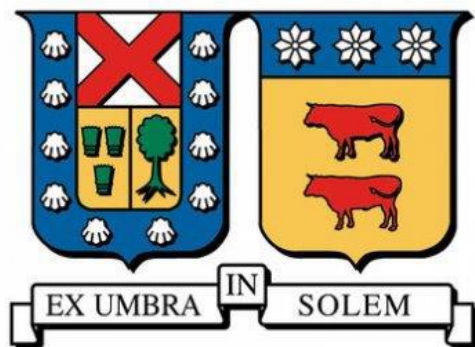




UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS

**ELECCIÓN DE NUEVOS MODELOS DE TRABAJO PARA EL
SERVICIO DE ATENCIÓN TÉCNICA EN UNA EMPRESA DE
TELECOMUNICACIONES**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

NICOLÁS IGNACIO GONZÁLEZ DÍAZ

PROFESOR GUÍA

SR. VÍCTOR M. ALBORNOZ S.

CORREFERENTE

SR. SALVADOR GARIB B.

SANTIAGO DE CHILE, 02 DE OCTUBRE, 2020

A mis dos viejas a quienes amo con todo el corazón, mi madre y mi abuela, el esfuerzo, sacrificio, dedicación, amor y comprensión entregado todos estos años dan buenos frutos. Sé lo especial que es para ustedes esto. Para ustedes Alejandra Díaz Vera y Myriam Cecilia Vera Araneda

A mi papá quien ha estado presente durante todo mi proceso de vida y apoyándome de diferentes formas. Para ti Patricio González Nova.

A mis hermanos Marcos, Felipe y Sofía, lo que aprendo de ustedes es impagable.

A mis amigos de la Villa Cervantes, sin duda un enorme apoyo que tengo a diario y con quienes puedo contar a toda hora. Amigos de la vida.

A mis amigos de colegio, con quienes hemos vivido una eternidad y siempre el fuego es inconmensurable. A ustedes Milk Team.

A mis amigos de la Universidad, con quienes compartimos muchas cosas buenas y malas, y caminamos juntos este largo camino llamado Universidad.

A todas y todos aquellos con que me he cruzado a lo largo de mi corta pero intensa vida, y me han dejado una experiencia o un consejo que sin duda fue, es y será enseñanza para ayer, hoy y el futuro.

A todos con los que actualmente sigo caminando. Los tiempos son perfectos y todo pasa por algo.

Y especialmente a ti tata, te fuiste de este mundo muy temprano, pero tu historia y legado siempre estarán presente. Te extraño. Para ti Miguel Vera Araneda.

El Sol de San Joaquín siempre brillará con orgullo a donde vaya.

Y listo, se acabó.

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo principal de este trabajo es proponer una solución óptima ante la problemática de elección de modelos de trabajo de una empresa de telecomunicaciones. Cada uno de estos modelos de trabajo posee características diferentes que los hace únicos, lo cual también conlleva a que se tengan diferencias en sus costos y calidad de servicio entregado. El modo de elección de estos modelos actualmente se hace uno a uno, analizando cada una de las distintas agencias y otorgando el modelo de trabajo que se cree es el óptimo, alcanzando así una solución óptima en la mayoría de los casos, pero de forma local o acotada.

Debido a lo anterior es que se propone un modelo de programación entera mixta con el fin de saber qué modelo de trabajo elegir en cada una de las distintas agencias con que trabaja la empresa, diferenciando entre los procesos de Instalación y Reparación. La elección de estos modelos de trabajo está sujeto a la minimización de costos totales de la empresa, buscando obtener un costo por debajo del propuesto actualmente. Además, debe cumplir con satisfacer un índice de calidad mínimo, es decir, la minimización del costo tiene un tope inferior entregado a partir del ISN (Indicador Satisfacción Cliente). Resolviendo lo anterior es posible obtener una solución óptima global, a diferencia de cómo se resuelve actualmente.

Dentro de los resultados que se obtienen, es posible disminuir los costos actuales en un máximo de 8,28% manteniendo el mismo indicador ISN. Al mismo tiempo que es posible disminuir estos costos en menor medida, pero entregando una pequeña variación en la calidad entregada. Un ejemplo de lo anterior es el escenario 4, que disminuye sus costos en 8,11% y aumenta su indicador ISN en un 0,02%.

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	2
INDICE DE FIGURAS	6
INDICE DE TABLAS.....	7
INDICE DE ECUACIONES	8
1. CAPÍTULO I: ANTECEDENTES GENERALES	10
1.1. Introducción	10
1.2. Problemas a abordar.....	12
1.3. Modelos de trabajo Telefónica	13
1.4. Objetivos	15
1.4.1. Objetivo General.....	15
1.4.2. Objetivos Específicos	15
1.5. Alcance	16
1.6. Organización de trabajo	16
2. CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	19
2.1. Antecedentes de empresa.....	19
2.1.1. Historia de Telefónica España	19
2.1.2. Propietarios	19
2.1.3. Historia de Telefónica Chile	21
2.2. Telecomunicaciones en Chile	22
2.2.1. Subtel	22
2.2.2. Televisión en Chile	23
2.2.3. Telefonía en Chile.....	25
2.2.4. Internet en Chile	26
2.2.5. Panorama de mercado actual	28

2.3.	Bases Teóricas	30
2.3.1.	Modelo de optimización	30
2.3.2.	Etapas de un modelo	30
2.3.3.	Tipos de modelos	33
3.	CAPÍTULO III: METODOLOGIA.....	37
3.1.	Definición del problema	37
3.2.	Formulación de un modelo matemático.....	38
3.2.1.	Conjuntos.....	38
3.2.2.	Parámetros	38
3.2.3.	Parámetros auxiliares.....	39
3.2.4.	Variables de Decisión	43
3.2.5.	Función Objetivo	43
3.2.6.	Restricciones del Problema.....	43
3.3.	Desarrollo de procedimiento basado en computadora	47
3.4.	Prueba del modelo y mejoramiento	48
4.	CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y RESULTADOS	49
4.1.	Interpretación y análisis	49
4.2.	Solución inicial	49
4.3.	Solución modelo propuesto	52
4.3.1.	Sin restricción	53
4.3.2.	Con restricción.....	54
4.4.	Análisis de costos.....	58
4.5.	Análisis de sensibilización.....	61
5.	CAPITULO V: CONCLUSIONES	63
6.	BIBLIOGRAFÍA	65

7.	ANEXOS.....	67
	Anexos A.....	67
	Anexos B.....	69
	Anexos C.....	70

INDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Análisis FODA para propuesta inicial de modelos	50
Figura 4.2.....	59
Figura 4.3.....	60
Figura 4.4.....	62

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Propietarios de Telefónica.....	20
Tabla 2.2. Participación mercado internet en Chile.....	29
Tabla 2.3. Participación mercado TV en Chile	29
Tabla 2.4. Participación mercado Telefonía en Chile	29
Tabla 3.1. Resumen de cálculo productividad para distintos modelos de trabajo.....	41
Tabla 3.2. Resumen de cálculo capacity para distintos modelos de trabajo.....	42
Tabla 4.1. Tabla resumen costos modelo de trabajo inicial.....	51
Tabla 4.2. Tabla resumen capacity modelo de trabajo inicial	51
Tabla 4.3. Tabla resumen costos modelo de trabajo inicial.....	53
Tabla 4.4. Tabla resumen capacity modelo de trabajo inicial	54
Tabla 4.5. Tabla resumen costos modelo de trabajo inicial.....	55
Tabla 4.6. Tabla resumen capacity modelo de trabajo inicial	55
Tabla 4.7. Tabla resumen costos modelo de trabajo inicial.....	56
Tabla 4.8. Tabla resumen capacity modelo de trabajo inicial	56
Tabla 4.9. Tabla resumen costos modelo de trabajo inicial.....	57
Tabla 4.10. Tabla resumen capacity modelo de trabajo inicial	58
Tabla 4.11. Tabla resumen 5 escenarios.....	58
Tabla 4.12. Tabla resumen de variación respecto escenario 1	59
Tabla 4.12. Resumen de sensibilización indicador de calidad ISN.....	61
Tabla 7.1. Nombre de agencias respecto a subíndice i.....	67
Tabla 7.2. Nombre de modelos respecto a subíndice j	68
Tabla 7.3. Nombre de agencias modelos respecto a subíndice k	68
Tabla 7.4. Fórmula de costos para cada modelo.....	69
Tabla 7.5. Elección de modelos de trabajos para Escenario Inicial	70
Tabla 7.6. Elección de modelos de trabajos para Escenario 2.....	71
Tabla 7.7. Elección de modelos de trabajos para Escenario 3.....	72
Tabla 7.8. Elección de modelos de trabajos para Escenario 4.....	73
Tabla 7.9. Elección de modelos de trabajos para Escenario 5.....	74

INDICE DE ECUACIONES

[3.1]	39
[3.2]	40
[3.3]	40
[3.4]	40
[3.5]	40
[3.6]	41
[3.7]	41
[3.8]	41
[3.9]	41
[3.10]	41
[3.11]	41
[3.12]	41
[3.13]	42
[3.14]	43
[3.20]	43
[3.21]	44
[3.22]	44
[3.23]	44
[3.24]	44
[3.25]	44
[3.26]	44
[3.27]	45
[3.28]	45
[3.29]	45
[3.30]	45
[3.31]	45
[3.15]	46
[3.16]	46
[3.17]	47
[3.18]	47

[3.19]	47
[4.1]	54
[4.2]	54
[4.3]	54
[4.4]	54
[4.5]	55
[4.6]	57
[4.7]	57

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Introducción

El objetivo natural de toda empresa, ya sea pública o privada, es crecer; y es en función de este objetivo fundamental que surgen preguntas que requieren de atención estratégica, operacional y analítica para llevar a cabo un proceso exitoso de crecimiento, ya sea exponencial o mantenido en el tiempo (Díaz de Santos S.A., 1998).

La Compañía de Teléfonos de Chile (CTC) tiene su origen en el siglo XIX en la ciudad de Valparaíso, en donde surge como una necesidad de comunicar distintos puntos del país de una forma más eficiente a como se venía haciendo en esos tiempos. Pero con el pasar de los años, esta tuvo que ir implementando nuevas tecnologías acorde al ritmo de avance de las necesidades de los distintos usuarios. Por la razón anterior y para no extinguirse, es adquirida por Telefónica S.A. en 1990, una empresa multinacional con más de 96 años de vida.

Actualmente, Telefónica Chile S.A. es conocida bajo la marca comercial Movistar. Ofrece servicios de televisión, telefonía móvil y fija, internet, entre otros servicios que hacen que llegue a un total de 10 millones de clientes en gran parte del territorio chileno, con una cobertura desde Arica a Punta Arenas, combinando sus distintos servicios con tecnología de cobre y fibra óptica.

Debido al gran volumen de clientes que se maneja y a la amplia cobertura que se posee, es qué es muy difícil decidir a qué sector (de ahora en adelante *Agencias*) incorporar cierta tecnología, con el fin de entregar un buen servicio al cliente y, a la vez, obtener los mejores costos para la empresa. Hoy en día, estas elecciones son hechas bajo distintos criterios cada vez que se desea incorporar un nuevo contratista a cada agencia, no se sigue un patrón común y pocas veces queda el registro en forma de dato de que fue lo que se hizo para la elección de un modelo de contratista.

Por otro lado, las altas exigencias del mercado actual y la evolución en el comportamiento de los usuarios y clientes hacen que se planteen nuevos modelos de negocios y de planes para llegar de una forma más cercana a ellos. Se diferencia entre un usuario normal de uno *influencer*, o de los corporativos, o de los de alta rotación, entre otros. Además,

las herramientas actuales permiten saber cuál es el volumen de clientes actuales y futuros, con el fin de suplir de cierta forma esa demanda no satisfecha gracias a la diversificación de la parrilla de modelos de trabajo.

Es por lo anterior que Telefónica requiere urgentemente buscar un sistema que satisfaga todas sus necesidades, el dejar registro de elección de distintos modelos de trabajo, además de entregar una solución óptima global y no local como se hace actualmente. Para lo anterior, se plantea el desarrollo de un modelo de programación entera, con el fin de minimizar costos en primera instancia, pero sin dejar de lado la calidad y servicio que se le entrega a los distintos clientes. Del mismo modo, este modelo de resolución puede ser replicable para años futuros y su aplicación resultará de una manera más fácil y rápida. Esto, ya que todo se encontrará detallado, registrado y resuelto, pero siempre dejando espacio para las holguras que las distintas necesidades futuras puedan presentar.

