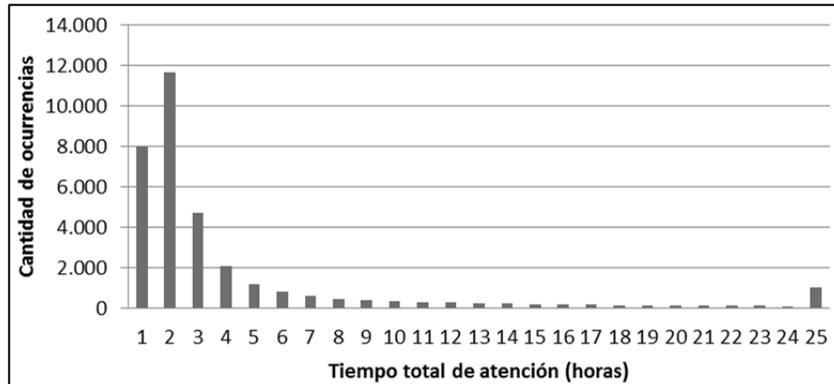


Ilustración 30: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en Niterói con tiempos de reparación 10% más eficientes

La reducción de los tiempos es considerable, alcanzando un tiempo medio de atención cercano a las 4 horas. Bajo este esquema, el tiempo de servicio se reduce y el efecto que esto tiene es una mayor tasa de atenciones por hora, aumentando la disponibilidad de los recursos y disminuyendo la cola de espera de atención.

5.2.4.1.5 REDUCCIÓN DE LAS ATENCIONES IMPRODUCTIVAS EN UN 42,6%.

El siguiente escenario considera la reducción de las visitas sin conclusión en un 42,6%. La elección de este porcentaje se justifica filtrando el 60% de las atenciones sin conclusión que se consideran “evitables”, dentro de esta categoría se consideró aquellos eventos que registraban “cliente ausente” (23.5%) y “encontrado normal” (47.5%). Estas dos causas suman el 71% de las visitas inconclusas, por lo tanto, al reducir el 60% del 71% de estas visitas improductivas, resulta disminuir un 42.6% de estas atenciones.

Otro punto a considerar es que cada zona tiene un nivel de atenciones sin conclusión distinto. En el caso de Niterói: 20% del total de registros corresponden a este ítem, mientras que al considerar toda el área de concesión de la empresa, el porcentaje de eventos que entran en esta clasificación es de un 18.33%.

Tiempo	Promedio (min)	Criterio	% del total
Preparación	177	<1 hora	64%
		>10 horas	9%
Traslado	28	<40 minutos	78%
Ejecución	40	<60 minutos	80%
		<2 horas	56%
Total	244	<4 horas	78%
		>1 día	3%

Tabla 16: Resultados simulación Niterói: Reducción de atenciones improductivas

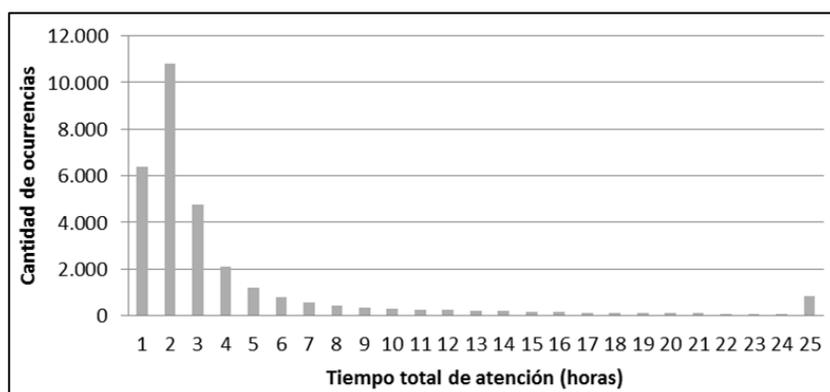


Ilustración 31: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en Niterói con reducción de atenciones improductivas

El concepto detrás de este escenario es el de la reducción de la demanda, se deja de atender el 42.6% de los llamados improductivos, correspondientes al 20% del total de eventos en esta zona, es decir, disminuyendo en un 8.5% la demanda total de la zona.

5.2.4.1.6 TIEMPOS DE REPARACIÓN 15% MÁS EFICIENTE

En este escenario se pretende ver el efecto de tener tiempos de ejecución 15% menores a los que se establecen en el caso base para el año 2012. La mayor eficiencia en este proceso significaría reducir el tiempo de reparación en aproximadamente 6 minutos.

Tiempo	Promedio (min)	Criterio	% del total
Preparación	109	<1 hora	68%
		>10 horas	5%
Traslado	28	<40 minutos	78%
Ejecución	32	<60 minutos	87%
		<2 horas	64%
Total	169	<4 horas	84%
		>1 día	1%

Tabla 17: Resultados simulación Niterói: Reparación 15% más eficiente

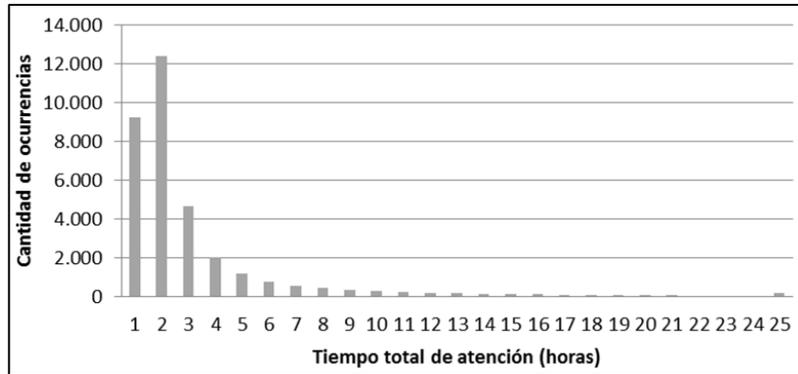


Ilustración 32: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en Niterói con tiempos de reparación 15% más eficientes

Los resultados que exhibe este escenario son mejores que en el caso de un 10% de eficiencia. Hasta este nivel de eficiencia todavía la reducción en el tiempo total de atención es importante, sin embargo, la ganancia es decreciente a medida que se hace más rápida la ejecución del trabajo. Esto se debe a que en este nivel la cola de atención aún es larga, por lo que una pequeña reducción en los tiempos de ejecución tiene un impacto importante en el tiempo de espera. Sin embargo, al seguir haciendo la ejecución más eficiente el largo de las colas se va reduciendo y, si se siguiese este ejercicio hasta ya no existir fila de atención, el tiempo ganado ya no reduciría el tiempo de espera al no existir eventos en espera, lo que solo generaría tiempo ocioso para la cuadrilla de atención.

Otra consideración importante es que, como ya se había mencionado en el escenario de una eficiencia de un 10% en los tiempos de ejecución, actualmente la reparación de las fallas toma un tiempo promedio similar al de Coelce, por lo que este tipo de objetivos podría ser menos factible dado que la empresa ya presenta un buen nivel en este ítem.

5.2.4.1.7 AÑADIR 1 RECURSO

Este escenario considera el agregar un vehículo leve extra, considerando que tiene asociado menores costos que el resto de los vehículos y puede atender cerca del 80% de la demanda de incidencias. Se le asignan dos turnos de 8 horas al día, desde las 10 AM hasta 18 PM y de 18 PM a 2 AM. Además, se reordenan los turnos en los bloques horarios de acuerdo al nivel de demanda observada para esa hora. Para determinar esta reorganización se utiliza como referencia los resultados de [15] aplicados para el caso de Ampla.

Este escenario es el que da un mejor resultado de todos los que han sido evaluados, sin embargo, su costo económico sería su mayor desventaja.

Tiempo	Promedio (min)	Criterio	% del total
Preparación	63	<1 hora	74%
		>10 horas	1%
Traslado	27	<40 minutos	79%
Ejecución	38	<60 minutos	81%
		<2 horas	66%
Total	128	<4 horas	89%
		>1 día	0.04%

Tabla 18: Resultados simulación Niterói: Agregar un recurso

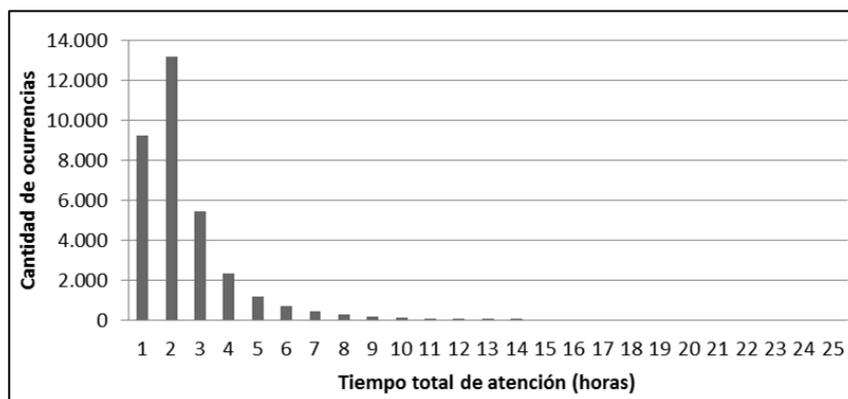


Ilustración 33: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en Niterói al agregar un recurso de atención

A continuación se presenta la reacomodación horaria bajo este nuevo esquema, la penúltima fila corresponde al recurso de atención que se agregó para el análisis.

Recursos en Niterói (Centro)																									
Tipo	Hora del día																							Horas uso	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23
Pesada	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Leve	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Cesto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24
Cesto	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Leve	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24
Leve	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Leve	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
TOTAL	5	3	2	2	2	2	2	4	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	128

Tabla 19: Reorganización en Niterói al agregar un recurso

Bajo esta configuración, Ampla el 2012 habría tenido un tiempo medio de atención de aproximadamente 2 horas. Este resultado sirve para tener la referencia de que ésta sería la acción más potente entre las evaluadas para reducir los tiempos de atención.

5.2.4.1.8 RESUMEN DEL IMPACTO DE ALTERNATIVAS EVALUADAS EN NITERÓI

A continuación se presenta un resumen con los resultados de los distintos escenarios simulados para la zona de Niterói. En la siguiente tabla se puede ver cada alternativa, el tiempo medio de atención (TMA) y el porcentaje de mejora asociado, respecto al caso base.

Escenario simulado	TMA	% de mejora
Caso base	833	0%
Reordenamiento	746	10%
Sin re-atenciones	402	52%
TME 10% más eficiente	250	70%
Reducir improductivas	244	71%
TME 15% más eficiente	169	80%
Agregar recurso	128	85%

Tabla 20: Resumen de escenarios simulados para Niterói

Representando gráficamente lo anterior:

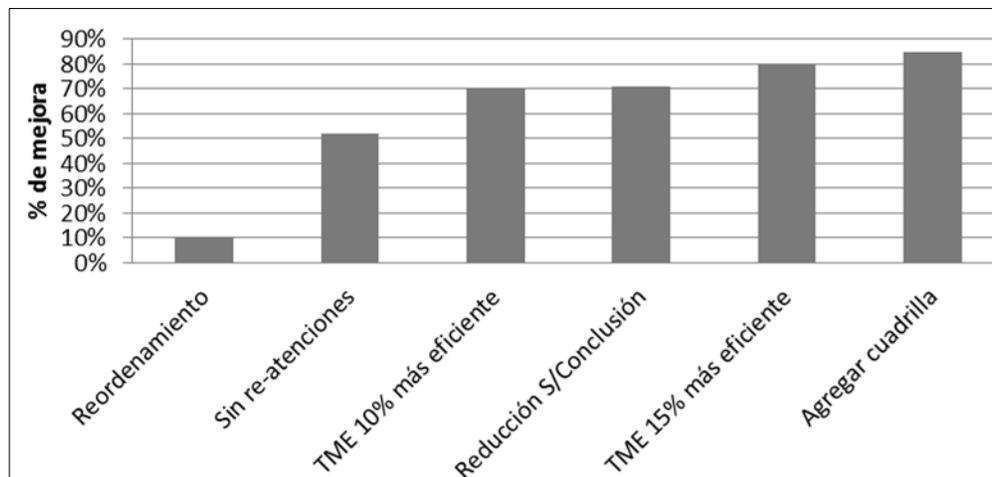


Ilustración 34: Porcentaje de mejora de los TMA de los escenarios simulados para Niterói respecto al caso base

5.2.4.2 SAN GONZALO

Se sigue un procedimiento análogo al caso de Niterói, sin embargo, los resultados son levemente distintos. Por ejemplo, en este caso el reordenamiento de los turnos no se realizó pues el resultado del modelo arrojó que ya estaba con una correcta distribución de los recursos a lo largo del día. Además, por la naturaleza de la demanda en esta zona, hay ciertos escenarios más interesantes

en esta zona en comparación a Niterói, como es el caso de la reducción de las visitas improductivas.

5.2.4.2.1 CASO BASE

Al igual que en Niterói, el análisis de escenarios comienza con la simulación de la situación actual de San Gonzalo. La distribución de los recursos de atención es la siguiente:

Recursos en San Gonzalo																									
Tipo	Hora del día																							Horas uso	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23
Cesto	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Pesada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	8
Cesto	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Leve	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24
Pesada	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	16
Cesto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24
Cesto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	8
Cesto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24
Leve	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Leve	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
TOTAL	3	3	3	3	3	3	3	4	8	8	8	8	8	8	10	10	9	9	9	9	9	9	7	6	160

Tabla 21: Recursos de atención en San Gonzalo, caso base

Los resultados consistentes con la realidad declarada, que muestra en San Gonzalo un tiempo medio de atención cercano a los 850 minutos, estos se pueden ver en la siguiente tabla:

Tiempo	Promedio (min)	Criterio	% del total
Preparación	821	<1 hora	65%
		>10 horas	17%
Traslado	23	<40 minutos	86%
Ejecución	30	<60 minutos	89%
Total	874	<2 horas	62%
		<4 horas	77%
		>1 día	15%

Tabla 22: Resultados simulación San Gonzalo: Caso base

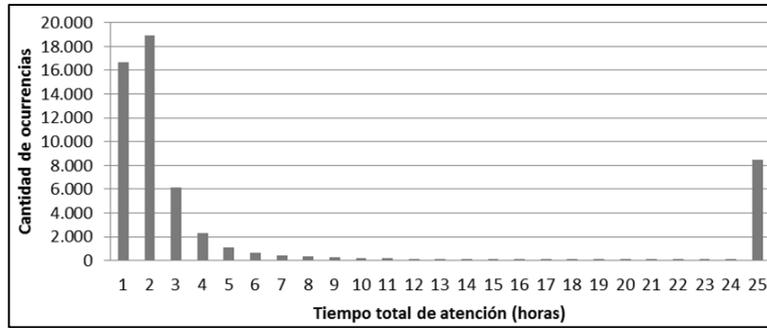


Ilustración 35: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en San Gonzalo en caso base

5.2.4.2.2 UN TURNO EXTRA CON LA MISMA CANTIDAD DE VEHÍCULOS

La misma cantidad de vehículos (10), pero en lugar de realizar 20 turnos de 8 horas en total, realizan 21. En el caso de Niterói no existía holgura para realizar esto, salvo en el horario de madrugada, donde llegan muy pocos llamados, por lo tanto no se consideró.

El resultado de este escenario es la reducción del tiempo medio de atención a menos de 4 horas en esta zona. A pesar de ser el escenario con menor impacto dentro de los evaluados, la reducción del tiempo total respecto al caso base es considerable.

Tiempo	Promedio (min)	Criterio	% del total
Preparación	183	<1 hora	65%
		>10 horas	17%
Traslado	23	<40 minutos	86%
Ejecución	30	<60 minutos	89%
Total	236	<2 horas	62%
		>1 día	15%

Tabla 23: Resultados simulación San Gonzalo: Un turno extra

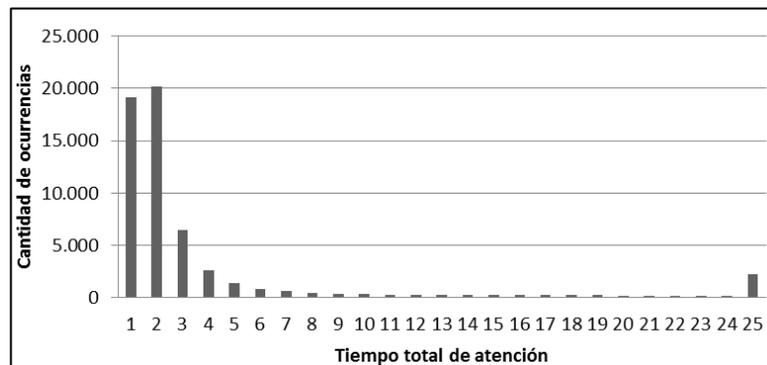


Ilustración 36: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en San Gonzalo con un turno extra

La nueva asignación de los recursos, bajo este esquema, se muestra en la tabla a continuación. Notar que las horas de uso total de los recursos en un día suben a 168, desde las 160 horas que considera el caso base.