El modelo de resolución actual contempla 39 agencias, 2 procesos de trabajo *Instala* y *Repara*, y 5 modelos de trabajo posibles a implementar en las distintas agencias. Lo anterior no restringe que a futuro puedan ser más las agencias o modelos a evaluar.

1.2. Problemas a abordar

En la actualidad, el creciente uso de conectividad Wifi está generando problemas de saturación de frecuencias y servicio con el consiguiente reporte de fallas y averías por parte de los clientes. Lo anterior conlleva a que exista una alta demanda para la ejecución del nuevo estándar de telecomunicaciones, con una construcción e implementación de la fibra óptica, que representa un avance revolucionario en términos de velocidades de datos, latencia, conectividad masiva, confiabilidad de la red y disminución en las distintas tasas de falla.

En un mundo globalizado y con una velocidad de avance cada vez mayor es necesario mejorar constantemente la conexión entre distintos puntos, aumentar la velocidad de transmisión de datos, disminuir fallas y optimizar los distintos protocolos existentes. Lo anterior sin dejar de lado la calidad de servicio entregada y la atención diferencial centrada en cada cliente.

Por otro lado, el optimizar el uso de recursos como lo son la cantidad de personas contratadas o la elección de un modelo optimo por parte de las empresas de Telecomunicaciones, es una tarea que siempre está presente en los distintos eslabones de esta. En el presente caso en particular se desea optimizar los costos del área de Atención técnica Cliente (AtC), por lo cual, sumado a la atención diferencial que se le quiere entregar a los distintos tipos de clientes, define el problema que se aborda en la presente memoria.

¿Por qué cambiar? Se presenta una oportunidad histórica actualmente, ya que, si bien ha disminuido un 22% la actividad en la compañía, un 90% de las zonas ya cuentan con la prefactibilidad de instalación de fibra óptica, mercado en donde se tiene un mayor nivel de calidad e implementación que la compañía rival.

Además, en el año 2021 se vuelven a negociar con las distintas agencias contratistas, de las cuales depende el trabajo final con el cliente.

Se identifican los principales clientes, diferenciándolos en distintos tipos de modelos de trabajo los cuales irán variando respecto a su proyección, participación, tasas de avería, despliegue, parque instalado, costos, indicadores de calidad, entre otros, evaluando en cada punto sus fortalezas y debilidades, y esbozando los principales retos a futuro. A continuación, se presentan los distintos modelos de trabajo de Telefónica.

1.3. Modelos de trabajo Telefónica

A continuación, se definen los 5 modelos de trabajo que se desean implementar en Telefónica para los años 2020-2022, que es el periodo de tiempo a analizar durante en desarrollo de la presente memoria. Aclarar que actualmente se trabaja con modelos del tipo **Bucle** y del tipo **Propios**, implementando así 3 nuevos tipos de modelos de trabajo:

1. **Modelo Bucle:** 5 empresas contratistas (tipo A) están a cargo de la operación de instala y repara de telefónica, además de 4 empresas contratistas (tipo B) que están a cargo del desborde. Un desborde ocurre cuando una de las 5 empresas tipo A no son capaces de cubrir las labores de un sector, es entonces cuando se recurre a una de las 4 empresas del tipo B, manteniendo así un correcto flujo de las labores a realizar.

Características:

- ✓ No existe la diferenciación entre el tipo de cliente, es decir, se atiende a todos por igual.
- ✓ Las actividades por realizar no incluyen mantenimiento preventivo o reactivo, sino que solo reactivo, o a la falla.
- ✓ Actualmente se paga por la cantidad de instalaciones que se hacen.

2. **Modelo Propios:** es la misma empresa Telefónica la encargada de llevar a cabo las tareas a realizar bajo este modelo, de ahí su nombre propio.

Se diferencia del modelo bucle debido a que está encargado de mantener la calidad de la red de Fibra Óptica a través de políticas de mantención preventivo proactivos.

Características:

- ✓ Atención en distintas zonas a las cuales el Bucle no llega, como lo son zonas de bajo despliegue y zonas extremas del país.
- ✓ Se promueve además la incorporación de mujeres a trabajar como Técnicas de Atención Cliente.
- ✓ Proyectos de eficiencia, buscando no aumentar los costos globales.
- ✓ Todo lo anterior busca frenar las malas prácticas por complejidad y el bajo incentivo que actualmente sucede en la actividad de reparar.

3. **Modelo Priority:** nuevo modelo el cual estará a cargo de una nueva empresa contratista (tipo C) la cual se enfocará en clientes de alto valor como lo son las agencias de Apoquino en una primera etapa, con extensión al corto plazo a las agencias de Providencia y Antofagasta.

Características:

- ✓ 1 supervisor por cada 10 técnicos, siendo esta cantidad menor a la de los modelos Bucle y Propio.
- ✓ Tiempo de instalación no superior a 48 horas y servicio técnico no superior a 24 horas.
- ✓ Especial foco en calidad, ya que se cuenta con 2 Técnicos por vehículo.
- ✓ Monitoreo 30 días de la visita, descuento en pago por segunda visita, a modo de multar por la mala resolución de problemas en la primera visita.

4. **Modelo GOAS:** nuevo modelo enfocado solamente a atenciones complejas y que sean diferenciadoras de las demás, como lo pueden ser altos ejecutivos, influencer, grandes cargos de gobierno, formadores de opinión, entre otros.

Características:

- ✓ Confidencialidad y compromiso con el cliente, entregando una solución integral
- ✓ Atención de calidad de excelencia, pudiendo generar ingresos por servicio, al tratarse de un pequeño segmento de gente que influye sobre la gran mayoría.
- ✓ Flexibilidad horaria
- ✓ A diferencia del modelo Priority, este modelo está destinado a personas en específico y no a grupos de personas, como lo puede ser una agencia como Apoquindo que agrupa miles de personas.

5. **Modelo Carterizado:** nuevo modelo enfocado en la atención E2E, es decir, una metodología de trabajo que permite la optimización de todos los departamentos, procesos y recursos, evitando sobrecostos o las estructuras y gastos innecesarios, así como las deficiencias totales o parciales que pueda haber en ciertos sistemas. (Davis, 2010). Esta atención E2E cuenta con un equipo dedicado a los proyectos

inmobiliarios en un modelo de alta rotación de clientes. A modo de ejemplo se puede mencionar los edificios de Estación Central conocidos como guetos verticales, los cuales constan de departamentos entre 17 y 40 metros cuadrados, en donde un ejemplo de 42 pisos puede albergar 1.131 departamentos. (Trejo, 2019).

Características:

- ✓ Reutilización de equipos necesarios para el funcionamiento de los servicios prestados por Telefónica (decodificadores y módems).
- ✓ Fijación o anclado de equipos en aquellos edificios de mayor rotación, lo cual implica un costo de instalación \$0, además de utilizar los mismos módems y decodificadores.
- ✓ Auto instalación en aquellos domicilios donde no hay fijación, pero si una instalación reciente, o presencia de pelo de Fibra Óptica para reactivar servicio o auto instalar según corresponda.
- ✓ El retiro de equipos y materiales se hacen en sucursal o tienda, entregando el costo de transporte de equipos al cliente.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Formular y resolver un modelo de optimización en apoyo a la toma de decisiones para abordar un problema de elección de modelos de trabajo de distintos procesos para cada una de las agencias bajo las cuales trabaja Telefónica en Chile, mediante el uso de herramientas de investigación de operaciones.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar la mejora de opciones de modelos de trabajo entregados en un principio, buscando una solución óptima global, y no local como se tiene actualmente.
- Identificar las áreas relacionadas directamente con estos modelos de trabajo, con el fin de obtener feedback y agregar/quitar variables de interés.
- Calcular los costos finales por agencia y los costos globales de la compañía en Chile a partir del capacity entregado por las nuevas opciones de modelos de trabajo.

- Validar las alternativas de modelos de trabajo propuestos a partir de la data anterior, para estimar el capacity, costo total e ISN (indicador de satisfacción del cliente) en distintos escenarios.
- Sensibilizar el modelo para estimar los puntos de inflexión que posee el problema.
- Desarrollar una herramienta de uso rápido y fácil para posteriores análisis de modelos.

1.5. Alcance

El presente trabajo consiste en el desarrollo de distintos modelos de trabajo previamente asignados y definidos con distintos objetivos que los caracteriza a cada uno. Es por lo mismo que en una primera instancia se desarrolla un procedimiento de alcance descriptivo, ya que se centra en caracterizar y precisar de buena forma los distintos modelos de trabajo que se implementarán en las distintas agencias que posee Telefónica en Chile. Además, se describe el tipo de modelaje actual, con el fin de identificar las áreas críticas que están generando que la solución alcanzada sea local y no global.

Posteriormente, el trabajo adopta un alcance exploratorio, ya que el modelo de programación entera mixta se desarrollará a partir de las necesidades y restricciones específicas de la empresa, utilizando sus propios datos e información, por lo cual se desprende que el modelo generado no es posible de replicar, ya que depende exclusivamente de la sinergia y composición entre las necesidades, estrategias e inputs de Telefónica. Sin embargo, el área donde se desarrolla el problema -gerencia de operaciones- permite que el presente modelo sea adaptable al área de operaciones de otras empresas u organizaciones, sirviendo como parámetro base para posteriores estudios y/o análisis.

1.6. Organización de trabajo

El presente trabajo de investigación y desarrollo tiene varios tópicos debidamente ordenados para que su lectura, análisis y comprensión sea fácil. En primera instancia se presenta el *Marco Teórico* en donde se describen antecedentes de la empresa, un breve resumen sobre Telefónica y de cómo esta compañía multinacional aterriza en Chile, y cómo en paralelo se va desarrollando la industria chilena de telefonía, televisión e internet. Se presenta también una lectura breve, pero precisa del panorama del mercado actual, para

conocer el espacio – tiempo donde se encuentra ubicado todo el análisis desarrollado posteriormente.

A continuación, se presentan los distintos modelos de trabajos que posee y que desea implementar Telefónica, a fin de saber cómo se comporta, que entrega y cuáles son las principales ventajas y desventajas de cada uno, y que la diferencia del resto. Además, se hace un primer acercamiento al costo que se requiere para implementar cada modelo.

El marco teórico finaliza con las bases teóricas de lo que son los modelos de optimización, sus distintos tipos y etapas, con el fin de que el lector pueda entender de una mejor manera, o al menos tenga conocimiento de lo que se va a presentar en el capítulo siguiente llamado *Metodología*.

En *Metodología* en principio se define el problema a resolver para posteriormente describir el paso a paso de cómo se obtienen los distintos parámetros, el uso de parámetros auxiliares para hacer más fácil la comprensión del modelo y también se describe que significa cada parámetro auxiliar. Además, se definen las variables de decisión y las auxiliares, siguiendo la misma lógica que para los parámetros auxiliares, ya que sin estas la comprensión del modelo se hace muy compleja.

La función objetivo y restricciones del problema también son parte de este tópico, finalizando con el desarrollo del procedimiento en el computador y señalando las distintas características que posee el último y como se pueden abordar distintos mejoramientos.

A continuación, se encuentra el capítulo de *Análisis y Resultados* en el cual se detallan las características de los distintos escenarios realizados y las diferencias que tiene cada uno con los demás, para así finalmente realizar un análisis de costos que muestra cuál es el escenario óptimo a partir de costos, indicador ISN y precio punto de este último, que es uno de los objetivos a cumplir.

También se realiza un análisis de sensibilización para ver cómo se comporta el escenario elegido en cuanto a costos e ISN óptimo al variar en pequeños porcentajes la restricción de ISN mínimo.

Finalmente, se muestran las *Conclusiones* obtenidas a partir de todo el trabajo de investigación, desarrollo y análisis expuesto en los capítulos anteriores, además de mostrar posibles mejoras al modelo y como abordar problemas similares en el futuro.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de empresa

2.1.1. Historia de Telefónica España

La multinacional española Telefónica S.A. se fundó en Madrid el 19 de abril de 1924, con la denominación de Compañía Telefónica Nacional de España (CTNE). Tenía como domicilio social la avenida de Conde de Peñalver (actual Gran Vía), número 5, en Madrid, y un capital de un millón de pesetas, representado por 2000 acciones ordinarias de 500 pesetas de valor nominal. A precio actual lo anterior tiene un equivalente de 6.010,12 euros, lo cual da mención del enorme avance del valor del dinero en el tiempo.

En el año 1945 es el Estado Español quien adquiere, por ley, una participación en la empresa del 79,6%. Pero entrada la década de los 60 Telefónica emitió millones de acciones que adquirieron millones de españoles pasando a tratarse de una compañía estatal, pero con la participación de pequeños accionistas. (Calvo, 2010)

Esta capitalización intensiva, la entrada del capital americano, acompañada de su tecnología y el crecimiento del mercado interior, posibilitó que Telefónica diera un salto en su estrategia empresarial que le abriría la posibilidad en los años 90 de adquirir el rango de empresa multinacional al iniciar un proceso expansivo de instalación en mercados externos, fundamentalmente en Latinoamérica, mediante la adquisición de empresas de telecomunicaciones. Es en el año 1990 cuando pasa a llamarse Telefónica S.A.

Actualmente Telefónica está presente en más de veinte países de Europa y América y con su actividad genera 1,2 millones de puestos de trabajo, una aportación fiscal de 10.000 millones de euros al año y un impacto en el PIB de más de 53.000 millones de euros en los países donde opera a noviembre de 2019.

En Chile, Telefónica opera bajo el nombre comercial de Movistar desde octubre del 2009, ofreciendo productos móviles, fijos, banda ancha y televisión.

2.1.2. Propietarios

Telefónica es una de las mayores compañías de telecomunicaciones del mundo por capitalización bursátil y número de clientes, con presencia en Europa e Iberoamérica. Dado

lo anterior se reconocen como accionistas mayoritarios a quienes poseen más del 3% de participación, los cuales actualmente corresponden a 4 grandes grupos:

Tabla 2.1. Propietarios de Telefónica

Nombre o denominación social del accionista	% Participación
BBVA	6,961%
CaixaBank, S.A.	5,019%
Blackrock, Inc.	5,001%
Norges Bank	3,024%

Fuente: elaboración propia

- **BBVA:** es un banco español con sede social en Bilbao, presidido por Carlos Torres Vila. Es una de las mayores entidades financieras del mundo y está presente principalmente en España, México, América del Sur, Estados Unidos y Turquía. Cotiza en la Bolsa de Madrid (BBVA) y forma parte del IBEX 35 así como del Dow Jones EURO STOXX 50. Actualmente es el segundo banco español en el mundo.
- **CaixaBank:** es un banco español con sede operativa en Barcelona y sede social en Valencia.¹ Fue fundado en Barcelona en 2011, por la Caja de Ahorros y Pensiones de Barcelona (La Caixa), la cual aportó los activos y pasivos del negocio bancario de la misma. Cotiza en la Bolsa de Madrid (CABK) y forma parte del índice IBEX 35. Actualmente, es la primera entidad financiera en el mercado español.
- **Blackrock:** es una empresa de gestión de inversiones estadounidense cuya sede central se encuentra en Nueva York. La empresa es considerada como la mayor empresa de gestión de activos del mundo, además es uno de los grupos financieros más influyentes en Wall Street y Washington.
- **Norges Bank:** es el banco central de Noruega. Además de contar con las responsabilidades tradicionales de los bancos centrales como la emisión de moneda (corona noruega), la estabilidad financiera y la estabilidad de precios, administra el Government Pension Fund of Norway, un fondo soberano de inversión de los más grandes del mundo.

La compañía desde el año 2016 está presidida por José María Álvarez-Pallete, con Isidre Fainé Casas, José María Abril Pérez y José Javier Echenique Landiribar como vicepresidentes. El Consejo está integrado por doce miembros, siendo Ángel Vilá Boix el consejero delegado. (Comisión Nacional del Mercado de Valores España, 2020)

2.1.3. Historia de Telefónica Chile

Telefónica Chile S.A es una empresa de telecomunicaciones chilena, que encuentra sus orígenes en la extinta Compañía de Teléfonos de Chile -CTC-. El origen de esta se remonta al siglo XIX en la ciudad de Valparaíso, tratándose generalmente de una empresa multinacional o asociada a capitales externos. La excepción es el período entre 1971, año en el que la empresa fue intervenida para su nacionalización y 1987, cuando se dio su privatización.

En 1927 International Telephone & Telegraph (ITT) adquirió la Chile Telephone Company que tenía 26.205 teléfonos en operación en aquella época. En 1931, se funda la Compañía de Teléfonos de Chile, creada como una sociedad anónima llamada Compañía de Teléfonos de Chile S.A. En 1971, el gobierno chileno intervino para controlar la gestión de la Compañía y en 1974, la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) del gobierno de Chile adquirió el 80 % del total de las acciones emitidas por la entonces Compañía de Teléfonos de Chile (CTC), en poder de ITT.

El proceso de reprivatización de la compañía se inició en agosto de 1987, año en que la empresa australiana Bond Corporation adquirió en una oferta pública el 30 % de las acciones. Más tarde, mediante un aporte de capital y algunas compras adicionales, Bond Corporation Chile S.A. quedó con aproximadamente el 50 % del capital emitido y en circulación de la compañía. En abril de 1990, Telefónica de España (historia vista en el punto 2.1.1.) pasó a ser accionista mayoritario y ese mismo año la CTC se convierte en la primera empresa chilena en colocar American Depositary Receipts (ADRs) en la Bolsa de Nueva York. En 1991 la empresa cambió su nombre a Compañía de Telecomunicaciones de Chile, manteniendo sus siglas CTC. Uno de sus mayores hitos se encuentra en la completa digitalización de la red de telefonía fija a lo largo de todo Chile en 1993.

Desde octubre de 2009 en Chile, Telefónica, anteriormente llamada CTC, pasa a denominarse Movistar. Las empresas que conforman el grupo Telefónica en Chile ofrecen

Servicios móviles, fijos, banda ancha y televisión compartiendo desde ahora una única marca comercial para todos sus segmentos, productos y servicios, pero sus razones sociales siguen siendo diferentes; el cambio de marca comercial no implica una fusión institucional. (Donoso Rojas, 2000)

2.2. Telecomunicaciones en Chile

2.2.1. Subtel

La Subsecretaría de Telecomunicaciones (SUBTEL) es un organismo dependiente del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Su trabajo está orientado a coordinar, promover, fomentar y desarrollar las telecomunicaciones en Chile, transformando a este sector en motor para el desarrollo económico y social del país.

Tiene como principales funciones proponer las políticas nacionales en materias de telecomunicaciones, de acuerdo con las directrices del Gobierno, ejercer la dirección y control de su puesta en práctica, supervisar a las empresas públicas y privadas del sector en el país, controlando el cumplimiento de las leyes, reglamentos y normas pertinentes.

Se crea se crea a través del Decreto N.º 1.762 del año 1977, como un organismo dependiente del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Posteriormente, con el Decreto Supremo N.º 423 del 05 de octubre de 1978, se aprueba la “Política Nacional de Telecomunicaciones” que contiene los lineamientos en materia de telecomunicaciones, las que rigen al Ministerio, servicios, instituciones y empresas dependientes o relacionadas con el Estado.

El 2 de octubre de 1982 se dictó la Ley N ° 18.168, Ley General de Telecomunicaciones, la cual permitió desregular el sector de telecomunicaciones, impulsar la entrada de nuevas empresas y promover la competencia.

Esta Ley estableció una completa separación entre las funciones de regulación y las funciones operativas. Dentro de las diversas modificaciones introducidas a este cuerpo legal, se cuentan el Decreto con fuerza de Ley N°1, de 21 de febrero de 1987, que incorporó el actual título V denominado “de las Tarifas”; las leyes 19.277 y 19.302, de 20 de enero y 10 de marzo de 1994, que establecieron el procedimiento para el otorgamiento de las

concesiones de radiodifusión sonora o de libre recepción y la operación del sistema multiportador, respectivamente.

Por otra parte, mediante la modificación introducida por la ley N°19.724, de 11 de marzo del 2001, se modificaron las disposiciones referidas al Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones, posibilitándose la existencia de subsidios directos del Estado a los distintos servicios de telecomunicaciones que se instalen en las áreas rurales y urbanas de bajos ingresos, especialmente respecto de localidades ubicadas en zonas geográficas extremas o aisladas.

Dentro de la misión institucional destaca el hecho de que los chilenos están en el centro de su acción. Es por eso por lo que se promueve el acceso de todos los chilenos a los servicios de telecomunicaciones en igualdad de condiciones, que es un paso clave para la reducción de la brecha digital, generando mayor competencia entre los distintos actores del mercado, lo que finalmente se traduce en la prestación de servicios de alta calidad.

Asimismo, su visión es que al 2022 Chile deberá enfrentar con éxito los desafíos que impone la revolución digital, con ciudadanos más y mejor conectados. El despliegue de fibra óptica en las capitales regionales, través del proyecto Fibra Óptica Austral, y de la red móvil 5G serán claves para lograr ese objetivo. En la región, el país se convertirá en la puerta digital de acceso, a través del cable Asia-Latam, que conectará ese continente con Sudamérica a través de Chile. Se aumentará la competencia, sentando las bases de un mercado atractivo para las empresas, y fomentando de esta manera la inversión en el país. Con lo anterior se defienden los derechos de los usuarios y se minimiza la brecha digital existente en el país. (Subsecretaría de Telecomunicaciones, 2018).

2.2.2. Televisión en Chile

La primera transmisión televisiva en Chile dio a luz un 5 de octubre de 1957, cuando la inauguración de los pabellones de laboratorios y salas de clases para las Escuelas de Biología y Química, Matemáticas y Física, y Electrónica en la Casa Central de la Universidad Católica de Valparaíso, fue emitida en vivo y en directo para gran parte del plan de la ciudad-puerto. Para entonces, Chile se transformaba en el penúltimo país de América en contar con televisión, dos décadas después que Estados Unidos y una década más tarde que Argentina. Incluso estas primeras transmisiones se realizaron sin autorización legal, siendo el general

Carlos Ibáñez del Campo el primero en legislar en torno al asunto, a sólo siete días del término de su segundo gobierno. En efecto, el decreto N°7039 del 28 de octubre de 1958 es “el único reglamento orgánico que establece normas y requisitos para la concesión de frecuencias, instalación y funcionamiento de estaciones de televisión en Chile hasta 1970” (Hurtado, 1989).

Algunas de las razones por la que Chile fue el penúltimo país americano en tener televisión, tienen directa relación con las barreras impuestas por parte de los gobiernos de turno. En su libro “Historia de la TV en Chile”, María de la Luz Hurtado destaca dos principales causas:

- La existencia de una política económica de carácter proteccionista, implantada por los gobiernos radicales de Pedro Aguirre Cerda, Juan Antonio Ríos y Gabriel González Videla, que dificultaba el levantamiento de canales por parte de empresarios extranjeros.
- La negativa del recién asumido presidente Jorge Alessandri Rodríguez de introducir la televisión privada, puesto que ubicaba a la TV al nivel de bienes de consumo superfluos en un contexto de avanzada crisis económica.

La era de la televisión digital HD comienza en 2009 en Canal 13. Esta normativa permite interactividad, mayor calidad de imagen y sonido, y más canales de televisión.

A modo de hitos importantes para la televisión chilena se menciona:

- El auge de la televisión o masificación comienza en 1962, con el Mundial de Fútbol. Con esto se deja de lado la televisión educativa, aunque todos los canales eran estatales.
- El 1 de febrero de 1969 iniciarían las transmisiones en Arica, Antofagasta y Punta Arenas y el 18 de septiembre se inaugura el canal 7 de Santiago incluyendo la cobertura desde Valparaíso a Temuco. El 24 de octubre de ese año se concreta y se inician finalmente las transmisiones regulares abarcando 20 de las 25 provincias existentes en Chile. No fue hasta agosto de 1970 cuando se alcanza la cobertura total del territorio nacional,

expandiéndose desde Valdivia a Castro. Nace Televisión Nacional de Chile (TVN).

- La llegada de la televisión a color a Chile ocurre en el año 1974, con la participación de TVN quien importa la televisión a color desde Francia. Sin embargo, al no existir una normativa se declara ilegal hasta 1980 con la transmisión de la última etapa del festival de Viña del Mar. Recordar que en el año 1971 TVN se queda con la licitación por 20 años de este famoso festival internacional, hasta el año 1991.
- En el año 1989 se realiza el primer debate presidencial de la historia, entre Patricio Aylwin y Hernán Büchi en Canal 13. Termina el período militar.

2.2.3. Telefonía en Chile

Como primer antecedente de comunicación a distancia en Chile se tiene a don Bernardo O'Higgins quien enviaba misivas por medio de un trozo de papel escrito a mano, el cual pasaba a través de un mensajero, que se desplazaba a pie o en el mejor de los casos a caballo. ¿El problema? Lo lento que significa enviar una carta de Santiago hacia Coquimbo, por ejemplo. Pero, de todas formas, ese fiel trozo de papel era bastante confiable. No obstante, con los avances en materia de transporte, la tradicional carta hecha a manos aún es una forma clásica y poco usual de comunicarse.