Recursos en San Gonzalo																									
Tipo	Hora del día																							Horas uso	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23
Cesto	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	16
Pesada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	8
Cesto	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	16
Leve	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24
Pesada	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Cesto	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Cesto	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Cesto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24
Leve	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Leve	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
TOTAL	6	4	2	2	2	2	3	4	5	7	9	9	10	9	9	8	7	168							

Tabla 24: Reorganización con un turno más en San Gonzalo

5.2.4.2.3 TIEMPOS DE REPARACIÓN 10% MÁS EFICIENTES

Al igual que en Niterói, se considera el caso en que los tiempos de reparación sean un 10% menores, esto significa reducir el tiempo medio de ejecución en aproximadamente 3 minutos respecto a lo medido durante el 2012.

Tiempo	Promedio (min)	Criterio	% del total
Preparación	165	<1 hora	73%
		>10 horas	8%
Traslado	23	<40 minutos	86%
		<60 minutos	92%
Ejecución	27	<2 horas	72%
		<4 horas	85%
Total	216	>1 día	3%

Tabla 25: Resultados simulación San Gonzalo: Reparación 10% más eficiente

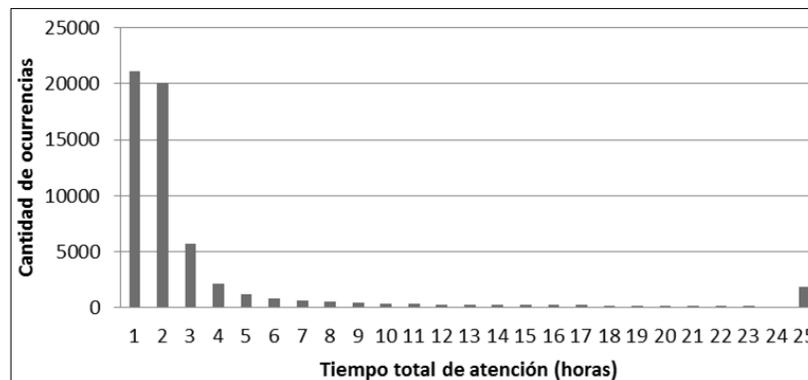


Ilustración 37: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en San Gonzalo con tiempos de reparación 10% más eficientes

5.2.4.2.4 SIN RE-ATENCIONES

Acá aparece una primera diferencia respecto a lo que sucede en Niterói. Las re-atenciones en San Gonzalo suceden con mayor frecuencia, un 16.02% contra el 7.6% de Niterói, por lo que eliminar completamente este tipo de situaciones tendría un efecto mayor que ser un 10% más eficientes en la ejecución de los trabajos de reparación.

Tiempo	Promedio (min)	Criterio	% del total
Preparación	110	<1 hora	76%
		>10 horas	6%
Traslado	23	<40 minutos	86%
Ejecución	30	<60 minutos	89%
Total	163	<2 horas	73%
		<4 horas	87%
		>1 día	1%

Tabla 26: Resultados simulación San Gonzalo: Sin re-atenciones

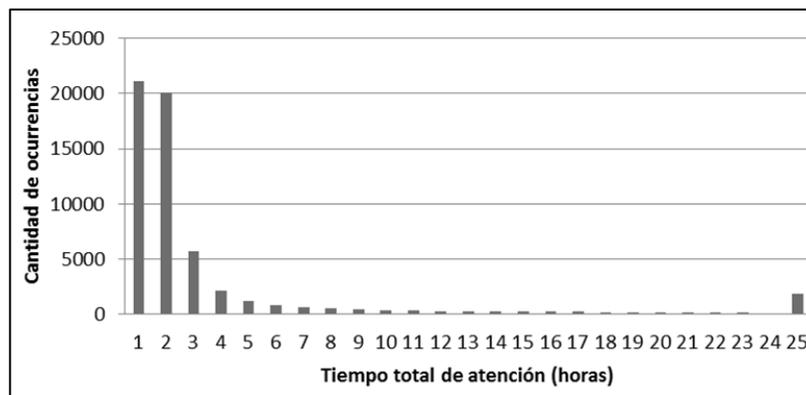


Ilustración 38: Distribución del tiempo total de atención en San Gonzalo sin re-atenciones

Se debe recalcar que se consideró la situación extrema, que es evitar completamente este tipo de situaciones. Dada la naturaleza del proceso, esto carece de viabilidad, pero logra dar una idea de la magnitud del efecto que tiene la presencia de este nivel de re-atenciones en el proceso de atención de emergencias.

5.2.4.2.5 TIEMPOS DE REPARACIÓN 15% MÁS EFICIENTES

Escenario en que los tiempos de ejecución resultan un 15% menores que en comparación al caso base, lo cual equivale reducir el tiempo medio de ejecución en aproximadamente 4 minutos.

Tiempo	Promedio (min)	Criterio	% del total
Preparación	85	<1 hora	77%
		>10 horas	4%
Traslado	23	<40 minutos	86%
Ejecución	26	<60 minutos	93%
		<2 horas	77%
Total	134	<4 horas	90%
		>1 día	1%

Tabla 27: Resultados simulación San Gonzalo: Reparación 15% más eficiente

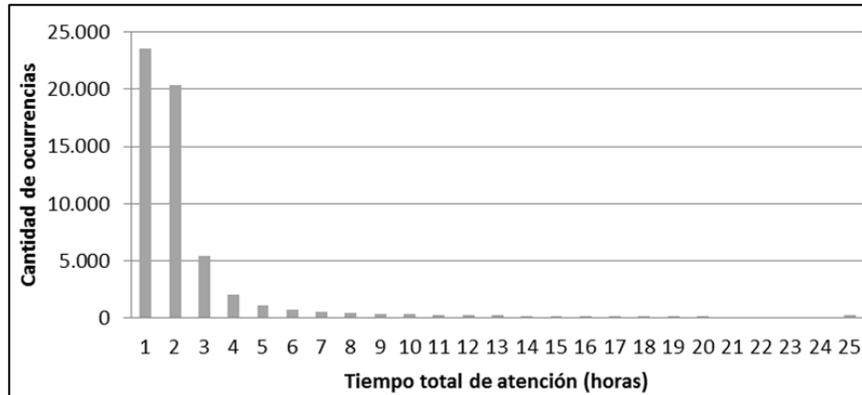


Ilustración 39: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en San Gonzalo con tiempos de reparación 15% más eficientes

La reducción del tiempo de ejecución permite una mayor disponibilidad de los recursos de atención, sin embargo, la disminución del tiempo de ejecución es compleja dado que ya se encuentra en un nivel eficiente, comparado con otras distribuidoras en un contexto similar, tal como se pudo apreciar en la Tabla 4 de la sección 2.2.2.2.

5.2.4.2.6 REDUCCIÓN DE LAS ATENCIONES IMPRODUCTIVAS EN UN 40,2%.

El siguiente escenario considera la reducción de las visitas sin conclusión en un 40,2%. Esto se justifica filtrando el 60% de las atenciones sin conclusión que se consideraron evitables, correspondientes a “cliente ausente” (15%), y “encontrado normal” (52%). Estas dos causas suman el 67% de las visitas inconclusas.

Se debe considerar que en San Gonzalo un 25% del total de atenciones son improductivas, lo que es un porcentaje muy por sobre el promedio del área de concesión de Ampla (18.33%) y del resto de las compañías distribuidoras del grupo.

Tiempo	Promedio (min)	Criterio	% del total
Preparación	73	<1 hora	78%
		>10 horas	3%
Traslado	23	<40 minutos	86%
Ejecución	32	<60 minutos	87%
		<2 horas	75%
Total	128	<4 horas	91%
		>1 día	0.3%

Tabla 28: Resultados simulación San Gonzalo: Reducción de atenciones improductivas

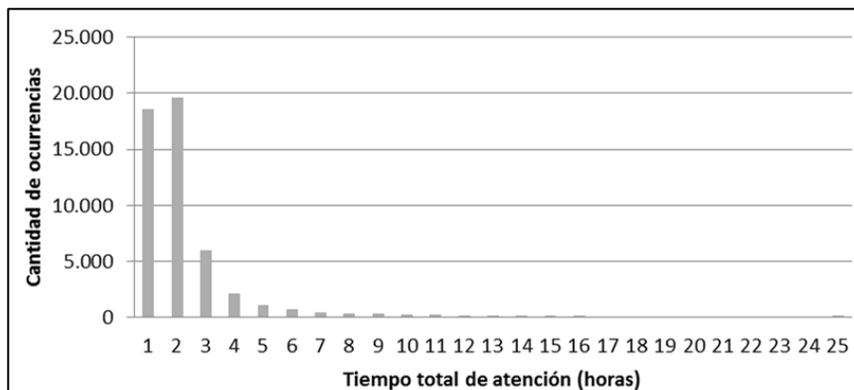


Ilustración 40: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en San Gonzalo con reducción de atenciones improductivas

El efecto de esta alternativa es importante y se debe a que sería análogo a disminuir la demanda en un 10% (reducir un 40.2% del 25% del total de atenciones).

5.2.4.2.7 AÑADIR 1 RECURSO

Este escenario corresponde a agregar un vehículo leve extra, aumentando desde 20 a 22 turnos diarios y reorganizando los turnos según la demanda a la que se ven expuestas. Al igual que en el caso de Niterói, esta alternativa representa la mejor solución en términos de mejora respecto al caso base. Su mayor desventaja es el costo en el que se incurre debido al recurso adicional que se debe agregar y los turnos extras que esto considera.

Tiempo	Promedio (min)	Criterio	% del total
Preparación	64	<1 hora	78%
		>10 horas	2%
Traslado	23	<40 minutos	86%
Ejecución	30	<60 minutos	89%
		<2 horas	75%
Total	117	<4 horas	91%
		>1 día	0.1%

Tabla 29: Resultados simulación San Gonzalo: Agregar un recurso

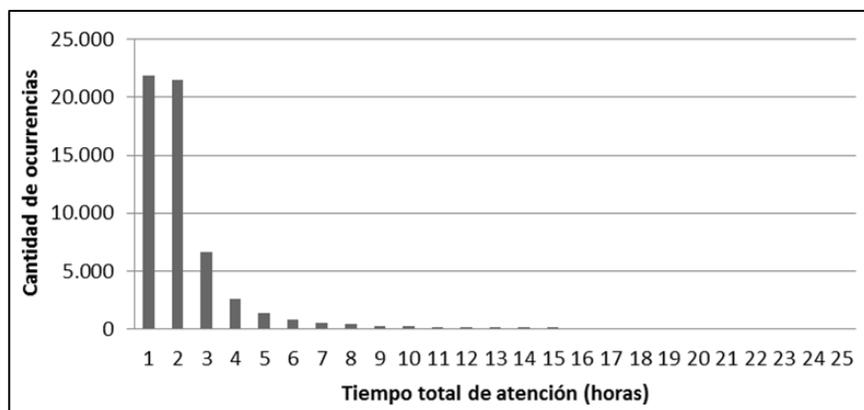


Ilustración 41: Simulación: Distribución del tiempo total de atención en San Gonzalo al agregar un recurso de atención

Agregar un recurso lograría reducir el tiempo medio de atención a un nivel cercano a las dos horas, recordando que este efecto es bajo las condiciones actuales de demanda y de ineficiencia, como el alto nivel de visitas improductivas.

El nuevo esquema de asignación con un recurso extra, y que fue utilizado para realizar la simulación, es el siguiente:

Recursos en San Gonzalo																									
Tipo	Hora del día																							Horas uso	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23
Cesto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Pesada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	8
Pesada	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Leve	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Leve	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	16
Cesto	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Cesto	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Cesto	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Leve1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24
Cesto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24
TOTAL	6	4	2	2	2	2	3	4	5	8	10	10	11	11	11	11	11	10	10	10	9	9	8	7	176

Tabla 30: Reorganización en San Gonzalo al agregar un recurso

Luego, con esta configuración durante el año 2012 el tiempo medio de atención estaría en aproximadamente 2 horas, sin embargo, dada la insuficiencia de dotación para la atención de emergencias existente en San Gonzalo, este tiempo fue en realidad casi 7 veces mayor en esta zona.

5.2.4.2.8 RESUMEN DEL IMPACTO DE ALTERNATIVAS EVALUADAS EN SAN GONZALO

A modo de resumen, se muestran los resultados de las alternativas evaluadas en San Gonzalo. Todas las alternativas planteadas resultan en mejoras importantes considerando las condiciones actuales.

Escenario simulado	TMA	% de mejora
Caso base	874	0%
Agregar un turno	236	73%
TME 10% más eficiente	216	75%
Sin re-atenciones	163	81%
TME 15% más eficiente	134	85%
Reducir improductivas	128	85%
Agregar recurso	117	87%

Tabla 31: Resumen de escenarios simulados para San Gonzalo

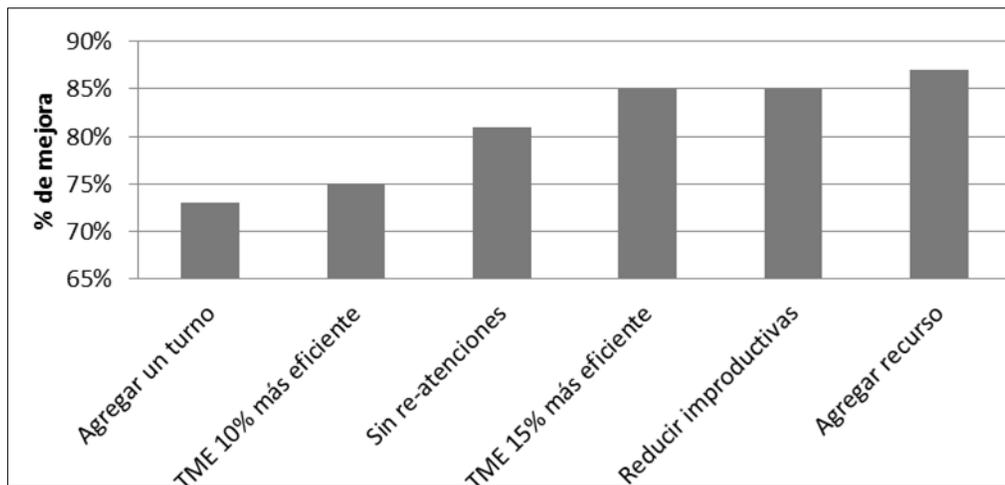


Ilustración 42: Porcentaje de mejora de los TMA de los escenarios simulados para San Gonzalo respecto al caso base

Agregar un recurso de atención resulta la alternativa con mayor impacto. A su vez, el reducir las visitas improductivas tiene un efecto del mismo orden que agregar un recurso, debido a que se lograría disminuir la demanda cerca de un 10%. Sin embargo, una vez resuelto esto, se requerirían otras medidas para los próximos años, debido a que la demanda de fallas puede ir creciendo conforme aumenta la cantidad de clientes.

5.2.4.3 CONCLUSIONES RESULTADOS ANÁLISIS DE ESCENARIOS

De acuerdo a la simulación, el rendimiento en la atención de emergencia (tiempo promedio de espera) de Ampla es consistente con la cantidad y distribución de recursos declarados.

Se debe mencionar que el actual dimensionamiento y rendimiento de los recursos muestra una capacidad de atención muy ajustada en relación a su demanda. Esto causa que el rendimiento del servicio sea muy sensible a la variabilidad que existe, provocando grandes congestiones y que en ocasiones sólo se alivia en presencia de varios días de baja demanda de atenciones, e incluso, termina siendo superado cuando se pasa desde un mes de alta demanda a uno de menor demanda.

Dado lo anterior, un cambio en los incentivos (tipo de contrato) hacia un comportamiento del contratista que obligue a reducir los tiempos del proceso, o disminuya atenciones improductivas, podría tener un gran impacto en la mejora en los tiempos totales de atención, dada la gran sensibilidad que muestra el sistema, dado su nivel actual de saturación.

Otra consideración relevante es que la presencia de re-atenciones y eventos sin conclusión muestra un gran impacto en el tiempo medio de atención. Hay que considerar que, por ejemplo, un cuarto de las atenciones realizadas en San Gonzalo son improductivas (visitas que no debieron efectuarse) y cerca de un 16% de las atenciones que sí son productivas deben ser re-atendidas debido a que la cuadrilla que llega al lugar del evento no tiene la capacidad para reparar la interrupción.

Por último, el impacto de cada medida a considerar tiene distinto efecto en cada zona. No obstante, a pesar de no ser generalizables al resto de las zonas, da una señal del impacto que poseen en órdenes de magnitud y sirve para realizar comparaciones que permitan comprender de mejor forma el funcionamiento del proceso, por ejemplo, cuán similar es agregar un vehículo de atención de emergencias versus ser un 15% más eficiente en los tiempos de reparación.

6. PROPUESTAS DE MEJORA PARA LA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

El proceso de atención de emergencias ha sido abordado como un problema de teoría de colas y como tal, existen tres elementos que deben ser adecuadamente controlados para conseguir la estabilidad del sistema: la tasa de llegada de los eventos, la tasa de atenciones y los recursos de atención existentes. Estos valores serán distintos para cada zona, hora del día, año en el que se desarrollan, entre otros factores.

6.1 CONTROL DE LA DEMANDA EN EL SISTEMA DE ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

La demanda corresponde a la tasa de llegada que tienen los eventos (μ). Esta demanda debe ser satisfecha de acuerdo a las disposiciones legales que enfrenta la distribuidora de electricidad, pues de lo contrario enfrentan consecuencias económicas y un deterioro en la imagen de la compañía.