Posterior a eso, no fue hasta el año 1851 con la polémica llegada del telégrafo al país, que se logró implementar un sistema que permitía comunicar a la gente a distancia de una forma mucho más rápida. En un principio fue polémica su implementación debido a que, como consecuencia de éste, se dejaría mucha gente sin empleo en el servicio de correo tradicional. Algo similar sucede en la actualidad con la cada vez más rápida implementación de máquinas o tareas que antes requerían de un humano y actualmente lo realiza un computador de forma automática, minimizando costos y tiempos.

El funcionamiento del telégrafo consistía en el uso de un cableado similar al que se encuentra en la actual telefonía fija, para el cual se requería de dos aparatos, uno emisor que enviaba impulsos eléctricos y otro dispositivo receptor, capaz de imprimir por medio de un punzón, en una cinta de papel los puntos y guiones que después era interpretado en palabras. Cabe destacar que el telégrafo utiliza el código morse como lenguaje de interpretación.

Para el año 1876, Alexander Graham Bell patentó el teléfono y luego de 3 años llega a Chile, específicamente a Valparaíso, el primer dispositivo pionero en su especie. Recalcar que llega a Valparaíso debido a que los primeros usuarios de telefonía eran empresarios que tenían sus oficinas en el puerto y necesitaban estar comunicados con Santiago. Ya en la primera década del siglo XX se registran cuatro teléfonos en servicio por cada mil habitantes, número que hacia 1930 aumenta a 10 aparatos por igual número de residentes. Debido a este crecimiento, la expansión también se ve reflejada en los principales centros urbanos del país, acentuándose en gran parte hacia el extremo norte por la riqueza salitrera.

En el año 1930 se crea la Compañía Telefónica de Chile -CTC-, para la gestión y el desarrollo de la telefonía en Chile. Esta tiene como misión regular las relaciones entre el estado y los privados que hasta ese momento tenían el control del servicio. Con el nacimiento de CTC, se inicia una época donde la comunicación telefónica se transforma en un elemento no sólo involucrado a necesidades del trabajo, sino que se convierte en parte de la vida en el hogar.

Empieza una etapa de gran actividad por parte de esta empresa en que se modernizan y amplían las instalaciones ya existentes. Entre los años 1930 y 1960 hay una explosión en la demanda del servicio telefónico, ya que este crece en un 300%.

A principios de los años 60, la compañía tendría cambios que irían de la mano de los procesos sociales que vive el país. De la intervención estatal realizada durante el gobierno de la Unidad Popular -UP-, la CTC permanecerá bajo la tutela estatal hasta su privatización en el año 1985. En este último tramo del proceso de privatización se sentarán las bases para la empresa que actualmente se conoce como Telefónica.

2.2.4. Internet en Chile

El sistema de comunicación en red, conocido en un principio como ARPANET y luego Internet nació en 1969 en el Ejército norteamericano como necesidad que tenía el Ejército de Estados Unidos para mantenerse operativo ante un eventual ataque del enemigo durante la llamada "Guerra Fría" (1947-1991), que es el período de tensión geopolítica y militar que hubo entre los dos grandes bloques mundiales, liderados por Estados Unidos y la extinta Unión Soviética. La red de comunicaciones del Ejército norteamericano era muy

centralizada, por lo que cualquier fallo en alguno de sus sistemas podía bloquear por completo toda la red y dejar a Estados Unidos vulnerable ante cualquier ataque.

Fue a finales de la década de los 80 cuando llegó a tierras chilenas en el momento en que el primer "correo electrónico" se envió desde el Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Chile al Departamento de Ingeniería en Informática de la Universidad de Santiago de Chile, a través de una plataforma UUCP (Unix to Unix Copy Program). Para esto se emplearon dos módems de 300 bits por segundo de velocidad, dos máquinas towers y una línea telefónica. El ancho de banda era muy pequeño y el correo demoró mucho tiempo en llegar.

El gran salto se dio en 1987, cuando el Dr. Florencio Utreras (Universidad de Chile) conectó al país con BITNET, que era una red académica de la City University de Nueva York y la Universidad de Yale. Posteriormente esta conexión pasó a llamarse Red Universitaria Nacional (REUNA). Por esta razón, a Florencio Utreras se le conoce como el "padre del Internet" en Chile.

Durante la década de los 90 la lucha entre la Universidad de Chile y la Universidad Católica de Chile por la supremacía tecnológica con el Internet se parecía a la competencia que hubo entre Estados Unidos y la Unión Soviética en los comienzos de la carrera espacial. Cada una de estas universidades hizo su respectiva conexión por Internet con Estados Unidos a una velocidad de 64 Kbps, el mensaje "daba la vuelta" por la nación norteamericana y volvía a Chile. Piquer recuerda que no fue una buena decisión que en el país hubiese dos enlaces de 64 Kbps en vez de tener uno de 128 Kbps, lo que dejó a Chile por detrás de otros países que tomaron la delantera con una sola conexión más rápida a Internet, de acuerdo con las políticas de la National Science Foundation: "Un País, Una Conexión (One Country, One Link)". Posteriormente, la lucha entre universidades pasó al plano comercial. La entonces CTC (Compañía de Teléfonos de Chile) adquirió la tecnología de la Universidad de Chile y luego CTC fue comprada por Telefónica Chile S.S.A. (Movistar Chile) hasta la actualidad, mientras que la tecnología de la Universidad Católica de Chile pasó por varios dueños privados hasta llegar hoy a ser Telmex.

En el año 2000, cuando el mundo entraba en el Tercer Milenio, apenas el 16,6% de la población chilena tenía acceso a Internet, lo cual era un porcentaje muy bajo en

comparación con el avance de otros países latinoamericanos como México, Brasil, Argentina, Uruguay y Costa Rica. Afortunadamente, las políticas estatales en materia tecnológica dieron sus frutos y apenas 7 años después Chile logró alcanzar un nivel de penetración de Internet en la población del 43,2%, esto significa un aumento del 300% con respecto al inicio del milenio.

Hasta antes de la pandemia, más del 60% de los hogares de Chile tiene acceso a Internet, siendo el cuarto país de habla hispana de LATAM en lograr esta posición (por detrás de Costa Rica, Argentina y Uruguay). Dicho porcentaje es superior al promedio de América Latina y el Caribe, que es de 45,5%.

En cuanto a la conectividad 4G en el país, la Subsecretaría de Telecomunicaciones (Subtel) afirmó que Chile es Líder en conectividad digital en América Latina, y eso quedó demostrado cuando en marzo de 2018 (Pulso, 2018) se alcanzaron los 12 millones de conexiones 4G, lo que representó el 71% total de accesos a Internet móvil. Además, la Subtel puntualiza que este mismo año se disparó la conexión 4G y se preparan para ofrecer 15 millones de conexiones 5G con miras al año 2021, una hazaña que hasta ahora pocos países en el mundo han logrado.

Como se puede observar, Chile es una muestra del gran salto al Internet en tan poco tiempo. A pesar de sus inicios tardíos, el país logró despegar rápidamente y hoy es referencia mundial en acceso y uso del Internet.

2.2.5. Panorama de mercado actual

En el año 2019 Sebastián Piñera presentó el proyecto Matriz Digital, una iniciativa con metas a 2022 que se concentra en tres ejes: infraestructura, derechos de ciudadanos digitales y desarrollo digital.

El plan contempla el seguimiento y desarrollo de proyectos ya avanzados como lo son la *fibra óptica Austral*, la reducción de tarifas móviles y la eliminación de cargos extras por Roaming con Argentina, Brasil y Perú. Asimismo, el regulador Subtel trabaja en una definición que convenza a la industria y permita redistribuir el espectro de una forma más equitativa, con el fin de preparar la licitación de espectro para 5G y así apalancar el desarrollo de la nueva tecnología móvil en Chile.

En las siguientes tablas se muestra la participación de mercado del periodo comprendido entre 2015 y 2019 para los distintos servicios prestados por distintas operadoras y compañías de telecomunicaciones presentes en Chile.

Tabla 2.2. Participación mercado internet en Chile

Operador	2015	2016	2017	2018	2019
Claro	11,64%	12,59%	13,70%	13,97%	13,68%
Entel	1,26%	1,28%	1,20%	1,55%	4,80%
Grupo GTD	8,58%	8,76%	8,60%	8,32%	7,90%
Telefónica	38,34%	36,46%	34,37%	32,05%	29,15%
VTR	37,07%	37,27%	37,96%	38,99%	38,02%
Otros	3,11%	3,63%	4,19%	5,12%	6,45%

Fuente: elaboración propia

Tabla 2.3. Participación mercado TV en Chile

Operador	2015	2016	2017	2018	2019
Claro	15,64%	14,09%	12,58%	11,99%	11,95%
Entel	3,06%	3,78%	4,20%	4,45%	4,87%
Grupo GTD	0,88%	0,98%	0,99%	0,97%	0,97%
Telefónica	21,48%	21,46%	20,59%	20,15%	17,78%
VTR	35,06%	34,48%	32,91%	32,34%	33,06%
Direct TV	17,32%	18,32%	19,16%	20,26%	20,76%

Fuente: elaboración propia

Tabla 2.4. Participación mercado Telefonía en Chile

Operador	2015	2016	2017	2018	2019
Claro	7,61%	8,11%	8,49%	8,83%	9,55%
Entel	14,89%	17,49%	17,87%	17,39%	17,36%
Grupo GTD	10,23%	10,26%	10,44%	10,98%	11,39%
Telefónica	44,46%	42,14%	41,22%	40,98%	39,73%
VTR	20,68%	20,05%	20,01%	19,87%	20,01%
Otros	2,14%	1,96%	1,97%	1,94%	1,96%

Fuente: elaboración propia

2.3. Bases Teóricas

2.3.1. Modelo de optimización

La investigación de operaciones utiliza una metodología sencilla para acercarse a la solución de problemas que requieren de optimización. Tal metodología puede expresarse como sigue:

- Identificación del problema que requiere de la investigación de operaciones y recopilación de información.
- Planteamiento del modelo matemático.
- Solución del problema matemático y ajustes al mismo.
- Implementación de la mejor solución.

La optimización está vinculada con la minimización o maximización de una función de una o más variables, cuyos valores se encuentran sujeto a restricciones en términos de ecuaciones y/o desigualdades, para así finalmente encontrar una solución factible en donde todas las restricciones se satisfacen.

Una de las principales características de los distintos modelos de optimización es obtener y analizar distintos tipos de datos, para posterior a eso desarrollarlos y probar modelos matemáticos con los cuales se proponen soluciones o recomendaciones para tomar la mejor decisión del problema que se está atacando, implementando así acciones de mejora.

Por lo anterior es cada vez más frecuente el uso de los modelos matemáticos dentro de las empresas a modo de obtener ayuda y respaldo en la toma de decisiones, debido a que existe un mayor conocimiento respecto a este tipo de disciplina. A lo anterior se le suma que la complejidad de los problemas que se intentan resolver día a día es cada vez mayor, lo que va de la mano con el continuo desarrollo de tecnologías cada vez más complejas y con la aparición de muchos softwares disponibles para poder desarrollar y ejecutar este tipo de modelos.

2.3.2. Etapas de un modelo

Las etapas asociadas al desarrollo de un modelo optimización, sin importar la naturaleza del problema, se puede resumir en las siguientes fases más usuales encontradas en la literatura (Hillier & Lieberman, 1998):

1. **Definición del problema y recolección de datos:** lo primero que hay que hacer en cualquier problema de optimización es que se tiene que definir de una forma correcta el sistema de estudio a analizar, es decir, determinar de forma correcta los objetivos principales y secundarios, las restricciones sobre lo que es posible obtener data y analizar, límites de costos, límites de tiempo, acciones a tomar, entre otros. Es una fase crucial, bajo la cual se sustentará todo el modelo de optimización, por lo cual una mala formulación llevará a obtener conclusiones erróneas y/o que no resuelven el problema real.

Una vez que se define el problema es necesario recolectar los datos asociados para comprender la esencia del problema y así agrupar todos los recursos necesarios para la formulación matemática que es lo que se desarrollará en la siguiente etapa.

2. **Formulación de modelo matemático:** luego de ya tener definido el problema y haber empezado con la recolección de datos viene la etapa de sintetizar y/o abstraer lo más importante del problema para llevar a cabo un análisis de una forma más conveniente. Lo anterior se basa en plantear una formulación matemática que logre captar la gran mayoría del problema.

Esta formulación matemática está compuesta por un sistema de ecuaciones, expresiones matemáticas relacionadas y un número definido de restricciones.

Visto de una manera más formal, el modelo matemático está compuesto por:

- ✓ Parámetros: son las constantes o coeficientes que acompañan a las variables de decisión en la función objetivo y restricciones.
- ✓ Variables de decisiones: son el número de decisiones cuantificables relacionadas entre sí que deben tomarse para dar solución al problema planteado. A estas variables se les debe determinar sus respectivos valores, los cuales van variando entre cada iteración del problema.
- ✓ Función objetivo: es una expresión matemática la cual se maximiza o se minimiza. Es la medida de desempeño adecuada que se expresa como una función matemática de las variables de decisión.
- ✓ Restricciones del problema: limitaciones matemáticas que se puedan imponer a las variables de decisión en forma de ecuaciones o desigualdades

para que se permita cumplir todos los objetivos planteados en la definición del problema.

En conclusión, la formulación de un modelo matemático consta de definir un modelo capaz de ir iterando los valores que deben tomar las variables de decisión para maximizar o minimizar la función objetivo, dada las restricciones que se le impongan al problema.

3. **Desarrollo de un procedimiento computacional:** una vez esté formulado el modelo matemático a optimizar se debe de desarrollar y así obtener una solución. Existen muchos métodos de desarrollo, pero siempre el más rápido y eficaz es desarrollarlo por medio de un computador, dada la capacidad que estos poseen de desarrollar procesos iterativos y repetitivos de una forma mucho más veloz que haciéndolo un humano en papel.

Esta etapa es la más importante, sin embargo, es la más sencilla, ya que solo consiste en la formulación del algoritmo en una computadora por medio del uso de los softwares disponibles. Dentro de los softwares que permiten ejecutar modelos de optimización se encuentra Solver de Microsoft Excel, AMPL, Julia, Atom, Matlab, Lingo, TORA, entre otros (Taha, 2012).

4. **Prueba de modelo (Verificación, validación y refinamiento):** si bien la etapa anterior es la más importante dentro de todos los pasos descritos, es la prueba de modelo una de las etapas más vitales para el correcto desarrollo del modelo.

- ✓ **Verificación:** de errores u omisiones obvias y examinación del modelo para así compararlo con la formulación teórica de este, asegurando así que la dimensión de las variables utilizadas sea congruente y eliminar todo tipo de error en la codificación del algoritmo.
- ✓ **Validación:** en esta etapa se va probando y mejorando el modelo, restricciones y parámetros hasta lograr como resultado un modelo con la menor cantidad de fallas posibles.

Si bien es inevitable obtener un modelo perfecto, lo importante es tener la capacidad y poder identificar la mayor cantidad de fallas en concordancia a los objetivos planteados, y es por eso que en esta etapa se va probando con

distintos datos históricos para reconstruir el pasado y verificar si los resultados y la solución que se obtiene va acorde a los objetivos planteados.

- ✓ **Refinamiento:** para probar que el modelo funciona y resuelve de forma adecuada el problema se requiere de un refinamiento, es decir, hacer mejoras en los parámetros, restricciones o en la forma en que se plantean las ecuaciones de función objetivo y/o restricciones, en beneficio de encontrar un modelo final más eficaz, con una menor cantidad de fallas, menores tiempos de ejecución y dando solución lo más cercana y certera a los objetivos planteados en el punto 1.

5. **Interpretación y análisis de resultados:** esta etapa tiene relación con entregar una solución al problema planteado de acuerdo a los resultados obtenidos. Se pretende conocer el comportamiento del modelo a partir de un análisis de sensibilidad a los parámetros de entrada para analizar diferentes escenarios que pueden llevar a tomar distintas decisiones. Es en esta etapa donde se encuentran los distintos puntos de inflexión y donde finalmente se decide cual es la mejor solución.
6. **Implementación:** la última etapa hace referencia a todo lo requerido para poder desarrollar el modelo y garantizar su difusión en la práctica. Se requiere de documentación concisa y clara que especifique procedimientos, encargados, codificación y especificaciones técnicas y funcionales que permitan el modelo planteado se pueda desarrollar en plenitud.

2.3.3. Tipos de modelos

La naturaleza de los problemas de optimización se puede distinguir en dos grandes grupos (Albornoz, Gestión de Investigación de Operaciones, 2017): Determinística y Estocástica. En la optimización determinista tradicional, se supone que los parámetros del problema son conocidos con certeza. En optimización estocástica se relaja esta condición. No se conocen sus valores, pero se tiene sus distribuciones de probabilidad o se supone que estas son discretas con un número finito de estados posibles.

2.3.3.1. Determinística

Su consigna es que las buenas decisiones se basan en los buenos resultados a partir de una forma libre de riesgo, lo cual quiere decir que es posible obtener el mismo resultado bajo las mismas condiciones iniciales. La relación causa-efecto se conoce en su totalidad y la teoría de probabilidades no es necesaria para su elaboración. Este tipo de modelo también es conocido como *Modelos de Programación Matemática*. Dentro de su naturaleza se pueden clasificar en tres tipos (Albornoz, Seminario de Operaciones, 2018):

- **Programación Lineal:** su naturaleza lineal proviene de todas las funciones matemáticas del modelo las cuales deben ser funciones lineales, es decir, una función polinómica de primer grado, cuyo dominio son números reales. Este tipo de problemas son los más utilizados, debido a la facilidad y rapidez para encontrar una solución.
- **Programación Entera:** este modelo es una consecuencia del modelo de programación lineal, con la restricción que todas o una parte de sus variables toman valores enteros. Cuando todos los valores de decisión toman valores enteros, se conoce como Programación Entera Pura. En cambio, cuando sólo algunas variables toman valores enteros, se conoce como Programación Entera Mixta. Otro tipo de modelos en variable entera corresponde a los casos en donde se debe responder la respuesta de tipo sí o no. En este tipo de casos las variables toman valores binarios de 0 o 1 y se les conocen como **problemas enteros binarios**.
- **Programación No Lineal:** modelos en donde la función objetivo y/o restricciones son funciones no lineales de las variables de decisión. Una función no lineal es cualquiera que no posea las características de una función lineal.

Existen 4 supuestos básicos que definen un problema de programación lineal (Rehman, 2001):

- **Proporcionalidad:** las cantidades de insumos consumidas (o aportadas) por cada actividad son siempre proporcionales al nivel de actividad. En otros términos, los niveles de utilización de los recursos por unidad de actividad se suponen constantes. Si por ejemplo para producir 1 ha de trigo se necesitan 25 horas de

trabajo, \$ 250 para abonos y \$ 30 para combustible, entonces producir 10 has exigirá 250 horas, \$ 2.500 de abonos y \$ 300 de combustibles.

- **Aditividad:** estipula que la contribución total de todas las variables en la función objetivo y sus requerimientos en las restricciones sean la suma directa de las contribuciones o requerimientos individuales de cada variable.
- **Divisibilidad:** las variables de decisión pueden tomar cualquier valor, incluso valores no enteros, que satisfagan restricciones funcionales y la no negatividad. En consecuencia, las variables no están restringidas solo a valores enteros. Como cada variable de decisión representa el nivel de alguna actividad, se supondrá que las actividades se pueden realizar a niveles fraccionales.
- **Certidumbre:** se suponen ciertos los datos utilizados. Las actividades incluidas en el modelo son todas las posibles y los datos utilizados son lo que se darán en la realidad.

Por otra parte, la complejidad para solucionar un modelo de programación entera en comparación a un modelo de programación lineal radica en que en la programación lineal existen algoritmos que convergen a una solución óptima usualmente en un número de iteraciones que no crece exponencialmente con el tamaño del problema, en cambio en la programación entera la convergencia es más lenta, debido a las variables enteras, por lo que el requerimiento de tiempo para hallar una solución óptima puede ser excesivo (Niño, 2003).

Dentro de las problemáticas presentes al momento de resolver este tipo de problemas destacan el hecho de que las variables que se usan son números enteros, se utilizan variables binarias (0 o 1) para representar el cumplimiento o no de ciertas condiciones, o la aparición de variables enteras para facilitar la modelización de algunas condiciones.

2.3.3.2. Estocástica

Su consigna se basa en la incertidumbre presente en el problema, en donde el sistema funciona principalmente por el azar y no existe una relación causa-efecto que pueda explicar el fenómeno en cuestión, por lo cual las probabilidades toman un rol preponderante. Es importante mencionar que existe una gran cantidad de modelos estocásticos, sin embargo, se mencionaran 2 de los principales modelos planteados en la literatura:

- **Programación Estocástica:** resolución de problemas de programación matemática en lo que algunos o todos los parámetros son variables aleatorias (Prékopa, 1995). Este tipo de programación estudia la resolución de problemas de programación matemática en que ciertos parámetros son desconocidos, pero se conoce la distribución de probabilidad asociada a ellos. Son el resultado de la representación de una situación real mediante un modelo en la que hemos de tomar una decisión. Su objetivo es encontrar un mecanismo factible que maximice la expectativa de las funciones y variables de decisión aleatorias en función de todas las posibles instancias de datos.

CAPÍTULO III: METODOLOGIA

3.1. Definición del problema

El problema a resolver se divide en dos partes. La primera es **minimizar** los costos globales de operación que resulta de implementar distintos tipos de modelos de trabajo en las 39 agencias con las que trabaja Telefónica en Chile. Estos modelos de trabajo se distinguen en procesos *Instala* y *Repara*, de tal forma que su naturaleza permite mezclar entre ellos distintos modelos de trabajo, es decir, puede existir un modelo tipo Bucle en Instala y un modelo tipo Priority en Repara para la misma agencia, decisión que se ve amarrada por los costes y parámetros que se deseen.

La segunda parte a resolver del problema es obtener un ISN global como tope mínimo, el cual es un indicador de satisfacción del cliente. Este indicador está calculado a partir de la cantidad de instalaciones y reparaciones que se realizan mensualmente en las distintas agencias, además de considerar un ISN base anual el cual se pondera para los distintos modelos Bucle, Propio y Priority. La fórmula se describe con más profundidad en el apartado 3.2.6., ecuación [3.27].

A medida que el ISN es mayor se incurren en mayores gastos, pero una buena mezcla y una resolución adecuada al problema hace que se alcance un ISN global mucho mejor al actual incurriendo en menores costos.

Para finalizar se irá sensibilizando el modelo de optimización propuesto para encontrar la mejor alternativa de modelos de trabajo, con el mejor ISN posible y tomando en consideración los costos.

A continuación, se detallan algunas consideraciones y objetivos:

- Minimizar costos globales.
- Maximizar ISN global.
- Encontrar una solución que mezcle un costo mínimo y maximice el rendimiento de ISN.
- Evaluar valor por punto ISN.
- Modelos de trabajo asignados a ciertas agencias, como lo es el caso de GOAS y Carterizado. Lo anterior indica que en ciertas agencias el porcentaje de técnicos

pertenecientes al modelo GOAS y Carterizado está previamente asignado, por lo cual se deberá partir con esos modelos de trabajo como base.

- Cada modelo tiene su modo de cobrar, es por esta razón que la función objetivo tomará su valor dependiendo del modelo de trabajo que arroje la solución óptima.

3.2. Formulación de un modelo matemático

Teniendo presente los objetivos y cuál es el problema a revolver, se procede a formular el problema de forma conveniente, a partir de la modelación matemática que represente la esencia del problema, detallando sus conjuntos, parámetros, variables de decisión, función objetivo y restricciones.

3.2.1. Conjuntos

- I : conjunto de agencias, con $i = \{1, \dots, 39\}$
- J : conjunto de macro modelos de trabajo a evaluar, con $j = \{1, 2, 3\}$
- K : conjunto de micro modelos de trabajo no variables, con $k = \{1, 2\}$

Los distintos índices i, j, k están detallados en Anexos A.