Como ya se vio en el análisis descriptivo de los datos, la demanda es heterogénea en el tiempo, teniendo además distinto comportamiento en cada una de las zonas en que Ampla ha dividido su territorio de concesión, teniendo como foco lo que ocurre en Niterói y San Gonzalo, las cuales son las zonas incluidas en el alcance del proyecto.

6.1.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA RED

Uno de los métodos más evidentes para la disminución de la demanda de eventos de emergencia en el suministro eléctrico es el mantenimiento preventivo en la red de distribución eléctrica. Lo anterior incluye la revisión del funcionamiento de los equipos existentes en la red, con el fin de establecer renovaciones que permitan anticiparse a las fallas que presentan dichos equipos. Otra labor preventiva son las podas que se realizan para evitar que la vegetación produzca interrupciones en el suministro de energía eléctrica, ya que los vientos podrían soltar ganchos de árboles sobre la red de distribución de electricidad y dejar sin suministro a clientes. Existen muchas otras labores preventivas que se realizan en la actualidad y sirven para controlar la demanda de fallas en el sistema, este ítem permite que el sistema de atención de emergencias no se vea sobrepasado por la demanda. Todas estas medidas preventivas tienen un costo y el tomador de decisión debe evaluar las que entregan los mejores resultados técnico-económicos.

En este trabajo no se aborda el mantenimiento preventivo, debido a que la empresa, de acuerdo a los niveles de cumplimiento de los indicadores DEC (duración equivalente de interrupción por unidad consumidora) y FEC (frecuencia equivalente de interrupción por unidad consumidora), posee una tasa de fallas que está dentro de los estándares permitidos, obteniendo un bajo nivel de incumplimiento de los límites FEC. Sin embargo, la duración de estas fallas excede largamente lo esperable, por lo que se ve en este ítem la principal oportunidad de mejora para el sistema. No obstante, una vez controlada la duración de las incidencias, se podría evaluar mejorar la frecuencia de las fallas, con el fin de disminuir el incumplimiento de los límites del indicador FEC y, a su

vez, disminuir la demanda de fallas, situación que mejoraría el control sobre el sistema de atención de emergencias.

6.1.2 DISMINUCIÓN DE VISITAS IMPRODUCTIVAS

Otra alternativa para la reducción de la demanda es la disminución de las visitas improductivas. Como se vio en la simulación de la situación actual y el posterior análisis de escenarios para San Gonzalo y Niterói, la disminución de las visitas sin actuación tienen un fuerte impacto en el tiempo, siendo más potente en la zona de San Gonzalo, debido a que presenta una gran cantidad de visitas improductivas (25% del total de los eventos en la zona) por lo que reducir en un 40.2% las visitas sin actuación significaría reducir la demanda de esa zona en poco más de un 10%, lo cual es suficiente para aliviar la congestión que se produce en el proceso de atención de emergencias.

Cabe destacar que este tipo de eventos existen en todas las distribuidoras, sin embargo, los niveles que presenta Ampla, y en particular la zona de San Gonzalo, son entre 2 a 3 veces la proporción de visitas sin actuación que presentan las otras distribuidoras similares.

Por lo tanto, hay una gran oportunidad para el control de la demanda en la disminución de las llamadas improductivas. Gran parte de estos eventos, como se hizo mención en el análisis de escenarios, corresponden a incidencias en que el motivo de su improductividad es que el cliente está ausente cuando el recurso de atención llega al lugar del evento o en el que una vez presente en el lugar de la incidencia resulta que el suministro de electricidad es encontrado normal.

Por lo tanto, el considerar estos avisos de falla para que reciban atención es una doble ineficiencia, pues utiliza un recurso que tiene un tiempo promedio cercano a la media hora para trasladarse al lugar del evento, con los costos asociados que conlleva y, además, priva de ser atendida a otra incidencia, debido a que los recursos de atención son escasos, por lo que debe esperar por la liberación de una cuadrilla aumentando su tiempo de asignación.

Dada esta situación, se sugiere la aplicación de incentivos económicos u otros procedimientos para que el contratista no destine recursos de atención en eventos de esta naturaleza. Por ejemplo:

- Establecer el pago del servicio al contratista por cantidad de eventos realizados por cuadrilla, diferenciando económicamente los eventos normales con los improductivos, de manera que al contratista no le sea indiferente enviar un

recurso de atención a un evento que no va a tener actuación posible. De esta manera, libera cuadrillas para incidencias que sí necesitan de urgente resolución, aumentando la disponibilidad de los recursos de atención y disminuyendo los tiempos de atención asociados a los eventos.

- Obligar al contratista a seguir un procedimiento de atención en donde se realice un llamado al cliente que da aviso del evento justo antes de asignar una cuadrilla al evento. Esto con el fin de evitar las visitas a clientes ausentes y que aquellos que ya presentan normalidad en el suministro eléctrico lo informen para evitar destinar recursos a estos avisos de fallas.

- Se pueden definir incentivos económicos en virtud del cumplimiento de metas en lo que refiere de visitas improductivas, es decir establecer algún límite que esté al nivel del resto de las empresas, por ejemplo establecer un máximo de un 10% de visitas sin actuación, para premiar económicamente al contratista si está bajo tal umbral.

- Llevar un registro con los clientes que caen en esta clasificación, identificándolos individualmente, de manera que se establezca vía relaciones estadísticas o mediante herramientas de *data mining*, la probabilidad de que un aviso de falla sea falso en virtud del historial existente. Metodologías similares son utilizadas en bancos para detectar la probabilidad de fraude de un cliente, probabilidad de no pago de un crédito, etc. Esta opción puede ser un poco más compleja y necesita volúmenes de datos y en gran detalle, para construir el historial y de manera que tenga las variables necesarias para establecer patrones, pero de ser exitoso podría ser una herramienta muy potente y fiable para la detección de posibles avisos falsos e improductivos, de manera que la asignación priorice los eventos que son más confiables.

6.1.3 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA

Para realizar correctamente la gestión de la atención de emergencias un punto fundamental es la estimación de la demanda que se va a producir durante un periodo de tiempo lo suficientemente largo para que permita hacer la planificación de los recursos de manera adecuada.

Recientemente se mostró que existe una alta ineficiencia debido a la gran presencia de visitas improductivas, siendo ésta una gran oportunidad de mejora, el reducir estas visitas supondría grandes mejoras en los tiempos de atención. Sin

embargo, este hecho se basa en el supuesto de que el próximo año tendrá una demanda similar de fallas, lo cual termina no siendo cierto.

Tal como se dejó en evidencia en el análisis descriptivo de los datos, en el análisis del comportamiento de la demanda en el mediano plazo, existe variabilidad en la cantidad de fallas que presenta cada zona, presentando cada una de ellas distintos niveles de crecimiento.

Una relación importante que se logró establecer es que, en general, la cantidad de fallas en una zona está estrechamente relacionada con la cantidad de clientes existentes en ella, por lo que basta conocer el crecimiento de la población de cada zona, valor al cual se podría tener acceso. Por lo tanto, se pueden realizar estimaciones de cómo variará la tasa de fallas si se tiene como supuesto que este cambio en la demanda se reparte siguiendo el patrón horario que actualmente se ha visto. Estas estimaciones irán perdiendo validez en la medida que se hagan para horizontes de tiempo más lejanos, sin embargo, puede ser una buena aproximación si considera 1 o 2 años.

Establecer el nivel de demanda que se deberá enfrentar es de gran relevancia debido a que un aumento importante en la cantidad de fallas puede dejar sin efecto medidas como la reducción de visitas improductivas, de mantenerse todos los demás factores constantes. Esto no significa que el control de la demanda no se deba realizar (pues es una ineficiencia importante que se debe resolver con urgencia), sino que todo esfuerzo para resolverlo será estéril si no se realiza una correcta estimación de la demanda a enfrentar.

Por lo tanto, se realizó una estimación de la relación que existe entre el número de clientes que existe durante un año en cada conjunto de clientes en la concesión de Ampla y la cantidad de fallas anuales que ese conjunto enfrenta, obteniendo los siguientes resultados para la regresión $\widehat{NumOcurr} = \hat{\beta} \cdot Clientes$. Considerando todos los conjuntos que son servidos por Ampla, se obtuvo que $\widehat{NumOcurr} = 0,114 \cdot Clientes$ (ver Anexo F). Esto muestra que se podría obtener la cantidad de fallas en cada conjunto multiplicando la cantidad de clientes que éste posee por 0,114. El resultado obtenido entrega un MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*, medida de error del pronóstico) igual a 14,7%. Considerando lo anterior, se podría obtener un resultado mejor si la estimación se hace por cada zona, debido a que cada una de ellas presenta distintas características, por lo que se vuelve a realizar el ejercicio anterior para las zonas en estudio, es decir, San Gonzalo y Niterói.

Considerando sólo aquellos datos pertenecientes a la zona de San Gonzalo, el resultado de la regresión para la cantidad de incidencias es de $\widehat{NumOcurr} = 0,0866 \cdot Clientes$ (ver Anexo F). Esta regresión entrega un valor del coeficiente menor que el obtenido en el caso general. Esto es coherente, debido a que San Gonzalo es una zona que tiene gran presencia de “Red Ampla” innovación de la compañía que disminuye los robos de energía y mejora la calidad de la red. Con esta estimación, el MAPE obtenido para esta zona es de un 4,3%, bastante menor que el que se tiene para el caso general.

Para la zona de Niterói el ejercicio es análogo, obteniendo como resultado de la regresión que $\widehat{NumOcurr} = 0,103 \cdot Clientes$ (ver Anexo F). El resultado de esta zona indica que la cantidad de fallas que se presentan durante un año es cercana al 10,3% de la cantidad de clientes existentes. El MAPE asociado a esta estimación es de un 2,3%, el menor valor de las regresiones realizadas.

6.1.4 NIVEL DE RE-ATENCIONES

Las re-atenciones son definidas como aquellos eventos en los cuales la solución definitiva no la entrega la primera cuadrilla que asiste al lugar del evento, debiendo acudir otro recurso de atención al lugar. Los tiempos registrados en la base de datos sólo tienen relación con la última visita, eliminando los registros de tiempo de las veces anteriores en que se acudió a resolver el evento.

Se puede reconocer una re-atención gracias al hecho que el número identificador de cada incidencia termina con “- X”, donde X es el número de la visita que finaliza el evento. Por ejemplo, el evento 12345678-1 indica que esa emergencia fue solucionada en su primera visita, mientras que el evento 123456789-3 fue finalizado gracias a la tercera visita.

El número máximo presente en los registros del año 2012 para este “X” es 5, donde Niterói y San Gonzalo cuentan con 1 evento de estas características. En la siguiente tabla se puede ver la proporción de eventos para cada valor posible de X en las zonas de San Gonzalo y Niterói:

N° de visitas (X)	Niterói	San Gonzalo
1	92,8%	84,7%
2	6,8%	14,6%
3	0,37%	0,68%
4	0,024%	0,018%
5	1 de 36.930	1 de 60.827

Tabla 32: Proporción de eventos atendidos y re-atendidos

A partir de esta información se calculó, para ambas zonas, el porcentaje de viajes, respecto del total de eventos, que no están explícitos en la base de datos ya que son visitas que no finalizaron el evento.

Dado un evento con número de visitas igual a X , la cantidad de viajes que no concluyen la atención es igual a $(X - 1)$. Por lo tanto, la proporción de visitas implícitas realizada respecto al total de eventos en la zona “Z” será $P_z = \sum_{X=1}^5 (X - 1) \cdot p_{XZ}$, donde p_{XZ} es la proporción de eventos con X visitas en la zona Z, información contenida en la tabla anterior. Así, la cantidad de traslados en Niterói durante el 2012 que no aparecen en la base de datos es un 7,6%, mientras que en San Gonzalo es de un 16%.

Estos valores son relevantes para la estimación de la dotación necesaria para el servicio de atención de emergencias en la zona “Z”, debido a que cumplen un efecto análogo a aumentar la demanda en un porcentaje igual a P_z , pero además, distorsionan el tiempo de servicio de la cuadrilla, bajo el supuesto que una vez llegado al lugar del evento se da cuenta que no puede resolver la falla y pide la atención de otro recurso que pueda resolver el problema, quedando disponible de inmediato. Bajo este esquema, el tener gran cantidad de re-atenciones disminuiría el tiempo promedio en que un servidor está ocupado, debido a que no realizan reparación. A pesar de la contraposición de efectos, la influencia sobre la disminución del promedio del tiempo de servicio es menos importante que el aumento en la demanda producida, por lo que evitar las re-atenciones provoca mejoras en los tiempos de atención, tal como se revisó con la simulación en el análisis de escenarios.

La mayor proporción de re-atenciones en San Gonzalo puede deberse a que esta zona posee una gran porcentaje de la red de baja tensión de tipo “Rede Ampla”, la cual puede ser atendida sólo por cuadrillas tipo cesto. Por esta razón, para reducir la cantidad de re-atenciones es importante tener una buena caracterización de la red en cada zona, para priorizar la asignación de recursos tipo cesto en aquellos lugares donde existe una mayor proporción de “Rede Ampla”.

6.2 AUMENTO DE LA EFICIENCIA EN LOS TIEMPOS DE ATENCIÓN

Otro factor importante en un sistema de colas es el tiempo de servicio, considerado en este caso como el tiempo transcurrido desde que a una cuadrilla le es asignada una incidencia hasta que el evento se da por concluido, es decir, el tiempo en que el servidor se mantiene ocupado en una misma tarea.

Dentro del tiempo de atención se observan dos procesos distintos, ejecutados por el mismo recurso de atención, pero que tienen distinta naturaleza como lo son el tiempo de traslado y el tiempo de reparación.

La principal observación que se debe realizar respecto a ambos tiempos es que no existe tanta holgura para realizar mejoras, considerando que al compararse con otras compañías similares (Tabla 2) estos tiempos no parecen excesivos, a diferencia de lo que ocurre con el tiempo de asignación, que en el caso de Ampla está muy por sobre a los tiempos de preparación promedio de las otras compañías. Por lo tanto, es muy probable que las disminuciones en los tiempos que se podrían conseguir en el desplazamiento y ejecución de los trabajos sean muy bajas.

Así, una disminución de, por ejemplo, 3 minutos en promedio en cualquier etapa del servicio es un escenario que podría ser posible, pero que a priori parece poco efectivo. Sin embargo, como fue mencionado en la simulación de escenarios, cuando hay una pequeña disminución en los tiempos de servicio se presenta una gran reducción en los tiempos de asignación si el sistema presenta colas importantes como las que se aprecian en ambas zonas, las cuales colapsan en largos momentos del día. Si se llega a una fila de atención cualquiera en el lugar n°200 y se mejora en 3 minutos el tiempo de promedio de atención, entonces las 199 entidades en cola que está por delante demorarán en atenderse, en promedio, 3 minutos menos cada una, lo que significa que el tiempo de espera (o de asignación) será $199 \cdot 3$ minutos menor a lo que existía antes para ese cliente n°200. Sin embargo, si el sistema siempre está sin entidades en cola y se mejora en 3 minutos el tiempo de servicio, entonces el tiempo de atención será 3 minutos menor a lo esperado sin esa mejora, dado que esta reducción de tiempo no tendría efecto sobre la asignación. Por lo tanto, en sistemas colapsados como el que se observa actualmente, una mejora pequeña mejora en los tiempos de servicio disminuye considerablemente los tiempos de asignación.

6.2.1 DISMINUCIÓN DE LOS TIEMPOS DE TRASLADO

Los tiempos de traslado tienen la característica de ser menos manejables, debido a que, en comparación con los tiempos de reparación, tiene una mayor dependencia de factores externos, como por ejemplo el tráfico vehicular, los límites de velocidad existentes en las distintas calles, la conectividad en cada zona.

No obstante lo anterior, se podrían establecer incentivos económicos para que la cuadrilla tenga motivación para llegar más de prisa al lugar del evento y disminuir las distracciones en el camino. Además, es una ventaja importante que las personas que componen la cuadrilla tengan un buen conocimiento de las calles y comportamiento vial de la zona en la que está trabajando, esta experiencia permite que se reduzcan los casos en que los tiempos de traslado son excesivamente largos. A favor de la empresa en este ítem, el 80% de los traslados demoran menos de 40 minutos, por lo que, en general, no presenta tiempos de desplazamiento prolongados.

6.2.2 DISMINUCIÓN DE LOS TIEMPOS DE REPARACIÓN

En general, el tiempo de reparación presenta un promedio bastante similar, e incluso menor, que las compañías que están mejor posicionadas en el ranking de continuidad de servicio, tal como ocurre con el tiempo de traslado.

Sin embargo, es posible realizar acciones para mejorar los tiempos de reparación, dado que actualmente no hay incentivos económicos puestos a la productividad, pues los contratos actuales son por disponibilidad horaria. Lo que se ha visto en otras compañías distribuidoras del grupo, es que al cambiar el tipo de contrato, estableciendo una parte del pago por productividad, se reducen los tiempos de reparación, ya que el trabajador al disminuir su tiempo de trabajo aumenta su disponibilidad para finalizar un siguiente evento y, por lo tanto, obtener un mayor beneficio económico.

6.2.3 PROPUESTAS PARA MAYOR EFICIENCIA EN LOS TIEMPOS DE SERVICIO

La principal medida a tomar para mejorar la eficiencia en los tiempos de servicio, tanto en traslado como en ejecución, es establecer una parte del pago a las cuadrillas por productividad, es decir, por cantidad de eventos que una cuadrilla realiza en un turno. Esto permite establecer incentivos para que la resolución de los eventos sea más rápido, porque aumenta la cantidad de incidencias que es posible resolver por cada turno, mejorando así el sueldo que perciben los trabajadores.

Sin embargo, si se mejora la eficiencia y se tiene capacidad muy ajustada en función de esta mejora, cualquier crecimiento de la demanda o pequeña pérdida de eficiencia en cualquiera de los tiempos de servicio, el sistema volverá a mostrar signos de colapso, por lo que fiarse de la mejora en los tiempos de reparación

para establecer niveles de dotación muy ajustado a la demanda, como se hace hasta ahora, es una jugada muy riesgosa para la estabilidad del sistema.

Una de las medidas que se debe procurar para minimizar el riesgo del fenómeno descrito en el párrafo anterior, es mantener un control de los tiempos de las distintas tareas que es posible realizar en el marco de la atención de emergencias, estableciendo un promedio de tiempo estimado para resolver cada labor y un intervalo de tolerancia para mantener el control del tiempo de ejecución sobre cada reparación que se realice sobre la red.

6.3 MEJORA EN LA CAPACIDAD DE ATENCIÓN

El último factor abordado en la mejora de la atención de emergencias es la gestión de los recursos de atención, esto se traduce principalmente en tener la cantidad correcta de servidores en cada momento del tiempo.

La demanda ha quedado caracterizada en el análisis descriptivo de los datos, en éste se puede apreciar que el volumen de los reclamos tiene un marcado patrón horario, atribuible a la rutina que llevan las personas en sus vidas. Durante la madrugada se observa un bajo nivel de reclamos, que aumenta explosivamente durante las horas de la mañana para alcanzar su máximo y estabilizarse hasta la noche, donde la demanda comienza a decaer hasta llegar nuevamente a niveles mínimos en la madrugada.

Por su parte, la tasa de servicio tiene variaciones durante las distintas horas de la tarde, pero este fenómeno no es muy importante. A pesar de ser considerado en la simulación, creando distintos tramos horarios en que el servicio tomaba distintos parámetros, la diferencia que presentan los tiempos de servicio durante los distintos momentos del día no es significativa y esto se refleja en que los valores para tales parámetros estadísticos utilizados en la simulación no difieren de manera importante, por lo que tomar un valor constante durante el día, que refleje el tiempo de servicio promedio, es una simplificación al modelo que no debería provocar grandes diferencias con la realidad.

Dicho esto, la determinación de los niveles óptimos de cuadrillas, para cada una de las zonas, debe establecer la cantidad de recursos con que idealmente se debería contar para cada hora del día.

6.3.1 MEJORAR DISTRIBUCIÓN DE RECURSOS DE ATENCIÓN DURANTE EL DÍA

La primera mejora que se puede realizar, sin que signifique un aumento importante de los gastos destinados a la atención de emergencias, es perfeccionar la distribución de los recursos de atención durante las horas del día.

Como se pudo observar con la simulación de escenarios, existe espacio de mejora en este ámbito, dado que un reordenamiento de las cuadrillas como el sugerido para Niterói, hubiera disminuido los tiempos de atención en un 10%.

Actualmente se determina la capacidad en función de la demanda existente en las distintas horas del día, coincidiendo la hora de mayor demanda con la hora con mayor oferta. Sin embargo, tal como se vio en los resultados de [15] los momentos de mayor congestión del sistema son posteriores a las horas de mayor demanda cuando los tiempos de servicio son largos.

Por lo tanto la reorganización de los turnos debería considerar que los niveles de dotación máximos se establezcan de manera posterior a la hora con máximos niveles de reclamos. La proposición más formal se exhibe en el siguiente punto.

6.3.2 DETERMINAR LA DOTACIÓN DE CUADRILLAS PARA LA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

La atención de emergencias se realiza en base a cuadrillas de trabajadores, los cuales, una vez que han sido asignados para la resolución de una incidencia, deben trasladarse hasta el lugar del evento para luego ejecutar las maniobras de reparación que sean pertinentes.

El nivel de personal que se debe tener en cada zona va a depender de los objetivos que se pretendan alcanzar. Se podrían considerar dos casos extremos, determinar la cantidad de recursos de atención necesarios para que la calidad sea óptima y determinar la cantidad de recursos teniendo como objetivo que el gasto sea el menor posible.

En el primer caso, se podrían tener tantos vehículos como clientes existen, asignándolos biunívocamente. Así cada cliente tendría la solución a los problemas en el suministro eléctrico literalmente en la puerta de su casa, el tiempo en traslado y asignación serían nulos y el cliente estaría feliz. El costo de esta solución es altísimo, por lo que se desecha de inmediato.

La segunda alternativa sería asignar sólo un vehículo por zona, que trabaje con cuadrillas durante un solo turno de 8 horas al día y que ésta sea la encargada de solucionar los problemas en la red. El costo sería ínfimo, económicamente óptimo. Sin embargo, los clientes podrían esperar días, semanas, meses, por una solución, la imagen de la compañía se derrumbaría y además hay que agregar la existencia de compensaciones a pagar a los clientes por no recibir el servicio de manera adecuada, por lo que al considerar este factor, esta medida ni siquiera sería económicamente óptima.

Luego, la solución estará en el medio. El objetivo es entregar un servicio de calidad, es decir, permitir que la gente reciba solución a sus inquietudes de suministro eléctrico de manera rápida, pero utilizando la menor cantidad de recursos de atención para cumplir dicho objetivo.

Actualmente, los tiempos de atención promedio son inmensos, el gran responsable de ello es el tiempo de asignación, cercano al 90% del total del tiempo de atención. Esto se produce porque al llegar la notificación de una falla, ésta queda en cola, en este caso en particular, la cola de espera puede ser tan larga que podría estar horas e incluso días esperando para tener solución.

La explicación detrás de esto es el colapso del sistema por largos pasajes del día, lo que va generando una cola de espera excesivamente larga, que se alivia durante aquellos momentos en que la capacidad de atención de los servidores excede la demanda o requiriendo recursos de atención extras desde otras áreas de la compañía.

En un sistema de colas, el colapso se producirá al no cumplirse la relación $\lambda_t/(\mu \cdot c_t) < 1$, siendo t la hora del día, subíndice utilizado debido a que la tasa de llegada es muy heterogénea en el tiempo, por lo que se debe considerar la demanda y la capacidad en las distintas horas del día.

Reordenando esta ecuación, se obtiene que la cantidad de recursos de atención tiene que cumplir la siguiente relación $c_t > \lambda_t/\mu$. Considerando la desigualdad establecida, entonces para verificar la igualdad se debería adicionar un término positivo a la derecha de la ecuación. Además, tomando la esperanza del tiempo de servicio, en lugar de la tasa de servicio, la ecuación anterior quedaría como $c_t = \lambda_t \cdot E[S] + X$, con $X > 0$ y $E[S]$ la esperanza del tiempo de servicio.

Para la determinación del valor de X la literatura ha definido la *square-root-staffing formula*. Al definir $m(t) = \lambda_t \cdot E[S]$, la ecuación para determinar la dotación queda como $c_t = m(t) + \beta\sqrt{m(t)}$, siendo el término $\beta\sqrt{m(t)}$ el que anteriormente era definido como simplemente X .

Muchas mejoras se han propuesto para esta fórmula, la utilizada en este trabajo es la definida como $c_t = m_{mol}(t) + \beta\sqrt{m_{mol}(t)}$, donde el término $m_{mol}(t)$ difiere con $m(t)$ en que la primera considera el hecho que en servicios de duración más largos, los *peaks* de congestión suceden a los *peaks* de demanda [15].

Por su parte, el término β es el indicador de calidad en el sistema. Este valor está relacionado con α , la cual no es otra cosa que la probabilidad de espera en cola, es decir, que no hayan servidores disponibles cuando se llega al servicio. La relación explícita entre α y β está dado por la siguiente ecuación [15]:

$$\alpha \approx \left[1 + \left(\frac{\beta\Phi(\beta)}{\phi(\beta)} \right) \right]^{-1} \quad 0 < \beta < \infty$$

Donde Φ y ϕ corresponden a la función de distribución acumulada y a la función de densidad de la distribución normal estándar, respectivamente.

Dicho esto, se busca un criterio para cuál debía ser el valor que tendría que tomar α , pues a partir de ella β queda completamente definida, siendo ésta la única componente de la ecuación que se desconoce junto con c_t , el cual es el valor que se busca determinar.

Así, utilizando los resultados de la simulación realizada para el análisis de escenarios, se consideró que la alternativa de “agregar un recurso” era un buen parámetro para definir el estándar de calidad, pues los tiempos promedio de atención bajo este esquema rondaban las 2 horas. En este caso, al revisar los resultados de la simulación, se tiene que la probabilidad de espera que presentan los eventos es de aproximadamente un 67%. Por lo tanto, este es un parámetro que debe ser considerado para fijar el valor de α que se quiere para el sistema de atención de emergencias.

6.3.3 RESULTADOS PARA LA DOTACIÓN DE LAS ZONAS DE SAN GONZALO Y NITERÓI

Para determinar la dotación necesaria para atender las zonas de San Gonzalo y Niterói bajo este nuevo esquema, se construyó una función cuyos

inputs son la zona, para el que se calcula internamente la tasa de fallas y de servicio correspondientes; el valor de α , probabilidad de quedar en espera cuando se ingresa al sistema ($0 < \alpha < 1$); la tasa de crecimiento anual que se considera para la demanda (θ), debido a que con los información del 2012 se pretende establecer el nivel de dotación necesario para el futuro; 'reaten', definido como el porcentaje de re-atenciones considerado para la zona a evaluar, y por último, k la cantidad de años hacia el futuro para los cuales se pretende determinar la dotación de emergencias, por ejemplo si se quiere ver cuál debiese ser la dotación ideal para el año 2015, usando la base de incidencias del año 2012, entonces $k = 2015 - 2012 = 3$.

Como en general la cantidad de incidencias que ingresan al sistema aumentan año a año, conforme al crecimiento que experimenta el número de clientes en cada zona, es importante señalar que la dotación necesaria para la atención de emergencias en el suministro eléctrico muy probablemente aumentará cada año.

Otro aspecto a considerar es que como resultado se obtiene la dotación ideal con la que se debe contar cada hora para tener un servicio de atención de emergencias con una nivel de calidad β . Sin embargo este resultado no será la dotación definitiva, debido a las restricciones que se deben cumplir para el trabajo de las cuadrillas, como los turnos de 8 horas que deben realizar y, que de existir más de un turno por recurso deben estar asignados en bloques horarios consecutivos, por ejemplo: turno 1, desde 7:00 a 15:00 y turno 2, desde 15:00 a 23:00. Con esto en consideración se debe establecer la cantidad máxima de recursos que permita minimizar la diferencia entre la dotación horaria ideal y la dotación horaria que cumple con las restricciones señaladas anteriormente, la cual será la utilizada finalmente.

Posteriormente definida la distribución de los recursos de atención durante el día, se realiza la simulación del nuevo escenario considerado para el año 2013. La simulación diseñada y utilizada en el análisis de escenarios (ahora con *inputs* correspondientes al año 2013) es la herramienta mediante la cual se evalúa los tiempos asociados a la atención de emergencias bajo este nuevo esquema, al dar luces de cómo se comporta el sistema con esta proyección del futuro. A priori, la modificación de la dotación realizada sólo con la simulación tendría muchas opciones de solución, pues no sabe de antemano en qué espacio del día debe ir un nuevo recurso. El cálculo de la dotación ideal para cada hora del día, entrega un entorno de solución, reduciendo el espacio de respuestas factibles a la pregunta ¿a qué hora debería agregar un recurso (o un turno)? Así, se evita

probar mediante la simulación qué ocurre al agregar un recurso en una hora u otra, pues de esa manera se tendrían infinitas posibilidades de reorganización [15].

6.3.3.1 DOTACIÓN SAN GONZALO

Para determinar la dotación ideal que debería tener la zona durante el día se fijó el parámetro $\alpha = 0,7$. Esto significa que el resultado entregado por el modelo es la dotación ideal que debería tener la zona considerando que la probabilidad que un evento nuevo ingresado al sistema tenga que esperar en cola para ser atendido es de un 70% como máximo, parámetro establecido de acuerdo a los resultados de la simulación comentados en 6.3.2.

Para determinar la dotación necesaria a futuro se utilizó una tasa de crecimiento de la demanda igual a la que tuvo el último año de registros, es decir, un aumento de un 10,1% de la tasa de fallos, tal como ocurrió el año 2012. Otra variable considerada para el modelo es la proporción de re-atenciones, para el cálculo de la dotación también se mantuvo el nivel observado durante el 2012, es decir, un 16%. Además, se mantuvieron constantes el resto de las variables analizadas en las secciones anteriores del capítulo.

El resultado obtenido para el año 2013 en la zona de San Gonzalo es el siguiente:

Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Dotación	5	4	3	3	2	2	2	3	5	9	11	12	12	11	10	11	11	11	11	11	10	9	7	6

Tabla 33: Dotación ideal en San Gonzalo propuesta para el año 2013

Para determinar cuántos vehículos se necesitan, se define la dotación máxima sostenida, correspondiente a la dotación máxima presente en al menos 4 horas del día (la mitad de un turno), este criterio fue validado luego a través de la simulación. Así, con esta dotación ideal para San Gonzalo, se determina una dotación máxima sostenida, que en este caso será igual a 11 vehículos, ya que tener 12 vehículos implicaría tener un recurso más por tan sólo 2 horas que se necesita tal dotación, provocando que durante otras 6 horas el sistema esté sobredotado respecto a la calidad definida. Con este resultado, se realiza la distribución horaria de los recursos de atención, para luego realizar la simulación bajo este escenario. Como resultado, se obtiene que el tiempo medio de atención es de 178 minutos, lo que representa una disminución de un 79,6% del tiempo medio de atención respecto al año 2012, con la siguiente distribución horaria que considera

192 horas diarias en total y 11 vehículos, 32 horas y 1 vehículo más que lo actual (sección 4.3.3, tabla 8).

Recursos en San Gonzalo																									
Móvil	Hora del día																							Horas uso	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24
4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
10	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	16
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	8
TOTAL	7	4	3	3	3	3	3	4	6	9	10	11	10	10	10	9	192								

Tabla 34: Distribución horaria propuesta en San Gonzalo para año 2013

También se consideró el año 2014, la siguiente tabla muestra la dotación ideal para ese año

Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Dotación	4	4	3	3	2	2	3	5	9	12	13	13	12	11	11	12	12	12	12	11	9	8	7	6

Tabla 35: Dotación ideal en San Gonzalo propuesta para el año 2014

Se debe considerar que al ejecutar la proyección del 2014 con los datos correspondientes al año 2012 se pierde precisión, debido a que los inputs del modelo pueden cambiar de manera importante en el lapso de dos años. En particular, la tasa de crecimiento utilizada (10,1%) podría ya no ser válida para la estimación, por lo tanto cambiar los resultados obtenidos. Por eso, es recomendable que se tenga una visión sobre cómo puede ir creciendo la cantidad de recursos necesarios en el largo plazo, sin embargo, para el cálculo final de la dotación necesaria la estimación debe realizarse año a año e incluso es recomendable realizar una revisión semestral para evitar sorpresas ante perturbaciones en el sistema que puedan modificar lo planificado.

6.3.3.2 DOTACIÓN NITERÓI

Para la zona de Niterói se sigue el mismo procedimiento utilizado en San Gonzalo, es decir, se busca la dotación ideal para un valor $\alpha = 0,7$ durante el periodo 2013-2014. El nivel de las re-atenciones y el crecimiento de la demanda se mantuvo igual que observado durante el año 2012, es decir, en un 7,6% y un 3%.

Para el año 2013, se ha buscado el nivel de dotación para tener un servicio que cumpla con el estándar de calidad establecido, el cual es que al menos 3 de cada 10 clientes que ingresan al sistema no tengan que esperar en fila por ser atendido, es decir, que tengan un tiempo de asignación igual a cero (en caso de que la asignación fuera totalmente instantánea una vez ingresado el evento). El resultado se puede ver en la siguiente tabla:

Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Dotación	4	3	3	3	3	3	2	2	4	7	9	10	9	8	8	8	8	7	7	7	7	6	6	5

Tabla 36: Dotación ideal en Niterói propuesta para el año 2013

Para este caso, los resultados de la simulación arrojaron un tiempo medio de atención de 167 minutos, que representa una disminución de un 80% del tiempo medio de atención respecto al 2012. Esto se logra con 8 vehículos en la zona, en lugar de los 6 existentes, con 144 horas diarias de trabajo en vez de 112 y la siguiente distribución horaria:

Recursos en Niterói (Centro)																									
Tipo	Hora del día																							Horas uso	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24
4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	8
8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
TOTAL	5	4	3	3	3	3	3	3	5	7	8	7	144												

Tabla 37: Distribución horaria propuesta en San Niterói para año 2013

Posteriormente, se calculó el nivel de dotación ideal que debería considerarse para el año 2014, considerando la misma tasa de crecimiento de la demanda y proporción de re-atenciones. El resultado se presenta en la tabla a continuación:

Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Dotación	4	3	3	3	3	2	2	4	7	10	10	9	8	8	8	8	8	8	7	7	7	6	5	4

Tabla 38: Dotación ideal en Niterói para el año 2014

Se puede observar que el cambio en la dotación ideal para el año 2014 no difiere mucho a lo considerado para su año predecesor, esto es coherente con el hecho que el único parámetro que varía en el modelo de un año al siguiente es la demanda, valor igual a un 3% muy menor al 10% considerado para San Gonzalo que sí presenta diferencias de un año al otro.