3.2.2. Parámetros

- $IV_{i,k}$: participación de agencia i , en modelo k , por proceso Instala
- $RV_{i,k}$: participación de agencia i , en modelo k , por proceso Repara
- D_i : despliegues de instalaciones disponibles de agencia i
- T_i : porcentaje de captación de despliegue de agencia i
- FCD : factor de corrección de despliegue
- W_i : cantidad de instalaciones promedio mensuales de agencia i , en año 2019
- P_i : parque instalado de agencia i , en año 2019
- H_i : tasa de avería de agencia i
- GI_i : productividad global de modelo Bucle de agencia i , en año 2019, por proceso Instala
- GR_i : productividad global de modelo Bucle de agencia i , en año 2019, por proceso Repara
- FGJ_j : factor de corrección de productividad global de modelo j

- FGK_k : factor de corrección de productividad global de modelo k
- SMA_i : SMA de cada agencia i, en año 2019
- K_i : facturación de cada agencia i, en año 2019
- L_i : cantidad de accesos actuales de cada agencia i, en año 2019
- Q : costos de técnicos propios, en año 2019
- S : costos de técnicos GOAS, en año 2019
- U : costos de técnicos Carterizado, en año 2019
- FP : coeficiente de corrección técnicos propios
- FB : coeficiente de corrección técnicos Priority
- FG : coeficiente de corrección técnicos GOAS
- $M_{i,j}$: indicador ISN de agencia i, según modelo j, en año 2019, por proceso Instala
- $N_{i,j}$: indicador ISN de agencia i, según modelo j, en año 2019, por proceso Repara
- ISN_0 : indicador ISN mínimo a alcanzar en el óptimo

3.2.3. Parámetros auxiliares

A continuación, se definen los parámetros auxiliares que sirven para explicar de una mejor manera el comportamiento y el método de cobro con el cual trabaja cada modelo, en las distintas agencias i, diferenciando entre sus procesos de Instala y Repara.

Si bien se podrían haber mostrado los parámetros como un conjunto único, sin la subdivisión de parámetros auxiliares, lo anterior es necesario para saber sobre qué es lo que se construye el modelo, y también analizar al detalle cada componente de la formulación y él porque es muy importante ser cauteloso al momento de modelar y obtener buenos resultados para una organización.

Dentro de los parámetros auxiliares se encuentran:

- **Cantidad de instalaciones mensuales**

$$A_i = \frac{D_i * T_i * FCD}{12} \quad [3.1]$$

La ecuación [3.1] está compuesta por la multiplicación de los parámetros de despliegues de instalaciones, el porcentaje de captación take de despliegue y un factor de corrección. Lo anterior se divide en 12, debido a que la multiplicación anterior entrega la cantidad de instalaciones anuales, y al dividirse por 12 arroja un promedio de instalaciones mensual.

- **Cantidad de reparaciones mensuales**

$$B_i = P_i * H_i \quad [3.2]$$

La ecuación [3.2] está compuesta por la multiplicación de los parámetros de parque instalado y la tasa de avería por agencia. El parque instalado por agencia corresponde al promedio mensual del año 2020, tomándolo como una medida fija debido a su alta confiabilidad. Sin embargo, la tasa de avería por agencia varía de año a año, ya que son varios los factores que influyen en su determinación. Esta tasa de avería de agencia es obtenida gracias al previo análisis de otra área de la compañía, entregando los datos del 2021 y 2022, que son los años que se necesita obtener una resolución.

- **Productividad**

$$E_i = GI_i * 21 \quad [3.3]$$

$$F_i = GR_i * 21 \quad [3.4]$$

Se define productividad como la cantidad de instalaciones y reparaciones mensuales que puede realizar un técnico.

La ecuación [3.3] y [3.4] muestra la productividad de los procesos Instala y Repara bajo el modelo Bucle, respectivamente. Se puede observar que el parámetro de productividad diaria de Instala y repara se multiplica por 21, ya que es el número de días efectivamente trabajados durante un mes promedio, dando, así como resultado la productividad mensual de cada proceso.

A continuación, se muestra como varía esta productividad dependiendo del modelo que se desea analizar, diferenciando siempre entre modelo instala y repara:

$$E_i * FG_j \quad [3.5]$$

$$E_i * FGK_k \quad [3.6]$$

$$F_i * FGJ_j \quad [3.7]$$

$$F_i * FGK_k \quad [3.8]$$

Como se observa en [3.5] y [3.6], estas expresiones corresponden a la productividad de los procesos instala, agregándose ahora el factor de corrección correspondiente a si este es un modelo tipo j o tipo k . Este factor fluctúa entre 0 y 1, ya que solamente corrige las productividades del modelo Bucle. Al corregir estas productividades se encuentra que un modelo puede realizar a lo más la misma cantidad de instalaciones que en el modelo Bucle, ya que operativamente este es el mejor modelo, aunque sus costos sean más elevadores que el Carterizado, por ejemplo.

Lo anterior también aplica para [3.7] y [3.8], solo que en este caso corresponden al proceso de Repara.

Tabla 3.1. Resumen de cálculo productividad para distintos modelos de trabajo

Modelo/Proceso	Instala	Repara
Modelos tipo j	$E_i * FGJ_j$	$F_i * FGJ_j$
Modelos tipo k	$E_i * FGK_k$	$F_i * FGK_k$

Fuente: elaboración propia

- **Participación**

$$\left(1 - \sum_{k=1}^2 IV_{i,k}\right) * A_i \quad [3.9]$$

$$IV_{i,k} * A_i \quad [3.10]$$

$$\left(1 - \sum_{k=1}^2 RV_{i,k}\right) * B_i \quad [3.11]$$

$$RV_{i,k} * B_i \quad [3.12]$$

Como se observa en [3.9], [3.10], [3.11] y [3.12] la participación es asignada al tipo de modelo Bucle, Propio o Priority que se active con la variable de decisión I_{ij} o R_{ij} .

Es importante recalcar que las ecuaciones [3.9] y [3.10], son para el proceso de Instala, pero se ven diferenciadas debido a que la primera es para los modelos de trabajo tipo j y la segunda es para los modelos de trabajo tipo k . Como se mencionó anteriormente, los modelos tipo k tienen una participación dentro de la agencia i dada como parámetro, por lo cual no corresponde a una variable de decisión.

De la misma forma, las ecuaciones [3.11] y [3.12] son para el proceso de Reparar, diferenciándose entre a que la primera es para los modelos tipo j y la segunda para los modelos tipo k .

- **Capacity**

$$\frac{\text{participacion}}{\text{productividad}} \quad [3.13]$$

La expresión Capacity está definida como la cantidad de trabajadores que se tiene por modelo, j y k , por cada agencia i . Si bien esta cantidad de trabajadores sigue una misma fórmula, la cual está expresada [3.13] está condicionada por muchos parámetros distintos entre sí, tal como se señala en los puntos anteriores. A continuación, se definen los Capacity para cada uno de los distintos modelos de trabajo, diferenciando entre Instala y Repara.

Tabla 3.2. Resumen de cálculo capacity para distintos modelos de trabajo

Modelo/Proceso	Instala	Repara
Modelos tipo j	$\frac{(1 - \sum_{k=1}^2 IV_{i,k}) * A_i}{E_i * FGJ_j}$	$\frac{(1 - \sum_{k=1}^2 RV_{i,k}) * B_i}{F_i * FGJ_j}$
Modelos tipo k	$\frac{IV_{i,k} * A_i}{E_i * FGK_k}$	$\frac{RV_{i,k} * B_i}{F_i * FGK_k}$

Fuente: elaboración propia

3.2.4. Variables de Decisión

- I_{ij} : variable binaria que toma el valor de 1 si se asigna el modelo j a la agencia i y 0 si no es asignado. Solo para trabajos Instala.
- R_{ij} : variable binaria que toma el valor de 1 si se asigna el modelo j a la agencia i y 0 si no es asignado. Solo para trabajos Repara.

3.2.5. Función Objetivo

$$\min \sum_{i=1}^{39} [CIT_i + CRT_i] \quad [3.14]$$

La función objetivo representa la **minimización de los costos totales**, tomando en consideración los distintos modos de cálculo para cada tipo de modelo y la activación o no de su variable binaria correspondiente. Las sumatorias están detalladas en las ecuaciones [3.15], [3.16], [3.17], [3.18], [3.19] y [3.20] para proceso Instala, y [3.21], [3.22], [3.23], [3.24], [3.25] y [3.26] para proceso Repara, y no se muestran expresamente en la ecuación [3.14] debido a que sería bastante complejo de entender a simple vista.

A modo de resumen, lo que representa la ecuación [3.14] es la sumatoria por cada agencia i de los distintos costos que representa en su totalidad el proceso Instala y Repara, diferenciando en cada uno los distintos tipos de cálculo de costos, además de marcar la diferencia entre los modelos *fijos* y los modelos *variables*. Estos últimos son los que se eligen con la activación o no de las variables binarias I_{ij} y R_{ij} , siendo su elección única para cada agencia i dentro de cada proceso Instala y Repara.

3.2.6. Restricciones del Problema

- **Costos de Instala Total**

$$CIT_i = (1 - \sum_{k=1}^2 IV_{i,k}) * \sum_{j=1}^3 CIJ_{i,j} + \sum_{k=1}^2 CIK_{i,k} \quad [3.15]$$

Los Costos de Instala Total corresponden a la diferencia de la suma de participación de los modelos de trabajo k para cada agencia i multiplicado por la sumatoria de los costos

de modelos de trabajo j . A lo anterior se suma el resultado de la sumatoria de los costos de modelos de trabajo k , por proceso instala.

Como se observa en las ecuaciones [3.16], [3.17], [3.18], [3.19] y [3.20] cada modelo j y modelo k tiene su propio modo de cobrar, de tal forma que no es posible agrupar a todos los modelos de trabajo j y modelos de trabajo k en un mismo grupo, respectivamente. Además, la inclusión de la variable binaria I_{ij} en los modelos j hace que este cobro por modelo se active solamente si esta variable toma el valor de 1 en la resolución del problema por agencias, razón por la cual en el caso de elegir un modelo $j = a$, automáticamente se descartan los otros dos modelos $j \neq a$.

Lo anterior da reflejo de que en cada agencia puede haber solamente 1 modelo del tipo j , pero si pueden coexistir los dos modelos del tipo k , y es por esa razón que el problema se plantea de forma que diferencia entre ambos tipos de modelos de trabajo macro y micro.

A continuación, se muestran las distintas ecuaciones de cobros que existen por cada uno de los distintos modelos de trabajo, para procesos Instala.

$$CIJ_{i,1} = I_{i,1} * A_i * \frac{K_i}{W_i} \quad [3.16]$$

$$CIJ_{i,2} = \frac{I_{i,2} * A_i}{E_i * FGJ_2} * Q * (1 + FP) \quad [3.17]$$

$$CIJ_{i,3} = I_{i,3} * A_i * \frac{K_i}{W_i} * FB \quad [3.18]$$

$$CIK_{i,1} = \frac{IV_{i,1} * A_i}{E_i * FGK_1} * S * (1 + FG) \quad [3.19]$$

$$CIK_{i,2} = \frac{IV_{i,2} * A_i}{E_i * FGK_2} * U \quad [3.20]$$

- **Costos de Repara Total**

$$CRT_i = (1 - \sum_{k=1}^2 RV_{i,k}) * \sum_{j=1}^3 CRJ_{i,j} + \sum_{k=1}^2 CRK_{i,k} \quad [3.21]$$

Los Costos de Repara Total corresponden a la diferencia de la suma de participación de los modelos k para cada agencia i multiplicado por la sumatoria de los costos de modelos j . A lo anterior se suma el resultado de la sumatoria de los costos de modelos k , por proceso repara.

Al igual como sucede con los Costos de Instala Total, se observa en las ecuaciones [3.22], [3.23], [3.24], [3.25] y [3.26] que cada modelo j y modelo k tiene su propio modo de cobrar, de tal forma que no es posible agrupar a todos los modelos j y modelos k en un mismo grupo, respectivamente. Además, la inclusión de la variable binaria R_{ij} en los modelos j hace que este cobro por modelo se active solamente si esta variable toma el valor de 1 en la resolución del problema por agencias, razón por la cual en el caso de elegir un modelo $j = a$ automáticamente se descartan los otros dos modelos $j \neq a$.

Nuevamente, lo anterior da reflejo de que en cada agencia i puede haber solamente 1 modelo del tipo j , pero si pueden coexistir los dos modelos del tipo k , y es por esa razón que el problema se plantea de forma que diferencia entre ambos tipos de modelos macro y micro.