6.4 SÍNTESIS DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA

Como primer resultado importante dentro de las propuestas para la mejora del proceso de atención de emergencias, se tiene que la planificación vía el pronóstico de la demanda es fundamental y debe ser la base para todas las demás acciones en búsqueda del objetivo de mejorar el sistema. Se encontró la existencia de una relación entre la cantidad de clientes y de incidencias para cada zona, y en base a esto, se debe anticipar el comportamiento de las emergencias en el suministro para no ver sobrepasada la capacidad de atención existente.

La importancia del pronóstico de demanda tiene muchas aristas, una de ellas es que las mejoras de eficiencia en los tiempos de servicio diluyen su eficacia si la dotación está muy ajustada a la demanda, pues cualquier pequeña variación de los factores podría colapsar el sistema y volver a la situación original, por lo que en la determinación de la dotación para la atención de emergencias se debe establecer un valor de α que permita tener holgura ante las variaciones de los factores que no han sido previstas. Es preferible presentar niveles pequeños de sobredotación, pues de lo contrario es posible que durante gran parte del día se esté trabajando con un sistema de colas colapsado, lo que tiene como consecuencia tiempos de asignación prolongados, como los que se ven actualmente. La precisión en la dotación necesaria para cumplir con este objeto se logra de mejor manera si los niveles de demanda por problemas en el suministro de energía eléctrica han sido bien determinados.

Como queda reflejado en el punto anterior, combinar las propuestas realizadas es importante, pues al llevarlas a cabo por separado podría no solucionar el problema de manera adecuada. Por ejemplo, el pago a las cuadrillas por productividad podría incentivar al aumento de llamados falsos por parte de familiares o amigos de los trabajadores, para que logren una mayor cantidad de eventos resueltos en cada turno. Por lo tanto, debe ser combinado con alguna de las medidas propuestas para controlar las llamadas improductivas, ya que así se evitaría dicho fenómeno. Probablemente la diferenciación del pago entre incidencia improductiva y real no sea suficiente, por lo que es aconsejable llevar a cabo la recomendación de un sistema de minería de datos para la detección de llamadas fraudulentas, para priorizar llamadas que son muy probablemente reales por sobre aquellas son fraudulentas con alta probabilidad.

Por otra parte, el incentivo por productividad permite que los tiempos de servicio no se vayan ajustando a la dotación de personal disponible para ejecutar la atención. Por ejemplo, si el número de cuadrillas está levemente sobrestimado para asegurar la calidad del servicio de atención de emergencias, entonces puede

existir tendencia al relajamiento en la atención debido a la existencia de capacidad suficiente para atender los eventos, este fenómeno es definido en la literatura como *state-dependent service* [3]. Sin embargo, de existir incentivos a la productividad se puede diluir tal relajamiento pues para una cuadrilla terminar rápido un trabajo aumenta la probabilidad de que le asignen un evento nuevo, por lo que ser más eficiente en el servicio sería una decisión económicamente preferible para el trabajador.

De mantener el control sobre la demanda y servicio del sistema de atención de emergencias, la importancia debe mantenerse en la dotación de personal para el servicio, debido a que el número de cuadrillas necesarias para cumplir con la atención de problemas de suministro de manera satisfactoria irá aumentando conforme al crecimiento de la cantidad de clientes. Como se analizó anteriormente, la demanda es un factor relativamente constante del número de clientes en cada zona, por lo que cada año se debería revisar la dotación necesaria para actuar de manera correcta. Sin embargo, de ser posible, es aconsejable revisar la dotación ideal con mayor frecuencia, como semestral o trimestralmente, de esa manera se puede anticipar cambios bruscos en la dotación necesaria, que de ocurrir significarían que existe algún factor que se ha salido de control (llamadas improductivas, tiempos de atención, etc.) o que haya aparecido otro tipo de ruido en el sistema, no identificado previamente, que provoque dichos cambios.

Respecto a la dotación, se establecen distintos niveles de acuerdo a la demanda existente en las distintas horas del día. El número real de recursos de atención existentes puede no coincidir con la dotación ideal establecida de acuerdo a los parámetros de calidad definidos, por lo que es importante tener conciencia de cuáles son aquellas horas en que la cantidad de recursos podría verse superada y cuáles son los momentos en que se presenta una sobrestimación de cuadrillas en relación al ideal. Es preferible que una sub-dotación preceda una sobredotación y no al revés, pues así los trabajos en espera podrán reducirse con mayor prontitud por existir recurso ocioso en relación a la demanda entrante. En cambio, de existir sobredotación de manera anticipada, los recursos estarán ociosos, luego vendrá un periodo de sub-dotación en el que una serie de trabajos quedarán encolados y que se irán cerrando de manera tardía de no existir recursos disponibles posteriormente.

Hasta el momento, sólo se consideró la calidad del servicio de atención de emergencias, desestimando las consecuencias económicas que tal mejora tendría como resultado. Además de mejorar el bienestar de la gran población que diariamente utiliza el servicio prestado por Ampla, con las mejoras en la imagen de

la compañía que tales medidas supondría, la hipótesis que se pretende probar es que mejorar la calidad del servicio de atención de emergencias que se entrega en la actualidad también permitiría mejorar la posición económica de la compañía, dado el alto valor económico de compensaciones que debe pagar a sus clientes en la actualidad.

7. EVALUACIÓN ECONÓMICA

El objetivo de esta sección es evaluar los costos y beneficios que conlleva el redimensionamiento de la dotación necesaria para la atención de emergencias de la distribuidora eléctrica. Para realizar lo anterior, se estiman los costos de aumentar la dotación y el beneficio que tiene como consecuencia la reducción del tiempo medio de atención de emergencias para cada zona, debido a que este hecho provocaría una reducción de los indicadores de continuidad de suministro medidos por la Agencia Nacional de Energía Eléctrica, ANEEL, y por lo tanto, un menor pago de compensaciones a los clientes.

La evaluación económica consta de 3 ejes principales, los cuales son:

- La estimación de los costos asociados a los recursos de atención, se debe considerar que la cifra anual que se paga al contratista por los recursos actuales se ha estimado en €12,6 millones, esto considera 1.264 horas trabajadas diariamente y 75 recursos de atención.
- La estimación de las compensaciones a los clientes, lo cual tiene por objetivo valorar el monto anual de las compensaciones pagadas a los clientes a partir de variables como el tiempo medio de atención en las zonas evaluadas. Esto permite establecer el potencial ahorro de compensaciones a partir de la mayor rapidez en la atención de emergencias. Así, la disminución del tiempo medio de atención en un 80% para la zona de Niterói significaría un ahorro de € 577.421, mientras que la reducción de un 79,6% de los tiempos de atención en San Gonzalo permitirían un ahorro de €983.982.
- La estimación del resultado económico, que considera los costos asociados a la mayor dotación en Niterói y San Gonzalo además del ahorro en compensaciones calculado en el punto inmediatamente anterior. El costo de establecer 1 recurso y 32 horas diarias de trabajo adicionales en San Gonzalo se estima en €311.480 anuales, mientras que para Niterói, los 2 recursos y 32 horas diarias de trabajo adicionales significarían un costo de €319.280 al año. Por lo

tanto, considerando la reducción en los montos de las compensaciones pagadas a los clientes, el beneficio neto estimado por esta nueva dotación es de €930.643.

7.1 ESTIMACIÓN DE COSTOS DEL RECURSO DE ATENCIÓN

Los costos de atención comprenden varios componentes, como por ejemplo el vehículo de atención, el equipamiento necesario para cada tipo de móvil, los sueldos involucrados para los integrantes de la cuadrilla de atención, los costos de traslado, entre otros.

En relación al vehículo, los recursos habitualmente utilizados son: Fiat Uno, Fiat Strada y Chevrolet Montana como vehículos leves; Chevrolet S10 y Mitsubishi L200 como vehículos pesados, y los vehículos tipo cesto utilizados son los Ford Cargo 712 y Ford F350. La renovación del móvil está contemplada cada 5 años y la estimación del costo (euros) asociado a este ítem (en promedio), al dividir el costo real del vehículo en los 5 años de utilización, se ve reflejada en la siguiente tabla:

Vehículo	Costo (€)	Costo Anual (€)
Leve	15.716	3.143
Pesada	34.925	6.985
Cesto	66.358	13.272

Tabla 39: Costo de vehículos

También existen costos relacionados con el equipamiento por cuadrilla, corresponden a elementos que son utilizados por cada uno de los turnos. Los costos son distintos para cada recurso de atención, debido que los vehículos más pesados tienen un mayor rango de acción. El equipamiento que entra en esta clasificación tiene que ver con el botiquín, pala, chuzo, taladro, conos, escala y herramientas como exposímetro, voltamperímetro, etc. La estimación de los costos anuales asociados a este ítem se puede ver en la siguiente tabla:

Vehículo	Costo Anual (€)
Leve	2.515
Pesada	8.382
Cesto	13.272

Tabla 40: Costo anual de equipamiento por cuadrilla

Otro costo importante es el sueldo que se paga a los trabajadores. En la siguiente tabla se presenta la estimación del costo total anual por cuadrilla en concepto de sueldos:

Vehículo	Costo Anual (€)
Leve	23.000
Pesada	23.000
Cesto	23.000

Tabla 41: Costo anual de sueldos por cuadrilla

Además hay costos asociados al equipamiento personal, elementos que son utilizados por cada persona de manera individual, como elementos de seguridad (guantes, cascos, zapatos, lentes), vestimenta (ropa de agua, pantalón, chaqueta, etc.) y herramientas personales (alicate, atornillador, entre otros). Los costos asociados a este ítem se estiman en €735, estos costos son considerados anuales.

Por último, existen costos asociados a la operación diaria, principalmente asociados al traslado, como gasolina, posibles peajes y otros. Estos gastos son bastante variables, pero en general terminan siendo importantes en el costo total por evento.

En resumen, el costo que la empresa enfrenta por concepto de atención de emergencias para toda su área de concesión es de aproximadamente €12,6 millones.

Considerando lo anterior, además del hecho que un vehículo puede tener 1,2 o 3 cuadrillas asociadas a él, la existencia de 75 vehículos en la actualidad (19 leves, 39 pesados, 16 cestos más 1 barco) además de alrededor de 370.000 eventos anuales, considerando los servicios extras que realizan las cuadrillas, el costo aproximado por evento asciende a €34 y el costo promedio aproximado de un recurso es de €168.000.

Un aumento de dotación para la atención de emergencias implicaría más horas de trabajo y el servicio es pagado por disponibilidad horaria, por lo tanto es importante estimar el costo por hora promedio. Como el vehículo es un recurso compartido por varios turnos se debe restar este costo del total para luego estimar el costo por hora. Así, se calcula el costo anual aproximado de los vehículos, siendo éste estimado como la suma de las multiplicaciones entre el costo anual de cada tipo de recurso por su cantidad, el resultado de este cálculo es €544.484. Por lo tanto, restando este valor a los costos totales del servicio de atención de emergencias que es de €12,6 millones, se obtiene que el costo anual asociado al trabajo de las cuadrillas es igual a €12.055.516.

Por otra parte, el total de turnos que actualmente realizan los 75 recursos de atención diariamente es 158, siendo cada turno de 8 horas, por lo tanto, el total de horas diarias trabajadas es igual a 1.264. Por lo tanto, habiendo 366 días durante el año 2012, el total de horas trabajadas durante el año equivale a 462.624. Así, dividiendo el costo anual asociado al trabajo de las cuadrillas, igual a €12.055.516, por la cantidad de horas trabajadas durante el año, se obtiene que el costo por hora de trabajo es aproximadamente €26, que es el valor cobrado por el contratista a la distribuidora eléctrica.

7.2 COMPENSACIONES A LOS CLIENTES

El siguiente punto a analizar es el valor de las compensaciones que paga la compañía a sus clientes como consecuencia de la violación a los límites de los indicadores individuales de continuidad del suministro, los cuales son fijados por la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL), organismo que tiene como labor la fiscalización y regulación del mercado eléctrico brasileño.

7.2.1 INDICADORES DE CALIDAD

Como ya fue mencionado previamente, el ente regulador diseña indicadores de calidad y establece límites tanto individuales (para cada cliente) como por conjunto de clientes, los cuales no son más que polígonos que agrupan una cierta cantidad de municipios. [17]

7.2.1.1 PARA CADA CONJUNTO

Para la medición de la calidad a nivel grupal, están establecidos dos indicadores que miden la frecuencia de las interrupciones (FEC) y la duración de ellas (DEC). La primera de ellas es definida de la siguiente manera:

- FEC: Frecuencia equivalente de interrupción por unidad consumidora.

$$FEC = \frac{\sum_{i=1}^k Ca_i}{Cc}$$

k : Número máximo de eventos mayores a 1 minuto, en el periodo considerado.

Ca_i : Número de unidades consumidoras afectadas por el evento i .

C_c : Número total de unidades consumidoras en el periodo controlado.

En relación a la duración de las interrupciones, la medida consiste básicamente en ponderar el número de personas afectadas con el evento por el tiempo que se sostiene tal interrupción. Así:

- DEC: Duración equivalente de interrupción, por unidad consumidora.

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^k Ca_i \cdot t_i}{C_c}$$

t_i : Duración del evento de interrupción i .

Siendo k , Ca_i y C_c las variables ya definidos para la FEC.

7.2.1.2 PARA CADA CLIENTE FINAL

Además de la medición a nivel de conjunto, existe una medición individual, cliente por cliente. ANEEL establece un umbral para cada una de las siguientes medidas, las cuales, de ser superadas, gatillan el pago de compensaciones a los clientes que cumplan dicho requisito.

- FIC: Número de interrupciones, mayores a 3 minutos, por unidad consumidora.
- DIC: Suma de duración (horas) de interrupción durante cada periodo de control.
- DMIC: Máxima duración entre todas las interrupciones.

7.2.1.3 OTROS INDICADORES

Además, existen otros indicadores, relacionados con la capacidad de reposición del servicio, que deben ser informados a ANEEL y quedan a disposición de la ciudadanía en la página web de la entidad:

Tiempo medio de preparación, $TMP = \frac{\sum_{i=1}^n TP(i)}{n}$

Tiempo medio de desplazamiento, $TMD = \frac{\sum_{i=1}^n TD(i)}{n}$

$$\text{Tiempo medio de ejecución, } TME = \frac{\sum_{i=1}^n TE(i)}{n}$$

$$\text{Tiempo medio de atención a emergencias } TMAE = TMP + TMD + TME$$

Donde los valores $TP(i)$, $TD(i)$ y $TE(i)$ corresponden a los tiempos de preparación, desplazamiento y ejecución para el evento i .

7.2.2 ESTIMACIÓN DE COMPENSACIONES

De acuerdo a las mediciones de los indicadores de calidad para la continuidad del suministro eléctrico definidos por la ANEEL, se establece el pago de compensaciones a los clientes cuya medición de su indicador DIC, FIC o DMIC transgreda el límite máximo considerado de ese indicador para dichos clientes.

La compañía ha pagado compensaciones que rondan los €8 millones anuales, durante los años 2011 y 2012. Estos valores no son comunes dentro de las distribuidoras eléctricas brasileñas, de acuerdo a un estudio realizado por ANEEL [12], Ampla es la que tuvo el pagó más elevado de compensaciones en comparación a las distribuidoras de la región sudeste. En el siguiente gráfico se puede apreciar el porcentaje que representa la compensación que pagó durante el 2010 cada distribuidora del sudeste brasileño respecto al total pagado en la misma región. Ampla destaca con un 27,6% de la suma de las compensaciones que durante el 2010 cancelaron las 22 distribuidoras de la región sudeste de Brasil:

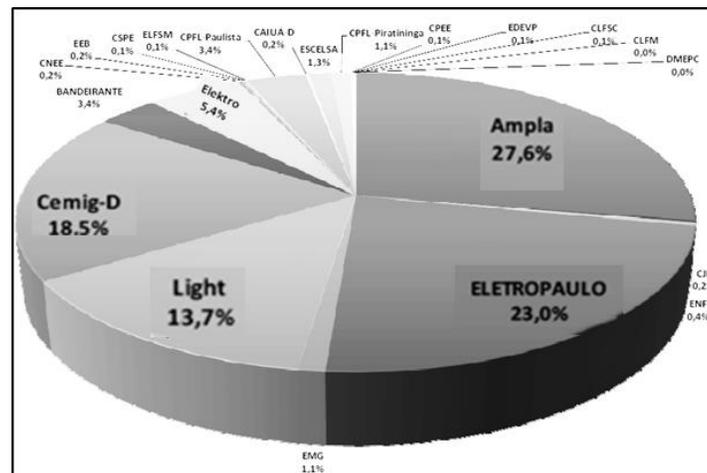


Ilustración 43: Porcentaje de compensación por distribuidora en relación al valor compensado en la región sudeste durante el año 2010.

Lo anterior representa una gran oportunidad de mejora, debido a que el alto valor de las compensaciones pagadas, respecto al resto de las compañías, hace

suponer que la gestión de la atención de emergencias no está siendo llevada de la mejor manera, por lo que se podrían reducir los montos de las compensaciones al aumentar la calidad de la atención de los problemas en el suministro.

Los recursos de atención se desempeñan dentro de una zona determinada, atendiendo a los reclamos de los clientes que pertenecen a dicho polo. Una mejora en la gestión de la atención de emergencias resultará en la disminución de los tiempos de atención por zona, desde la cual se puede estimar su efecto en los indicadores FEC y DEC que son por conjunto de clientes. A su vez, una disminución de la medición de estos indicadores de conjunto debe estar relacionada con el incumplimiento asociado a los clientes de ese conjunto. Es decir, existirá una relación entre el DEC y el FEC de cada conjunto, la cantidad de clientes que tiene cada conjunto, el tiempo de atención que toma en promedio atender a la zona que contiene ese conjunto y finalmente los indicadores individuales DIC, FIC y DMIC, que definen el monto de la compensación que debe pagar la compañía a cada cliente.

Las alternativas de mejora evaluadas, reducen el tiempo medio de atención de cada zona, por lo que se debe medir cuánto es el impacto de esta mejora en términos de ahorro monetario. Esto se debe desencadenar con una serie de relaciones: el efecto de los indicadores de conjunto, DEC y FEC, sobre el monto de las compensaciones, dado que la información disponible acerca de los indicadores de calidad es por conjunto, no está disponible a nivel individual, cliente por cliente; el efecto del tiempo medio de atención (TMA) de cada zona en estudio sobre el valor medido del indicador DEC, ya que ambos son medidas de duración de las interrupciones y finalmente, la estimación de la disminución de las compensaciones a pagar, debido a la reducción de los valores medidos para el indicador DEC, que a su vez depende del descenso en los tiempos medios de atención (TMA), que es el indicador a disminuir gracias a una mejor gestión de la atención de emergencias.

7.2.2.1 EFECTO DEL TIEMPO MEDIO DE ATENCIÓN SOBRE EL INDICADOR DEC

La primera relación que se construyó tiene relación con el efecto que tiene el tiempo medio de atención de las zonas de San Gonzalo y Niterói sobre el indicador DEC.

Para estimar cómo deberían relacionarse ambos indicadores se tomó la definición del indicador DEC sobre la cual se hicieron supuestos que permitan la estimación del efecto del TMA.

Se define el indicador DEC como:

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^k Ca_i \cdot t_i}{Cc}$$

Donde t_i es la duración del evento de interrupción i , k es el número máximo de eventos mayores a 1 minuto en el periodo considerado, Ca_i es el número de unidades consumidoras afectadas por el evento i y Cc es el número total de unidades consumidoras en el periodo controlado.

Reordenando esta ecuación se tiene que:

$$Cc \cdot DEC = \sum_{i=1}^k Ca_i \cdot t_i$$

El primer supuesto consiste en suponer que en cada conjunto el t_i será igual al tiempo medio de atención del conjunto durante el periodo medido para el DEC (en este caso, se consideraron las mediciones mensuales del DEC para cada conjunto), por lo tanto $t_i \approx TMA_{conjunto}$.

Por lo tanto, siendo el tiempo medio de atención durante el año una constante para cada zona:

$$Cc \cdot DEC \approx TMA_{conjunto} \cdot \sum_{i=1}^k Ca_i$$

Recordando la definición del FEC, frecuencia equivalente de interrupción por unidad consumidora:

$$FEC = \frac{\sum_{i=1}^k Ca_i}{Cc}$$

Por lo que se tiene que:

$$Cc \cdot FEC = \sum_{i=1}^k Ca_i$$

Así, reemplazando en la ecuación principal:

$$Cc \cdot DEC \approx TMA_{conjunto} \cdot Cc \cdot FEC$$

$$\ln(Cc \cdot DEC) \approx \ln(TMA_{conjunto}) + \ln(Cc \cdot FEC)$$

Siendo esta última la relación que finalmente se estima. Así, realizando la regresión lineal correspondiente, entre el logaritmo de la cantidad de consumidores que tuvo un conjunto durante un mes por el valor del DEC medido para ese conjunto durante el mismo mes, como variable dependiente, y como variables independientes el logaritmo del tiempo medio de atención de ese conjunto para ese mes y el logaritmo del valor medido para el indicador FEC multiplicado por la cantidad de clientes que tiene ese conjunto, se obtiene el siguiente resultado para los conjuntos pertenecientes a las zonas de Niterói y San Gonzalo, $\ln(Cc \cdot DEC) \approx 1 \cdot \ln(TMA_{conjunto}) + 0,79 \cdot \ln(Cc \cdot FEC)$ (ver Anexo G).

La interpretación del efecto del tiempo medio de atención es el siguiente, si el TMA aumenta en un 1%, entonces el valor del $Cc \cdot DEC$ lo hará en un $\beta_{TMA}\%$, es decir, en el aumento (disminución) en 1% del TMA provoca un aumento (disminución) del valor del $Cc \cdot DEC$ de un 1% aproximadamente.

El valor del $Cc \cdot DEC$ mensual para cada conjunto, que ha sido estimado a partir del $Cc \cdot FEC$ mensual de cada conjunto y el tiempo medio de atención registrado para cada conjunto durante cada mes del año, es el utilizado para realizar la estimación de las compensaciones pagadas durante un año. Estos datos han sido obtenidos desde la página web de la ANEEL, donde cualquier persona puede acceder a esta información.

7.2.2.2 EFECTO DEL INDICADOR DEC SOBRE EL MONTO DE LAS COMPENSACIONES ANUALES

El indicador DEC es una medida de la duración de las interrupciones para cada conjunto de clientes. Una disminución del valor medido para este indicador supondría una reducción de la medida de la duración individual de las interrupciones (DIC) para cada cliente perteneciente al conjunto cuyo DEC fue reducido, y por consiguiente, se tendría que pagar una menor compensación dado que los clientes de dicho conjunto poseerían mejores indicadores individuales.

Esta relación ya ha sido estudiada por la ANEEL [12], logrando establecer que las compensaciones pagadas por todas las distribuidoras de Brasil podían ser

estimadas a partir del indicador DEC. Esto es un primer antecedente para realizar algo similar para una distribuidora en particular como Ampla.

La Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) realiza su estimación sobre las compensaciones pagadas mensualmente y el DEC registrado para ese mes. Sin embargo, la información públicamente disponible acerca de las compensaciones pagadas está muy agregada, por lo que la estimación debió realizarse sobre los pagos realizados durante el periodo de un año.

Tal como lo sugiere el estudio realizado por ANEEL, se buscó una primera aproximación para la estimación de las compensaciones a partir de los valores medidos del indicador DEC para Ampla, agregados durante un año, mediante un modelo log-log, tal como se hizo en la regresión del subcapítulo anterior. Sin embargo, los resultados obtenidos no fueron satisfactorios, encontrándose una pobre capacidad explicativa del modelo, parámetros no significativos y un importante error de predicción.

Por lo tanto, se procedió a buscar un modelo similar, pero que utilizara más variables, como la cantidad de clientes de cada conjunto. La ponderación del indicador DEC por la cantidad de clientes del conjunto para el cual fue medido dicho indicador no es más que el $Cc \cdot DEC$ estimado en 7.2.2.1, por lo que convenientemente se utilizó el mismo valor, esta vez agregado por años en lugar de meses.

Otra consideración importante es que, debido al cambio regulatorio ocurrido el 2009, los montos de las compensaciones aumentaron de manera drástica sin necesariamente existir un empeoramiento en la calidad del servicio de atención de emergencias. Se debe recordar que este cambio en la regulación aumentaba los montos de las compensaciones a pagar a los clientes e imponía límites más estrictos para los indicadores individuales, debido a la eliminación de las multas que debían pagar las compañías por el incumplimiento de los límites para los indicadores de conjunto DEC y FEC.

Dado este escenario, la estimación sólo se logra hacer con los 3 años posteriores a estos cambios regulatorios, es decir, 2010-2011-2012, debido a que utilizar los datos de las compensaciones pagadas los años anteriores a estos distorsionaba la estimación del modelo.

Así, el resultado para la regresión considerada es $\ln(\widehat{\text{compensaciones}}) = 0,96 \cdot \ln(Cc \cdot DEC)$ (ver Anexo G)

La regresión fue probada con intercepto de manera previa, pero su resultado no satisfizo. Posteriormente, al probar sin intercepto se obtuvo una mejor regresión, con su único coeficiente estadísticamente significativo y un $MAPE = 9,9\%$, indicador del error promedio absoluto en términos porcentuales. Por lo tanto, con esta relación se podría decir con un error promedio cercano al 10% el valor de las compensaciones a pagar si se tiene la cantidad de clientes y el DEC medido correspondiente a cada conjunto de clientes. A su vez, y como se mostró en 7.2.2.1, el tiempo medio de atención tiene influencia sobre el DEC medido, por lo que al tener una idea de la disminución porcentual del TMA respecto a la situación del año 2012, se podría estimar cuánto disminuiría el valor total de las compensaciones pagadas, tal como se verá a continuación.

7.2.2.3 ESTIMACIÓN DE LA DISMINUCIÓN DE COMPENSACIONES DEBIDO A LA DISMINUCIÓN DEL TIEMPO MEDIO DE ATENCIÓN

Como ya ha sido introducido, la gestión del sistema de atención de emergencias tiene como objetivo la reducción de los tiempos medios de atención para los problemas en el suministro eléctrico. Esta reducción en los tiempos de atención provocaría una disminución de las compensaciones que cada año paga la compañía a sus clientes por transgredir los límites para los indicadores DIC, FIC y DMIC que posee cada cliente.

La reducción en los tiempos medios de atención de emergencia de cada zona será diferente para cada zona. Por lo tanto, se debe revisar por separado cada efecto.

7.2.2.3.1 NITERÓI

La reducción de los tiempos medios de atención en Niterói, según lo establecido en la propuesta de dotación para el año 2012, alcanza el 80% , por lo tanto, según la relación encontrada en 7.2.2.1, el valor para el factor $Cc \cdot DEC$, asociado a los conjuntos pertenecientes a dicha zona (en adelante $[Cc \cdot DEC]_{Niterói}$), se verá reducido en un $1 \cdot 80\% = 80\%$.

Esta reducción de un 80% del DEC medido se produciría sólo en los conjuntos que pertenecen a la zona de Niterói. Por lo tanto, se debe establecer el peso que tiene el factor $[Cc \cdot DEC]_{Niterói}$ en relación al $Cc \cdot DEC$ total de Ampla, pues es este último valor el que está relacionado con las compensaciones anuales pagadas por la compañía.

Luego, de acuerdo al peso que tuvo la zona durante el año 2012, se cumple que $[Cc \cdot DEC]_{Niterói} = 0,0857 \cdot (Cc \cdot DEC)$, es decir, la zona de Niterói aporta con el 8,57% del $Cc \cdot DEC$ total de la compañía. Este resultado es coherente con el porcentaje de las incidencias que tienen lugar en Niterói respecto del total de Ampla, equivalente a un 10% del total aproximadamente.

Así, la reducción de un 80% de los tiempos medios de atención en la zona de Niterói disminuye un 80% el valor del $[Cc \cdot DEC]_{Niterói}$ que, a su vez, representa sólo el 8,57% del $Cc \cdot DEC$ total de la compañía. Por lo tanto, la disminución de un 80% del TMA representaría una reducción del $80\% \cdot 8,57\% = 6,86\%$ del $Cc \cdot DEC$ total.

Finalmente, considerando el resultado de la sección 11.2.2.2, un 1% de reducción del valor para el $Cc \cdot DEC$ representaría una disminución de un 0,96% de las compensaciones. Por lo tanto, la reducción del valor del $Cc \cdot DEC$ debido a la gestión en Niterói, equivalente al 6,86%, supondría una disminución de un $6,86\% \cdot 0,96 = 6,59\%$ de las compensaciones a pagar a los clientes. Es decir, significaría un ahorro de € 577.421 por concepto de compensaciones que ya no se pagarían a los clientes.

7.2.2.3.2 SAN GONZALO

Un ejercicio similar es realizado ahora para la zona de San Gonzalo. En esta zona, la reducción de los tiempos de atención alcanzaría un 79,6% lo que de acuerdo a los resultados vistos de la estimación del factor $Cc \cdot DEC$ a partir del $Cc \cdot DEC$ y TMA , significa una disminución de un $79,6\% \cdot 1 = 79,6\%$ del valor medido para el $Cc \cdot DEC$ correspondiente a los conjuntos que pertenecen a la zona de San Gonzalo, en adelante $[Cc \cdot DEC]_{San Gonzalo}$.

Luego, tal como se hizo para Niterói, se calcula el peso que tiene la medición del $Cc \cdot DEC$ asociado a los conjuntos pertenecientes a San Gonzalo respecto del total de conjuntos servidos por la compañía. Así, se puede establecer que durante el año 2012, $[Cc \cdot DEC]_{San Gonzalo} = 0,147 \cdot Cc \cdot DEC$, por lo tanto, un 14,7% del valor del $Cc \cdot DEC$ de toda la compañía es aportado por los conjuntos de la zona de San Gonzalo.

Así, la reducción de un 79,6% de los tiempos medios de atención en la zona de San Gonzalo disminuye el mismo porcentaje el valor del $[Cc \cdot DEC]_{San Gonzalo}$ que, a su vez, representa un 14,7% del $Cc \cdot DEC$ total de la compañía. Entonces, la

disminución de un 79,6% del TMA representaría una reducción del $79,6\% \cdot 14,7\% = 11,7\%$ del valor del $Cc \cdot DEC$ total de Ampla.

Finalmente, considerando el resultado de la sección 7.2.2.2, un 1% de reducción del valor para el $Cc \cdot DEC$ representaría una disminución de un 0,96% de las compensaciones. Por lo tanto, la reducción del valor del $Cc \cdot DEC$ debido a la gestión de la atención de emergencias en San Gonzalo, equivalente al 12,8%, supondría una disminución de un $11,7\% \cdot 0,96 = 11,23\%$ de las compensaciones a pagar a los clientes. Por lo tanto, significaría un ahorro de €983.982 en compensaciones.

7.3 ESTIMACIÓN DEL RESULTADO ECONÓMICO

Económicamente es más efectivo San Gonzalo que Niterói, debido a que el impacto de la disminución del tiempo medio de atención sobre el valor $Cc \cdot DEC$ de los conjuntos asociados a él es mayor y, a su vez, tiene un mayor peso dentro del valor $Cc \cdot DEC$ global de la compañía, que se relaciona directamente con las compensaciones pagadas a los clientes.

Para la zona de San Gonzalo, considerando que la adición de 1 recurso de atención tipo cuesta en promedio €7.800 y el costo promedio estimado de la hora de trabajo es de €26, para el año 2013 la adición de 1 recurso y 32 horas diarias de trabajo representan un costo de $€26 \cdot 32 = €832$ al día. Por lo tanto, el costo anual de dotación propuesta en la sección 6.3.3.1 será aproximadamente $€7.800 + €832 \cdot 365 = €311.480$.

En la zona de Niterói, para el año 2013 se agregan 2 recursos de atención y 32 horas respecto a lo existente durante el año 2012. Por lo tanto, los costos asociados a esta nueva estructura horaria se estiman en $€26 \cdot 32 = €832$ diarios, sumados al costo promedio anual de dos vehículos, el costo aproximado de la configuración propuesta en 6.3.3.2 es de $€7.800 \cdot 2 + €832 \cdot 365 = €319.280$.

Mientras tanto, el beneficio esperado corresponde al ahorro por el pago de compensaciones a los clientes. Según la estimación que se realizó, de acuerdo a la disminución de los tiempos medios de atención en las distintas zonas evaluadas, la reducción de las compensaciones anuales debido a las mejoras en Niterói es de €577.421 y de €983.982 para San Gonzalo. Por lo tanto, la estimación del beneficio total por concepto de disminución de pagos de compensaciones es de €1.561.403.

Finalmente, al considerar los costos asociados a la mejora en la calidad de la atención de emergencias, vía la adición de recursos de atención en San Gonzalo y Niterói, la utilidad que genera el incremento en la calidad del servicio de atención de emergencias en ambas zonas se estima en aproximadamente €1.561.403 – (€319.280 + €311.480) = €930.643.

8. CONCLUSIONES

El tiempo asociado a la finalización de los eventos de emergencia que enfrenta la compañía es bastante elevado al compararlo con el resto de las distribuidoras que prestan el mismo servicio en la región sudeste de Brasil. Esta situación se ha mantenido durante los últimos años, al considerar que las posibles mejoras que se pueden realizar al servicio implican costos económicos que la empresa no puede abordar.

Dada la situación actual en la que se encuentra la compañía, se puede inferir que no ha habido reacción ante los cambios en la regulación que se han producido en los últimos años. Las compensaciones aumentaron drásticamente su valor, además año tras año los límites para los indicadores individuales de continuidad, DIC y FIC, se han puesto más estrictos, lo que ha creado un panorama económico incluso más complejo, reflejado en las compensaciones a pagar a los clientes. Además de lo anterior, ha enfrentado problemas debido al deterioro de la imagen y las exigencias de la sociedad por una mejor calidad en el servicio de atención a los problemas en el suministro eléctrico.