A continuación, se muestran las distintas ecuaciones de cobros que existen por cada uno de los distintos modelos de trabajo, para procesos Repara.

$$CRJ_{i,1} = \mathbf{R}_{i,1} * SMA_i \quad [3.22]$$

$$CRJ_{i,2} = \frac{\mathbf{R}_{i,2} * B_i}{F_i * FGJ_2} * Q * (1 + FP) \quad [3.23]$$

$$CRJ_{i,3} = \mathbf{R}_{i,3} * SMA_i * \frac{P_i}{L_i} * FB \quad [3.24]$$

$$CRK_{i,1} = \frac{RV_{i,1} * B_i}{F_i * FGK_1} * S * (1 + FG) \quad [3.25]$$

$$CRK_{i,2} = \frac{RV_{i,2} * B_i}{F_i * FGK_2} * U \quad [3.26]$$

En ANEXOS es posible encontrar la Tabla 7.4 que da cuenta de una forma más clara las diferentes formas de cobrar por cada modelo j y k , en cada proceso Instala y Repara.

- **ISN mínimo a alcanzar**

$$\frac{\sum_{i=1}^{39} [\sum_{j=1}^3 I_{ij} * M_{ij}] * A_i}{\sum_{i=1}^{39} A_i} + \frac{\sum_{i=1}^{39} [\sum_{j=1}^3 R_{ij} * N_{ij}] * B_i}{\sum_{i=1}^{39} B_i} \geq ISN_0 \quad [3.27]$$

La restricción [3.27] representa el Indicador de Satisfacción del Cliente (ISN) tomando en consideración las agencias i en las cuales se opera y el modelo j elegido por cada una de las 39 agencias i . La elección o no elección, recordar que son variables binarias I_{ij} de un modelo para una agencia i es multiplicado por su indicador ISN correspondiente M_{ij} . El resultado de esta suma producto es multiplicado por la cantidad de instalaciones A_i para luego ponderarle a cada agencia su peso correspondiente. Lo anterior se logra dividiendo la suma de este producto por la suma total de instalaciones que se hicieron durante el año en análisis.

Lo anterior se repite pero para el proceso de Reparación, cambiando I_{ij} por R_{ij} , M_{ij} por N_{ij} y A_i por B_i , de tal forma que resultado de la multiplicación entre R_{ij} y N_{ij} se multiplica ahora por la cantidad de reparaciones B_i , para así ponderarle a cada agencia el peso correspondiente.

Finalmente, ISN_0 se multiplica por 2 para así obtener un promedio de ambas operaciones anteriormente descritas.

- **Elección de solo un modelo en proceso instala**

$$\sum_{j=1}^3 I_{ij} = 1 \quad \forall i = \{1, \dots, 39\} \quad [3.28]$$

La restricción número [3.30]; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** precisa que el modelo de optimización debe elegir solamente un modelo j de los 3 posibles: Bucle, Propio o Priority. Esto lo debe hacer por cada agencia i . Lo anterior para proceso Instala.

- **Elección de solo un modelo en proceso Repara**

$$\sum_{j=1}^3 R_{ij} = 1 \quad \forall i = \{1, \dots, 39\} \quad [3.29]$$

La restricción número [3.29] precisa que el modelo de optimización debe elegir solamente un modelo j de los 3 posibles: Bucle, Propio o Priority. Esto lo debe hacer por cada agencia i. Lo anterior para proceso Repara.

- **Valor variable binaria, proceso Instala**

$$I_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i = \{1, \dots, 39\}, \forall j = \{1, 2, 3\} \quad [3.30]$$

La restricción número [3.30] representa que la variable I_{ij} toma el valor de 1 cuando elige un modelo j para la agencia i y 0 cuando no lo hace.

- **Valor variable binaria, proceso Repara**

$$R_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i = \{1, \dots, 39\}, \forall j = \{1, 2, 3\} \quad [3.31]$$

La restricción número [3.31] representan que la variable R_{ij} toma el valor de 1 cuando elige un modelo j para la agencia i y 0 cuando no lo hace.

3.3. Desarrollo de procedimiento basado en computadora

Para la resolución del modelo de optimización propuesto se contempla el empleo de un software de optimización entera. Este mecanismo de resolución del algoritmo influye notoriamente en los tiempos que se gastan para obtener la solución al problema,

Dentro de las especificaciones técnicas del equipo en donde se lleva a cabo la ejecución del software son:

- Fabricante: HP
- Modelo: Envy 15
- Procesador: AMD A10-5750M APU with Radeon™ HD Graphics 2.50 GHz
- Memoria RAM: 4 GB
- Windows 10 Home Single Language
- Sistema operativo de 64 bits, procesador x64

El software elegido es Open Solver 2.9.0 Linear Win, que se ejecuta como un complemento en Microsoft Excel. Es necesario utilizar este complemento ya que el modelo planteado posee más de 200 restricciones y más de 100 variables de decisión, que es el límite que posee la versión básica del Solver de Microsoft Excel.

Dentro de los tiempos de resolución empleados por el software varía entre 30 y 40 segundos, lo cual da cuenta de la gran cantidad de datos que debe analizar y lo complejo del problema, debido a la cantidad de agencias que hay y los distintos modelos que es posible elegir. El modelo de optimización contempla 234 variables de decisión y 313 restricciones que se van evaluando agencia por agencia.

3.4. Prueba del modelo y mejoramiento

Para probar que el modelo planteado en 3.2.5 funciona de forma óptima es necesario en primera instancia revisar y eliminar posibles errores en la codificación. Lo anterior implica que el modelo realice a cabalidad lo modelado, es decir, se realiza una verificación del proceso a partir de un método de prueba y error.

A continuación, se procede a realizar la validación del modelo, siendo la manera más fácil y eficiente el comparar el modelo con situaciones reales. Para esto se considera la parrilla de modelos del año 2019, los cuales entregan mucha información como lo es el capacity, costos globales, ISN, entre otros. Estos datos son ingresados al modelo y se observa que la solución entregada es la misma que la que se modela, confirmando así que el modelo funciona de forma óptima y entrega información verídica.

Una vez realizada la validación del modelo se procede al paso final, el refinamiento. Es en este paso donde se pueden realizar modificaciones o refinamientos al modelo para que cumpla a cabalidad lo formulado en el paso 3.2.5, simplificar ciertas expresiones, ecuaciones y mejorar la capacidad de representación en el sistema.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1. Interpretación y análisis

La interpretación y análisis del modelo está relacionada con todos los procedimientos y cálculos que se necesitaron para la formulación, ejecución y prueba del modelo.

Para el presente modelo de optimización en particular se requirió en primer lugar comprender cuales eran los modelos de trabajo para la asistencia técnica y cómo funcionaba cada uno, con sus respectivos inputs y características. Los modelos son descritos en el punto 1.3.

Una vez obtenido el conocimiento de cuáles eran los modelos se procedió a obtener toda la data necesaria para poder llevar a cabo el modelo de optimización propuesto. Algunos datos (parámetros) fueron obtenidos a través de las distintas plataformas con las que cuenta Telefónica, y otros, de los cuales no se obtenían registros, se fueron estimando y proyectando según era el caso. Dentro de las restricciones del problema 3.2.6 se especifica con más detalles cuales fueron estos parámetros.

Este apartado también incluye la interpretación y análisis de los distintos valores estimados y encontrados una vez se tuvo una solución óptima. Dentro de estos análisis se encuentra el de ciertas agencias que su diferencia en costos entre aplicar un modelo Bucle o Priority era muy baja. Sin embargo, la diferencia entre el incremento de ISN que aportaban al indicador de satisfacción del cliente era grande, por lo cual se decidía implementar un modelo Priority, más caro, a favor de obtener un mejor ISN. Estos valores no los encontraba el software de forma automática ya que al indicarle que solo minimice costos deja de lado el indicador ISN. Lo mismo sucede cuando se le pide que maximice su ISN con cierta restricción de presupuesto. Lo anterior indica que el modelaje en este tipo de situaciones es medio tosco y rígido, teniendo que involucrar el conocimiento humano en este tipo de situaciones, debido además a que se tiene acceso a información del tipo cualitativa que no es posible ingresar al modelaje.

4.2. Solución inicial

Al momento de abordar el problema de elección de modelos de trabajo en Telefónica para años futuros se cuenta con una propuesta inicial. Esta propuesta fue hecha ocupando

muchas horas hombre y mucho conocimiento que no estaba respaldado por data, números ni una metodología replicable y mucho menos estandarizada a lo largo de los años, haciendo difícil la elección de modelos año a año y gastando muchos recursos.

Thompson y Strikland (Thompson & Strikland, 1998) establecen que el análisis FODA estima el efecto que una estrategia tiene para lograr un equilibrio o ajuste entre la capacidad interna de la organización y su situación externa, esto es, las oportunidades y amenazas.

A modo de mirada global se presenta un análisis FODA el cual explica el por qué implementar un nuevo modelo de asignación de modelos de trabajo en Telefónica.

Figura 4.1. Análisis FODA para propuesta inicial de modelos



Los resultados de la solución inicial son presentados en Anexos C, en los cuales se observa que están las 39 agencias y cada agencia tiene adjudicada un tipo de modelo para Instala y otro para Repara. Recordar que esta solución fue hecha sin ningún tipo de software ni utilizando modelos de programación lineal, mixta o similares. A continuación, se muestra una tabla resumen de costos, capacity e ISN para esta solución inicial:

Tabla 4.1. Tabla resumen costos modelo de trabajo inicial

Costos	Instala	Repara	Total
Bucle	\$ 1.645.786.787	\$ 1.167.154.159	\$ 2.812.940.946
Propio	\$ 518.461.062	\$ 487.658.361	\$ 1.006.119.423
Priority	\$ 120.231.642	\$ 173.100.220	\$ 293.331.862
GOAS	\$ 50.882.330	\$ 54.975.416	\$ 105.857.746
Carterizado	\$ 86.920.890	\$ 48.300.248	\$ 135.221.138
Total	\$ 2.422.282.711	\$ 1.931.188.405	\$ 4.353.471.116

Fuente: elaboración propia

Tabla 4.2. Tabla resumen capacity modelo de trabajo inicial

Capacity	Instala	Repara	Total
Bucle	509	537	1045
Propio	137	129	266
Priority	32	41	73
GOAS	12	13	25
Carterizado	30	17	47
Total	721	737	1458

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.1 los costos totales ascienden a \$4.353.471.116, los cuales están distribuidos en 55,64% Instala y 44,36% Repara. En el caso del proceso Instala la mayor parte de su gasto es adjudicado al modelo Bucle con un 67,94%, mientras que la menor parte es para el modelo GOAS, con un 2,10%. Asimismo, en el proceso Repara la mayor parte del gasto es para el modelo Bucle con un 60,44% y, a diferencia del proceso Instala, la menor parte es del modelo Carterizado con 2,50% del gasto total de Repara.

Por otro lado, al observar la cantidad de técnicos en la Tabla 4.2 se tiene que la distribución no es similar a la de los costos, ya que para Instala se tiene que es un 49,47% del total de técnicos mientras que para Repara este porcentaje es del 50,53%, de modo que una alta participación desde una mirada costos en un tipo de proceso no asegura una alta participación de técnicos en el mismo. Haciendo una apertura para proceso Instala y Repara se observa que en ambos casos el mayor porcentaje de técnicos son para el modelo Bucle, con 70,57% y 72,84%, respectivamente. De la misma forma, el menor porcentaje de técnicos para ambos procesos es el modelo GOAS, con 1,69% y 1,79%, respectivamente.

Lo anterior sigue la relación que se tiene de disminuir costos, pero entregando un buen servicio a la compañía (medible a partir del ISN) debido a que el modelo Bucle es el de menor costo y es el modelo con mayor porcentaje de participación en Instala y Repara, aunque una mala distribución de ellos puede afectar en un mal rendimiento en el indicador ISN, como se ve a continuación.

El indicador de satisfacción del cliente ISN tiene un valor de 76,4785% el cual es el promedio de los indicadores de Instala y Repara, siendo los valores de estos de 80,7979% y 72,1564% respectivamente. De los valores anteriores se observa que la mayor parte del ISN global es gracias al buen ISN del proceso Instala, aunque este proceso tenga solo 11 modelos Propios versus el proceso Repara que posee 13, lo cual debería de arrojar un mejor indicador ISN para este último. Esto implica que la asignación de los distintos modelos para las distintas agencias se está haciendo de una manera ineficiente, debido a que al tener una mayor cantidad de modelos Propios este debería de tener un mejor rendimiento en su indicador de satisfacción, pero como se observa en los números esto no está pasando, debido a que esta elección inicial se hizo en base al conocimiento que se tienen de las agencias (óptimo local) y no considerando muchas otras variables que por medio un modelo de programación se puede solucionar y encontrar un óptimo global.