Para mejorar la calidad del servicio de atención de emergencias que se entrega actualmente, las alternativas planteadas que logran mejorar la rapidez en el servicio o disminuir la demanda observada pueden ser tan efectivas como aumentar la cantidad de recursos de atención. Sin embargo, una vez remediadas las ineficiencias observadas, es decir, disminuir la proporción de visitas improductivas y la cantidad de re-atenciones, modificar el actual contrato que no genera incentivos a la productividad, entre otras medidas vistas, el espacio de mejora que se mantendrá vigente, manteniendo el control sobre las variables anteriores, es la planificación de los recursos necesarios para la atención de las emergencias en el suministro eléctrico que se presentan cada año, dado que la capacidad que tiene la compañía de entregar la atención de emergencias debe ir creciendo junto con la demanda que se prevé para cada periodo.

De ampliarse el estudio para el resto de las zonas, se debería comenzar priorizando aumento de dotación en las zonas que una disminución de los tiempos medios de atención reporte un mayor ahorro asociado por disminución de pago en

compensaciones. La justificación de esto es evitar generar inestabilidad financiera en caso que los resultados reales fueran menos auspiciosos que los teóricos, por lo que podría ser visto como una “marcha blanca”.

Como ya ha sido mencionado, el tiempo medio de atención se espera reducir en cerca de un 80% en ambas zonas, esto quiere decir que con las medidas propuestas, el tiempo medio de atención para ambas zonas estará cercano a las tres horas. Con este nivel de servicio no sólo se logra un beneficio económico, debido a la importante disminución de las compensaciones asociadas a la rapidez con que se resuelven los problemas de suministro eléctrico, sino que también se logra una importante mejora en la relación con los clientes que utilizan el servicio que entrega Ampla. La reducción en los tiempos de atención tendría un efecto inmediato en el ranking de continuidad de servicio, por lo que Ampla dejaría de estar dentro de las peores compañías distribuidoras de esta calificación. Además, la encuesta de satisfacción al consumidor vería reflejada esta mejora en los tiempos de atención no sólo en el ítem que tiene relación directa con la “rapidez en el regreso de la energía cuando se ha interrumpido” (Anexo D), sino que además se vería una mejora en el resto de las dimensiones evaluadas, dado que pueden estar relacionadas de manera indirecta con el servicio de atención de emergencias o incluso pueden verse mal evaluadas incluso sin tener relación, debido a que el cliente puede tener un sesgo negativo en sus respuestas para dimensiones evaluadas que no le son cotidianas, provocado por algún ítem que le es más habitual y tiene una evaluación muy mala, como lo es el caso de la “rapidez en el regreso de la energía cuando se ha interrumpido”. Finalmente, al existir un mayor nivel de satisfacción, se disminuirán los casos de reclamos de los usuarios en las calles, redes sociales o entidades como el Procon, encargadas de la protección del consumidor, donde Ampla ha tenido presencia importante durante el último tiempo [9].

No obstante lo anterior, se debe considerar que una mejora en la calidad que no es llevada a cabo de manera uniforme en todas las zonas podría provocar más descontento que el actual, debido a que las zonas que no son favorecidas presionarán por una mejora para ellas también, por lo que se debe avanzar rápidamente al resto de los polos. Además de esto, una vez que se alcanza un nivel satisfactorio y que la gente ya se haya habituado a él, la ciudadanía comenzará a tener nuevas exigencias, por ejemplo, en lugar de seguir existiendo problemas con la duración de los problemas de suministro, expresados en los altos valores para el indicador DEC, es probable que luego sean los valores medidos para el indicador FEC muy mayores a los límites exigidos por la ANEEL, dado que los va actualizando año a año haciéndolos cada vez más estrictos, por lo que en ese caso se tendría que revisar la frecuencia de las incidencias y proponer

medidas que mejoren la calidad en este sentido. Lo importante es estar en constante revisión de la posición en que se encuentra la compañía respecto al servicio que se entrega a los clientes, en el sentido de ser más proactivos y menos reactivos, contrario a lo que ha sucedido en lo relacionado con la duración de las interrupciones del suministro eléctrico.

9. REFERENCIAS

[1] Chilectra, “¿Cómo se distribuye la electricidad?”. Disponible: <http://www.chilectra.cl/wps/wcm/connect/ngchl/ChilectraCl/Eficiencia+Energetica2/Mundo+Energetico/Generacion+Transmision+y+Distribucion+Electrica/Distribucion>, último acceso: 26/11/12

[2] K. G. Zografos, C. Douligeris y P. Tsoumpas, «An integrated framework for managing emergency-response logistics: the case of the electric utility companies» Engineering Management, IEEE Transactions on, vol. 45, nº 2, pp. 115-126, 1998.

[3] D. Gross, J. F. Shortle, J. M. Thompson, C. M. Harris, «Fundamentals of Queueing Theory», 4th ed., John Wiley & Sons, 2011

[4] C. J. Zapata, S. C. Silva, H. I. González, O. L. Burbano y J. A. Hernández, «Modeling the Repair Process of a Power Distribution System» 2008.

[5] L. Xu, M. Chow y L. S. Taylor, «Data Mining and Analysis of Tree-Caused Faults in Power Distribution Systems»

[6] M. Diana, M. Dessouky y N. Xia, «A model for the fleet sizing of demand responsive transportation services with time windows» Transportation Research Part B: Methodological, vol. 40, nº 8, pp. 651-666, 2006.

[7] Agência Nacional de Energía Eléctrica, «Folder Institucional,» 2012. [En línea]. Available: http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/folder_intitucional_ANEEL_2012.pdf. [Último acceso: 25 Mayo 2013].

[8] L. Ferreira, «Portal Ozk News,» 19 Abril 2013. [En línea]. Available: <http://portalozknews.com.br/dlf/materia/redacao/politica/2013/04/19/representantes-da-ampla-e-procon-participam-de-sessao-da-camara-de-campos/>. [Último acceso: 2013 Junio 4].

[9] S. Pessanha, «Folha da Manhã,» , 20 Abril 2013. [En línea]. Available: <http://www.fmanha.com.br/blogs/painel/?p=18219>. [Último acceso: 4 Junio 2013].

[10] Agência Nacional de Energía Eléctrica, «Nota Técnica nº0038/2013-SRD/ANEEL,» 15 Marzo 2013. [En línea]. Available:

http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Nota_Tecnica_0038_Ranking.pdf. [Último acceso: 10 Junio 2013].

[11] AFP, «Terra Brasil,» 21 Junio 2013. [En línea]. Available: <http://noticias.terra.com.br/brasil/governo-brasileiro-e-pressionado-por-historicos-protestos,f614e49fccf5f310VgnCLD2000000ec6eb0aRCRD.html>. [Último acceso: 8 Julio 2013].

[12] Agência Nacional de Energia Elétrica, «Avaliação da alteração dos limites dos indicadores individuais de continuidade (DIC, FIC e DMIC),» 14 Junho 2011. [En línea]. Available: http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/NT%20022_2010_SRD_ANEEL.pdf. [Último acceso: 5 Junio 2013].

[13] Agência Nacional de Energia Elétrica, «Relatório Ampla – IASC 2012,» Diciembre 2012. [En línea]. Available: http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/AMPLA_2012.pdf. [Último acceso: 15 abril 2013].

[14] C. Mukhopadhyay, M.P. Samuel, «Failure rate modeling and estimation of a reparable series system», in Proceedings of the 2nd IMT-GT Regional Conference on Mathematics, Statistics and Applications, University Sains Malaysia, Penang, June 13-15, 2006

[15] L. V. Green, P. J. Kolesar y W. Whitt, «Coping with Time-Varying Demand When Setting Staffing Requirements for a Service System,» Production and Operations Management, vol. 16, nº 1, pp. 13-39, 2007.

[16] S. M. Ross, «Stochastic Processes», 2th ed., John Wiley & Sons, 1996

[17] Agência Nacional de Energia Elétrica, «Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica,» 1 Febrero 2012. [En línea]. Available: www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/M%C3%B3dulo8_Revis%C3%A3o_4.pdf. [Último acceso: 10 Mayo 2013].

[18] M. Singer y P. Donoso, «Assessing an ambulance service with queuing theory» Computers & Operations Research, vol. 35, nº 8, pp. 2549 - 2560, 2008.

[19] N. Izady, «On queues with time varying demand», Lancaster University, 2010.

[20] B. Coutinho Fernandes, Fatores críticos de sucesso na cadeia de serviços cliente - empresa de distribuição de energia elétrica, Itajubá, 2011.

[21] Ampla Energia e Serviços S.A. , «Demonstrações Financeiras Anuais 2012,» Marzo 2013. [En línea]. Available: http://www.ampla.com/media/278607/_df%202012%20finais%20-%20ampla%20energia%2027-mar-13.pdf. [Último acceso: 25 Mayo 2013].

10. ANEXOS

IV. ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Estructura de propiedad	105
ANEXO B: Índices de continuidad por conjunto	106
ANEXO C: Ranking de continuidad del servicio	108
ANEXO D: Percepción de calidad de Ampla	110
ANEXO E: Parámetros utilizados para la simulación del proceso de atención de emergencias para el año 2012.....	111
ANEXO F: Resultados de regresión para estimación de número de incidencias a partir de cantidad de clientes	114
ANEXO G: Relaciones estimadas para indicador DEC, TMA y compensaciones pagadas anuales	115

ANEXO B: Índices de continuidade por conjunto. Fuente: ANEEL.

Índices de continuidad por conjunto					
AMPLA - ANUAL 2012					
CONJUNTO	Nº DE CLIENTES	DEC CALCULADO	DEC LIMITE	FEC CALCULADO	FEC LIMITE
ALCANTARA	85635	14,14	13,00	10,04	16,00
ANGRA DOS REIS	47753	19,87	17,00	9,56	14,00
ARARUAMA	26351	11,56	9,00	7,14	6,00
AREAL	15470	33,19	20,00	18,12	20,00
ARRAIAL DO CABO	13791	19,15	16,00	9,16	9,00
ARSENAL	62038	18,53	10,00	10,14	15,00
AUGUSTO VIEIRA	44347	17,69	15,00	8,72	21,00
BACAXA	46897	17,69	10,00	7,63	6,00
BARRA ALEGRE	2101	41,25	21,00	11,58	15,00
BARRACAO DOS MENDES	3632	34,87	32,00	10,11	27,00
BINGEN	28694	15,20	11,00	11,27	18,00
BOM JARDIM	16247	18,72	21,00	9,77	14,00
BUZIOS	24624	19,24	20,00	8,29	13,00
CABO FRIO	48123	9,44	9,00	5,46	5,00
CACHOEIRA DE MACACU	8293	14,55	15,00	7,77	17,00
CAMBUCI	9078	21,11	15,00	9,70	15,00
CAMPOS ELISEOS	66836	12,96	12,00	5,90	12,00
CEDAEMA	4151	45,17	17,00	17,97	12,00
CONCEICAO DE MACABU	11670	32,97	25,00	13,99	22,00
CRUZAMENTO	17717	16,29	10,00	9,70	9,00
DISTRIBUIDORA DE CAMPOS	74982	8,51	7,00	4,56	6,00
ENTRONCAMENTO ARARUAMA	34721	13,14	9,00	6,23	5,00
FAGUNDES	1086	40,67	20,00	15,24	8,00
GALO BRANCO	64546	10,10	10,00	6,77	8,00
GOITACAZES	22613	17,89	22,00	7,96	17,00
GRADIM	12326	13,71	13,00	7,28	13,00
GUARUS	30284	18,48	18,00	7,62	17,00
GUAXINDIBA	78759	16,40	14,00	10,17	14,00
ICARAI	45805	4,85	7,00	4,09	10,00
IGUABA	25005	13,73	9,00	6,33	6,00
IMBOASSICA	16698	10,38	15,00	5,57	19,00
INGA	30175	7,89	7,00	5,12	11,00
INOA	29271	23,94	19,00	12,54	17,00
ITAIPAVA	18826	27,19	23,00	14,09	22,00
ITALVA	10273	13,11	13,00	8,46	12,00
ITAMARATI	36818	14,72	14,00	10,41	13,00
ITAMBI	30475	12,16	13,00	10,55	13,00
ITAORNA	14291	27,54	17,00	13,07	18,00
ITAPERUNA	52203	9,60	12,00	7,46	13,00
ITATIAIA	14189	20,34	11,00	10,50	9,00
JACUACANGA	22871	43,20	17,00	16,66	20,00
MACABU	13902	25,61	21,00	11,09	14,00
MACAE	62999	13,29	15,00	11,51	17,00
MAMBUCABA	31952	30,39	17,00	14,87	16,00
MARICA	46605	28,23	20,00	13,97	20,00
MOMBACA	45071	12,94	12,00	5,97	9,00
MURIQUI	33711	23,31	17,00	8,26	13,00
NATIVIDADE	20900	16,30	20,00	10,05	19,00

NEVES	24254	11,33	8,00	6,32	12,00
NOSSA SENHORA DA AJUDA	35350	20,54	15,00	13,60	12,00
OUTEIROS	1298	73,45	31,00	9,09	6,00
PALATINATO	43238	9,28	11,00	6,74	15,00
PAPUCAIA	7435	15,50	14,00	7,34	15,00
PARADA ANGELICA	95871	15,37	13,00	8,48	11,00
PARADA MODELO	17247	25,38	17,00	8,38	14,00
PIRATININGA	44416	18,30	15,00	9,45	18,00
PONTINHA	23751	22,30	23,00	8,33	18,00
PORTAO DO ROSA	69103	15,66	10,00	9,32	6,00
PORTO DO CARRO	64550	12,75	12,00	7,49	7,00
PORTO REAL	6487	12,55	11,00	7,10	14,00
RETIRO SAUDOSO	51493	8,25	11,00	5,30	11,00
RIO BONITO	19855	22,85	13,00	8,00	14,00
RIO DA CIDADE	17725	24,71	22,00	12,59	22,00
RIO DAS OSTRAS	50256	11,55	13,00	8,52	9,00
ROCHA LEAO	10298	22,36	28,00	11,03	22,00
SANTA CLARA	10361	33,76	34,00	13,58	35,00
SANTA CRUZ DA SERRA	33666	16,53	12,00	8,10	16,00
SANTO ANTONIO DE PADUA	53028	17,77	13,00	12,72	10,00
SAO FIDELIS	14293	14,21	15,00	8,88	14,00
SAO LOURENCO	33727	11,25	8,00	6,78	8,00
SAO PEDRO DA ALDEIA	30987	15,96	15,00	9,03	10,00
SATURNINO BRAGA	22036	37,75	25,00	11,92	19,00
SERRINHA	1469	64,83	28,00	15,49	20,00
SETE PONTES	68544	16,40	7,00	9,63	7,00
SILVA JARDIM	11262	45,50	16,00	15,64	13,00
TAMOIOS	35579	30,37	20,00	12,78	13,00
TANGUA	12734	16,75	13,00	12,10	12,00
TERESOPOLIS	38160	19,93	13,00	8,93	13,00
TROMBETAS	51952	9,20	9,00	3,81	6,00
URURAI	9928	26,26	26,00	9,41	21,00
VAL DE PALMAS	25502	14,60	13,00	12,45	13,00
VENDA DAS PEDRAS	54604	13,74	14,00	6,28	9,00
VILA NOVA	29749	33,16	31,00	11,30	18,00
VILA VERDE	16650	12,62	14,00	9,40	14,00
ZONA SUL	57588	23,98	10,00	13,33	12,00
CONSUMIDORES 2.699.250					
Os indicadores são passíveis de alterações após fiscalização da ANEEL.					

ANEXO C: Ranking de continuidade del servicio.

Indicador de desempenho global de continuidade: Mercado mayor a 1 TWh.
Fuente: ANEEL.

Posição no Ranking	DGC	Sigla	Empresa	Região
1º	0,44	CLFSC	COMPANHIA LUZ E FORÇA SANTA CRUZ	SE
2º	0,46	COELCE	COMPANHIA ENERGÉTICA DO CEARÁ	NE
3º	0,63	CEMAR	COMPANHIA ENERGÉTICA DO MARANHÃO	NE
3º	0,63	EPB	ENERGISA PARAÍBA - DISTRIBUIDORA DE ENERGIA	NE
5º	0,66	CPFL- Piratininga	COMPANHIA PIRATININGA DE FORÇA E LUZ	SE
6º	0,73	COSERN	COMPANHIA ENERGÉTICA DO RIO GRANDE DO NORTE	NE
7º	0,74	COPEL-DIS	COPEL DISTRIBUIÇÃO	SU
8º	0,75	CAIUÁ-D	CAIUÁ DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA	SE
9º	0,78	ENERSUL	EMPRESA ENERGÉTICA DE MATO GROSSO DO SUL	CO
10º	0,80	EMG	ENERGISA MINAS GERAIS - DISTRIBUIDORA DE ENERGIA	SE
11º	0,81	CPFL-Paulista	COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ	SE
11º	0,81	RGE	RIO GRANDE ENERGIA	SU
13º	0,82	ELETROPAULO	ELETROPAULO METROPOLITANA ELETRICIDADE DE SÃO PAULO	SE
14º	0,83	AES-SUL	AES SUL DISTRIBUIDORA GAÚCHA DE ENERGIA	SU
14º	0,83	ESCELSA	ESPÍRITO SANTO CENTRAIS ELÉTRICAS	SE
16º	0,84	CELPE	COMPANHIA ENERGÉTICA DE PERNAMBUCO	NE
16º	0,84	ELEKTRO	ELEKTRO ELETRICIDADE E SERVIÇOS	SE
18º	0,85	BANDEIRANTE	BANDEIRANTE ENERGIA	SE
19º	0,88	COELBA	COMPANHIA DE ELETRICIDADE DO ESTADO DA BAHIA	NE
20º	0,92	CERON ⁽²⁾	CENTRAIS ELÉTRICAS DE RONDÔNIA	NO
21º	0,94	CELESC-DIS	CELESC DISTRIBUIÇÃO	SU
21º	0,94	CELTINS	COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS	NO
23º	0,95	AmE ⁽²⁾	AMAZONAS DISTRIBUIDORA DE ENERGIA	NO
23º	0,95	ESE	ENERGISA SERGIPE - DISTRIBUIDORA DE ENERGIA	NE
25º	0,98	AMPLA	AMPLA ENERGIA E SERVIÇOS	SE
25º	0,98	CEMIG-D	CEMIG DISTRIBUIÇÃO	SE
27º	1,02	EEB	EMPRESA ELÉTRICA BRAGANTINA	SE
28º	1,06	CEEE-D	COMPANHIA ESTADUAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	SU
29º	1,07	CEMAT ⁽²⁾	CENTRAIS ELÉTRICAS MATOGROSSENSES	CO
30º	1,29	CEPISA ⁽¹⁾	COMPANHIA ENERGÉTICA DO PIAUÍ	NE
31º	1,40	CEAL	COMPANHIA ENERGÉTICA DE ALAGOAS	NE
32º	1,53	LIGHT	LIGHT SERVIÇOS DE ELETRICIDADE	SE
33º	1,57	CEB-DIS	CEB DISTRIBUIÇÃO	CO
34º	1,68	CELG-D	CELG DISTRIBUIÇÃO	CO
35º	2,01	CELPA ⁽²⁾	CENTRAIS ELÉTRICAS DO PARÁ	NO

(1) Distribuidoras con proceso de recopilación y cálculo de indicadores no certificado

(2) Distribuidoras que se alimentan de sistemas eléctricos aislados, no conectados al SIN (Sistema Interconectado Nacional)

DGC: Indicador de desempeño global de continuidad. Corresponde a la media aritmética simple de los cocientes entre los valores medidos y los límites anuales para los indicadores DEC y FEC de cada conjunto.

ANEXO D: Percepção de calidad de Ampla. Fuente: ANEEL.

QUALIDADE PERCEBIDA	AMPLA										Região SE acima de 400 mil cons. 2012	Brasil 2012	Bench mark 2012
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2012			
Escore Informação ao Cliente	57,00%	60,33%	59,92%	62,99%	64,48%	55,40%	66,94%	60,51%	57,26%	56,48%	59,45%	60,36%	78,72%
Explicação sobre o uso adequado da energia	54,86%	60,30%	60,73%	63,17%	65,35%	52,90%	64,23%	61,50%	57,00%	56,67%	58,63%	58,80%	77,94%
Segurança no valor cobrado	55,25%	55,63%	57,92%	58,53%	60,03%	60,13%	63,43%	55,14%	54,83%	52,07%	56,28%	58,44%	75,77%
Atendimento igualitário a todos os consumidores	69,59%	66,52%	65,46%	67,32%	71,32%	64,25%	75,46%	71,35%	69,49%	56,45%	61,99%	63,49%	80,99%
Informação/Orientação sobre riscos associados ao uso da energia	51,05%	57,20%	59,29%	63,11%	62,31%	51,95%	66,05%	55,40%	50,98%	56,50%	58,98%	58,85%	77,56%
Esclarecimento sobre seus direitos e deveres	50,42%	55,88%	58,01%	62,82%	63,41%	47,78%	65,55%	59,15%	53,99%	56,97%	58,10%	58,57%	77,89%
Detalhamento das contas	63,71%	66,20%	63,11%	72,35%	72,80%	72,15%	71,27%	70,14%	79,99%	60,24%	62,72%	63,98%	84,58%
Escore Acesso à Empresa	62,89%	66,10%	65,39%	72,27%	68,61%	61,32%	71,14%	71,72%	63,04%	58,61%	62,60%	63,56%	81,82%
Pontualidade na prestação de serviços	60,05%	59,71%	62,10%	67,37%	62,97%	52,47%	61,61%	66,67%	53,70%	54,28%	59,87%	60,20%	76,94%
Facilidade para entrar em contato com a empresa	58,36%	58,61%	66,73%	68,04%	65,02%	55,56%	71,53%	68,07%	63,11%	58,60%	59,98%	61,00%	80,72%
Cordialidade no atendimento	69,10%	69,52%	68,21%	75,38%	75,87%	68,87%	77,90%	78,37%	71,48%	63,47%	66,07%	66,78%	87,22%
Facilidade de acesso aos postos de recebimento da conta	81,94%	75,99%	71,24%	86,46%	77,83%	74,64%	84,10%	82,38%	80,25%	64,95%	69,13%	70,61%	89,28%
Respostas rápidas às solicitações dos clientes	55,03%	58,62%	61,00%	64,11%	61,36%	55,08%	60,56%	63,12%	46,70%	51,78%	57,94%	59,21%	77,16%
Escore Confiabilidade nos Serviços	58,44%	59,08%	61,23%	62,23%	62,32%	51,85%	62,38%	62,52%	52,30%	54,98%	59,72%	60,04%	75,98%
Fornecimento de energia sem interrupção	62,60%	62,59%	60,55%	63,51%	62,12%	52,47%	63,36%	61,16%	51,73%	54,37%	61,76%	61,32%	81,47%
Fornecimento de energia sem variação na tensão	59,68%	59,68%	60,89%	63,28%	62,46%	53,06%	61,19%	61,60%	51,28%	56,52%	61,10%	60,17%	81,24%
Avisos antecipados - susp. fornecimento - atraso pagamento	51,38%	57,97%	61,28%	59,96%	64,71%	48,37%	64,57%	63,95%	55,19%	58,05%	59,38%	60,55%	82,57%
Confiabilidade das soluções dadas	59,46%	59,21%	61,84%	64,14%	64,69%	56,43%	62,94%	67,39%	57,36%	55,66%	60,35%	60,77%	76,94%
Rapidez na volta da energia quando há interrupção	61,26%	60,95%	62,83%	63,48%	60,16%	53,30%	60,76%	60,27%	45,78%	51,72%	58,26%	59,47%	74,09%
Avisos antecipados - susp. fornecimento - manutenção	54,81%	52,35%	61,28%	58,98%	59,76%	47,49%	61,47%	60,74%	52,48%	53,58%	57,46%	57,98%	77,94%

La primera columna se refiere a los distintos ítems evaluados, las siguientes corresponden a la calificación correspondiente para cada uno de los años evaluados (los resultados del 2011 no fueron publicados). Las últimas tres columnas corresponden a: la media ponderada de las distribuidoras similares (en este caso, empresas de la región sudeste con más de 400 mil consumidores en el 2012), el promedio ponderado del puntaje obtenido por todas las empresas en Brasil durante el año 2012, mientras que la última columna corresponde al valor de la empresa con mejor desempeño en el ítem (Benchmark 2012).

La siguiente es la escala que establece ANEEL como criterio de interpretación de los resultados:

Puntaje	Interpretación
0 - 20	Desempeño pésimo
21 - 40	Desempeño malo
41 - 60	Desempeño regular
61 - 80	Desempeño bueno
81 - 100	Desempeño excelente

ANEXO E: Parámetros utilizados para la simulación del proceso de atención de emergencias para el año 2012

Demanda en Niterói	Mes alto	Mes bajo
	1,10-12	2-9
Red BT		
Madrugada	WEIB(132.24,0.91)	WEIB(201.56,1.19)
Transición	WEIB(86.37,0.733)	WEIB(132.9,0.76)
Tarde	WEIB(58.86,0.862)	WEIB(65.17,0.93)
Mañana	WEIB(60.086,0.817)	WEIB(72.7,0.814)
Domiciliario		
Madrugada	WEIB(102.33,1.03)	WEIB(148.4,0.99)
Transición	WEIB(45.11,0.726)	WEIB(61.9,0.8)
Tarde	WEIB(20.96,0.87)	WEIB(24.78,1.01)
Mañana	WEIB(15.57,0.85)	WEIB(18.34,0.987)
Red MT		
Madrugada	WEIB(104.62,0.616)	WEIB(171.1,0.787)
Transición	WEIB(87.35,0.615)	WEIB(141.44,0.64)
Tarde	WEIB(63,0.698)	WEIB(78.09,0.785)
Mañana	WEIB(117.13,0.638)	WEIB(115.34,0.633)
Red Ampla		
Madrugada	WEIB(518.51,1.165)	WEIB(722.59,1.107)
Transición	WEIB(347.2,1.1)	WEIB(630.4,1.16)
Tarde	WEIB(286.46,0.829)	WEIB(393.9,0.742)
Mañana	WEIB(383.78,0.67)	WEIB(557,0.845)
Servicios Extra		
Madrugada	WEIB(87.6,0.53)	WEIB(66.1,0.563)
Transición	WEIB(243.8,0.505)	WEIB(263.25,0.62)
Tarde	WEIB(300.6,0.738)	WEIB(303.9,0.764)
Mañana	WEIB(103.72,0.443)	WEIB(257,0.66)
Sin Conclusión		
Madrugada	WEIB(160.48,1.04)	WEIB(174,0.875)
Transición	WEIB(94.13,0.692)	WEIB(96.8,0.66)
Tarde	WEIB(43.72,0.81)	WEIB(44.9,0.91)
Mañana	WEIB(47.75,0.66)	WEIB(46.72,0.81)

Demanda en San Gonzalo	Mes alto	Mes bajo
	1,10-12	2-9
Red BT		
Madrugada	WEIB(160,0.928)	WEIB(226.91,1.22)
Transición	WEIB(126.75,0.854)	WEIB(184.57,0.86)
Tarde	WEIB(77.284,0.907)	WEIB(95.178,0.971)
Mañana	WEIB(91.31,0.775)	WEIB(123.82,0.735)
Domiciliario		
Madrugada	WEIB(88.67,0.966)	WEIB(102.583,1.003)
Transición	WEIB(39.86,0.801)	WEIB(37.6,0.8917)
Tarde	WEIB(16.71,0.928)	WEIB(16.53,1.0225)
Mañana	WEIB(13.6,0.9055)	WEIB(13.336,1.00545)
Red MT		
Madrugada	WEIB(81.57,0.7508)	WEIB(111.024,0.6429)
Transición	WEIB(76.1,0.63576)	WEIB(135.067,0.6957)
Tarde	WEIB(27.69,0.6617)	WEIB(46.8,0.7676)
Mañana	WEIB(62.363,0.759)	WEIB(77.01,0.75)
Red Ampla		
Madrugada	WEIB(122.15,1.1023)	WEIB(171.244,1.13)
Transición	WEIB(63.537,0.886)	WEIB(95.5578,0.7895)
Tarde	WEIB(25.18,0.941)	WEIB(32.8357,0.916)
Mañana	WEIB(27.74,0.8734)	WEIB(41.864,0.873)
Servicios Extra		
Madrugada	WEIB(141.452,0.452)	WEIB(97.139,0.4513)
Transición	WEIB(525.231,0.822)	WEIB(358.883,0.6308)
Tarde	WEIB(346.56,0.4765)	WEIB(254.5147,0.615)
Mañana	WEIB(403.53,0.496)	WEIB(298.7651,0.631)
Sin Conclusión		
Madrugada	WEIB(65.11,0.6566)	WEIB(110.864,0.8315)
Transición	WEIB(36.77,0.704)	WEIB(48.111,0.71313)
Tarde	WEIB(18.73,0.792)	WEIB(23.844,0.9236)
Mañana	WEIB(20.365,0.8216)	WEIB(24.3761,0.922)

Niterói: Tiempo de desplazamiento			
Horario/Móvil	Leve	Pesado	Cesto
Peak	WEIB(39.85,1.77)	WEIB(39.85,1.77)	WEIB(39.85,1.77)
Valle	WEIB(30.96,1.596)	WEIB(30.96,1.596)	WEIB(30.96,1.596)
Bajo	WEIB(30.047,1.68)	WEIB(30.047,1.68)	WEIB(30.047,1.68)
Madrugada	WEIB(31.864,1.686)	WEIB(31.864,1.686)	WEIB(31.864,1.686)

San Gonzalo: Tiempo de desplazamiento			
Tiempo Traslado	Leve	Pesado	Cesto
Peak	WEIB(27.475,1.5456)	WEIB(27.475,1.5456)	WEIB(27.475,1.5456)
Valle	WEIB(24.362,1.5222)	WEIB(24.362,1.5222)	WEIB(24.362,1.5222)
Bajo	WEIB(25.3278,1.56)	WEIB(25.3278,1.56)	WEIB(25.3278,1.56)
Madrugada	WEIB(27.576,1.268)	WEIB(27.576,1.268)	WEIB(27.576,1.268)

Nivel de falla	Niterói: Tiempo de reparación
Servicios extra	WEIB(27.3,1.386)
Sin Conclusión	WEIB(20.479,1.44)
Domiciliario	WEIB(43.16,1.64)
BT	WEIB(59.49,1.37)
MT	WEIB(53.27,1.358)
Red Ampla	WEIB(47.156,1)

Nivel de falla	San Gonzalo: Tiempo de reparación
Servicios extra	WEIB(30.7135,1.23)
Sin Conclusión	WEIB(14.64,1.486)
Domiciliario	WEIB(30.959,1.61)
BT	WEIB(49.079,1.52)
MT	WEIB(41.327,1.518)
Red Ampla	WEIB(29.799,0.9622)

ANEXO F: Resultados de regresión para estimación de número de incidencias a partir de cantidad de clientes

Resumen		General			
<i>Estadísticas de la regresión</i>					
Coefficiente de correlación múltiple	0,978133232				
Coefficiente de determinación R ²	0,956744619				
R ² ajustado	0,918283081				
Error típico	7645,325238				
Observaciones	27				
ANÁLISIS DE VARIANZA					
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	33614075190	33614075190	575,0812877	8,99075E-19
Residuos	26	1519725948	58450997,99		
Total	27	35133801138			
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	
Intercepción	0	#N/A	#N/A	#N/A	
Cientes	0,114369546	0,004769203	23,98085252	2,93565E-19	

Ilustración 44: Resultados regresión para número de incidencias, caso general

Resumen		San Gonzalo			
<i>Estadísticas de la regresión</i>					
Coefficiente de correlación múltiple	0,998995517				
Coefficiente de determinación R ²	0,997992042				
R ² ajustado	0,497992042				
Error típico	2511,501834				
Observaciones	3				
ANÁLISIS DE VARIANZA					
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	6270027679	6270027679	994,0367914	0,020185212
Residuos	2	12615282,92	6307641,461		
Total	3	6282642962			
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	
Intercepción	0	#N/A	#N/A	#N/A	
Cientes	0,086562437	0,002745543	31,52834901	0,001004483	

Ilustración 45: Resultados regresión para número de incidencias, caso San Gonzalo

Resumen		Niterói			
<i>Estadísticas de la regresión</i>					
Coefficiente de correlación múltiple	0,999696666				
Coefficiente de determinación R ²	0,999393425				
R ² ajustado	0,499393425				
Error típico	925,3480354				
Observaciones	3				
ANÁLISIS DE VARIANZA					
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	2821577156	2821577156	3295,199523	0,011089075
Residuos	2	1712537,973	856268,9865		
Total	3	2823289694			
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	
Intercepción	0	#N/A	#N/A	#N/A	
Cientes	0,102922422	0,001792954	57,40382847	0,000303334	

Ilustración 46: Resultados regresión para número de incidencias, caso Niterói

ANEXO G: Relaciones estimadas para indicador DEC, TMA y compensaciones pagadas anuales

Resumen LN(ccDEC)					
<i>Estadísticas de la regresión</i>					
Coefficiente de correlación múltiple	0,997772093				
Coefficiente de determinación R ²	0,99554915				
R ² ajustado	0,990206326				
Error típico	0,711345322				
Observaciones	190				
ANÁLISIS DE VARIANZA					
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	21278,3777	10639,18885	21025,55933	8,2E-221
Residuos	188	95,13028751	0,506012168		
Total	190	21373,50799			
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	
Intercepción	0	#N/A	#N/A	#N/A	
LN(ccFEC)	0,791341503	0,032668307	24,22352329	1,02807E-59	
LN(TMA)	1,007914289	0,126805797	7,94848749	1,69796E-13	

Ilustración 47: Resultados regresión DEC

Resumen ln(Compensaciones)					
<i>Estadísticas de la regresión</i>					
Coefficiente de correlación múltiple	0,999981638				
Coefficiente de determinación R ²	0,999963277				
R ² ajustado	0,499963277				
Error típico	0,126286435				
Observaciones	3				
ANÁLISIS DE VARIANZA					
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	868,5458659	868,5458659	54460,21523	0,002727959
Residuos	2	0,031896527	0,015948264		
Total	3	868,5777624			
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	
Intercepción	0	#N/A	#N/A	#N/A	
ln(ccDEC)	0,957717584	0,00410391	233,3671254	1,83615E-05	

Ilustración 48: Resultados regresión de compensaciones pagadas a clientes