4.3. Solución modelo propuesto

La idea principal del modelo propuesto es disminuir el costo total de mantener los distintos modelos de trabajo de Telefónica con un ISN mínimo. Este ISN mínimo es el ISN que se tiene inicialmente, correspondiente a 76,4785%. A modo de resolución secundaria se debería de alcanzar que una disminución en el capacity de técnicos signifique una

disminución en los costos totales, debido a que estarán distribuidos óptimamente y la eficiencia de cada zona versus el índice de satisfacción al cliente que se desea entregar.

A continuación, se presentan 4 escenarios propuestos a partir del modelo planteado. Cada uno de estos escenarios tiene características únicas y, por lo tanto, resultados diferentes entre sí.

4.3.1. Sin restricción

La característica de este modelo propuesto es que no se imponen restricciones al momento de elegir entre el tipo de modelo diferenciado por Instala o Repara. Es decir, se pueden dar las 9 combinaciones posibles entre ellos, quedando los siguientes pares para Instala y Repara, respectivamente:

- Bucle – Bucle
- Bucle – Propio
- Bucle – Priority
- Propio – Bucle
- Propio – Propio
- Propio - Priority
- Priority – Bucle
- Priority – Propio
- Priority – Priority

Lo anterior le otorga cierta libertad al modelo de minimización de costos ya que solo se rige por las restricciones impuestas en 3.2.6 y no se le considera ninguna adicional. A continuación, se muestran las tablas de Costos y Capacity:

Tabla 4.3. Tabla resumen costos modelo de trabajo inicial

Costos	Instala	Repara	Total
Bucle	\$1.330.942.964	\$1.345.308.385	\$2.676.251.349
Propio	\$854.729.668	\$84.479.783	\$939.209.452
Priority	\$-	\$136.423.592	\$136.423.592
GOAS	\$50.882.330	\$54.975.416	\$105.857.746

Carterizado	\$86.920.890	\$48.300.248	\$135.221.138
Total	\$2.323.475.852	\$1.669.487.425	\$3.992.963.277

Fuente: elaboración propia

Tabla 4.4. Tabla resumen capacity modelo de trabajo inicial

Capacity	Instala	Repara	Total
Bucle	456	619	1075
Propio	226	22	249
Priority	0	53	53
GOAS	12	13	25
Carterizado	30	17	47
Total	725	724	1449

Fuente: elaboración propia

Su análisis se deja para el apartado 4.4.

4.3.2. Con restricción

4.3.2.1. Modelos Priority en solución inicial

$$I_{14, 1} = 1 \quad [4.1]$$

$$R_{14, 1} = 1 \quad [4.2]$$

$$I_{23, 1} = 1 \quad [4.3]$$

$$R_{23, 1} = 1 \quad [4.4]$$

La característica de este modelo propuesto es que se impone una nueva restricción expresada en las ecuaciones [4.1], [4.2], [4.3] y [4.4]. Esta restricción no implica que la cantidad de combinaciones de modelos disminuya, quedando los mismos pares de proceso Instala y Repara descritos en 4.3.1.

Lo anterior le agrega un leve grado de rigidez al modelo de minimización de costos ya que se le asigna desde un principio a dos agencias el tipo de modelo a elegir, corriendo todo el algoritmo de minimización de costos a partir de esta entrada impuesta. Se le asigna un modelo Priority a estas dos agencias debido a que la situación inicial planteado en 4.2 así lo indica y sirve como punto de comparación para ver si a partir de esta “rigidez” es posible disminuir costos y obtener, como mínimo, el ISN ya señalado. Es una primera vista de cómo

se comporta el modelo al quitar ciertas libertades de asignación. A continuación, se muestran las tablas de Costos y Capacity:

Tabla 4.5. Tabla resumen costos modelo de trabajo inicial

Costos	Instala	Repara	Total
Bucle	\$1.481.579.024	\$1.319.168.034	\$2.800.747.057
Propio	\$585.457.885	\$84.479.783	\$669.937.669
Priority	\$120.231.642	\$241.899.011	\$362.130.653
GOAS	\$50.882.330	\$54.975.416	\$105.857.746
Carterizado	\$86.920.890	\$48.300.248	\$135.221.138
Total	\$2.325.071.771	\$1.748.822.493	\$4.073.894.263

Fuente: elaboración propia

Tabla 4.6. Tabla resumen capacity modelo de trabajo inicial

Capacity	Instala	Repara	Total
Bucle	494	607	1100
Propio	155	22	177
Priority	32	70	103
GOAS	12	13	25
Carterizado	30	17	47
Total	724	729	1453

Fuente: elaboración propia

Su análisis se deja para el apartado 4.4.

4.3.2.2. Mismos modelos Priority para Instala y Repara

$$I_{i, 3} = R_{i, 3} \quad \forall i = \{1, \dots, 39\} \quad [4.5]$$

La característica de este modelo propuesto es que se impone una nueva restricción expresada en la ecuación [4.5]. Esta restricción implica que la cantidad de combinaciones de modelos posibles disminuye de 9 a 5, quedando los siguientes pares para Instala y Repara, respectivamente:

- Bucle – Bucle
- Bucle – Propio

- Propio – Bucle
- Propio – Propio
- Priority – Priority

Lo anterior le agrega cierta rigidez al modelo de minimización de costos ya que debe de tomar en consideración que al momento de elegir un modelo Priority, este debe ser para el proceso Instala y Repara, y evaluar si satisface todas las demás restricciones y cumple con minimizar costos, quitándole la libertad de poder formar un par Bucle – Priority o Priority – Propio. En otras palabras, esta restricción busca restringir los costos utilizados al momento de asignar a una agencia el modelo Priority, ya que ese es el más costoso y el de mejor ISN, además de que desde el punto de vista del cliente no es muy favorable el hecho de tener un proceso de Instalación de categoría alta y un proceso de Reparación con una categoría inferior, o viceversa.

A continuación, se muestran las tablas de Costos y Capacity:

Tabla 4.7. Tabla resumen costos modelo de trabajo inicial

Costos	Instala	Repara	Total
Bucle	\$1.253.237.143	\$1.389.193.684	\$2.642.430.826
Propio	\$947.806.263	\$84.479.783	\$1.032.286.047
Priority	\$27.620.838	\$57.209.135	\$84.829.974
GOAS	\$50.882.330	\$54.975.416	\$105.857.746
Carterizado	\$86.920.890	\$48.300.248	\$135.221.138
Total	\$2.366.467.464	\$1.634.158.267	\$4.000.625.731

Fuente: elaboración propia

Tabla 4.8. Tabla resumen capacity modelo de trabajo inicial

Capacity	Instala	Repara	Total
Bucle	430	640	1069
Propio	251	22	273
Priority	8	23	30
GOAS	12	13	25
Carterizado	30	17	47

Total	731	715	1446
-------	-----	-----	------

Fuente: elaboración propia

Su análisis se deja para el apartado 4.4.

4.3.2.3. No considerar Priority

$$I_{i, 3} = 0 \quad \forall i = \{1, \dots, 39\} \quad [4.6]$$

$$R_{i, 3} = 0 \quad \forall i = \{1, \dots, 39\} \quad [4.7]$$

La característica de este modelo propuesto es que se impone una nueva restricción expresada en la ecuación [4.6] Y [4.7]. Esta restricción implica que la cantidad de combinaciones de modelos posibles disminuye de 9 a 4, quedando los siguientes pares para Instala y Repara, respectivamente:

- Bucle – Bucle
- Bucle – Propio
- Propio – Bucle
- Propio – Propio

Lo anterior le agrega un alto grado de rigidez al modelo de minimización de costos ya que se pasa de tener 9 posibles combinaciones a solo 4, dejando de lado el modelo Priority que, si bien es el más costoso, es el que mejor ISN entrega. Esta nueva restricción es asignada debido a que se desea observar si es posible alcanzar el ISN mínimo descrito anteriormente con los dos modelos de menor costo y como es la distribución de estos en el costo total.

A continuación, se muestran las tablas de Costos y Capacity:

Tabla 4.9. Tabla resumen costos modelo de trabajo inicial

Costos	Instala	Repara	Total
Bucle	\$1.193.576.301	\$1.420.508.234	\$2.614.084.534
Propio	\$1.067.292.412	\$84.479.783	\$1.151.772.196
Priority	\$-	\$-	\$-
GOAS	\$50.882.330	\$54.975.416	\$105.857.746
Carterizado	\$86.920.890	\$48.300.248	\$135.221.138
Total	\$2.398.671.932	\$1.608.263.682	\$4.006.935.614

Fuente: elaboración propia

Tabla 4.10. Tabla resumen capacity modelo de trabajo inicial

Capacity	Instala	Repara	Total
Bucle	408	656	1064
Propio	283	22	305
Priority	0	0	0
GOAS	12	13	25
Carterizado	30	17	47
Total	733	708	1442

Fuente: elaboración propia

Su análisis se deja para el apartado 4.4.

4.4. Análisis de costos

A partir de los resultados obtenidos en 4.3 es posible observar que los 4 escenarios propuestos alcanzan un nivel de costos inferior a la selección de modelos inicial que se plantea en 4.2. Además, el indicador de satisfacción del cliente ISN alcanzado en todos los escenarios es siempre mayor al propuesto inicialmente, ante lo cual es posible obtener como primera conclusión que el utilizar un modelo de programación entera para resolver este tipo de problemas es una herramienta muy útil ya que se deja constancia empírica de los datos utilizados y de cómo se pueden agregar o quitar restricciones a beneficio de manejar el modelo desde distintas aristas. A continuación, se muestra una tabla de resumen de resultados:

Tabla 4.11. Tabla resumen 5 escenarios

Escenario	Costos	Capacity	ISN	\$/isn
1	\$4.353.471.116	1458	76,47711%	\$56.925.149
2	\$3.992.963.277	1449	76,47859%	\$52.210.209
3	\$4.073.894.263	1453	76,48440%	\$53.264.385
4	\$4.000.625.731	1446	76,49182%	\$52.301.357
5	\$4.006.935.614	1442	76,47738%	\$52.393.735

Fuente: elaboración propia

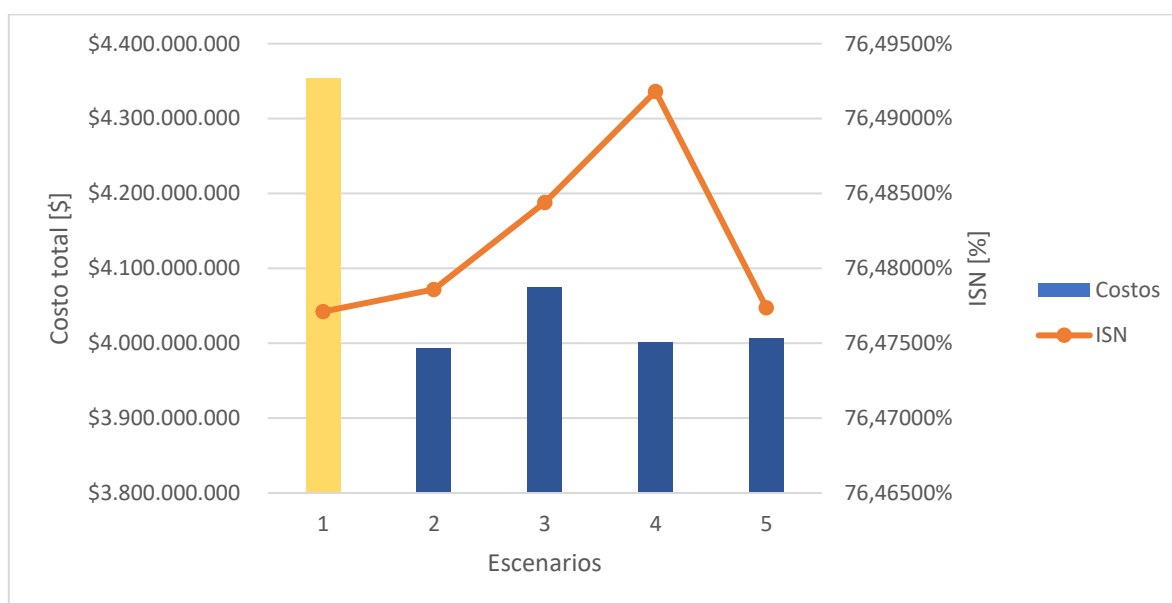
Tabla 4.12. Tabla resumen de variación respecto escenario 1

Escenario	Costos	Capacity	ISN	\$/isn
1	-	-	-	-
2	-8,28%	-0,60%	0,00%	-8,28%
3	-6,42%	-0,31%	0,01%	-6,43%
4	-8,10%	-0,81%	0,02%	-8,12%
5	-7,96%	-1,11%	0,00%	-7,96%

Fuente: elaboración propia

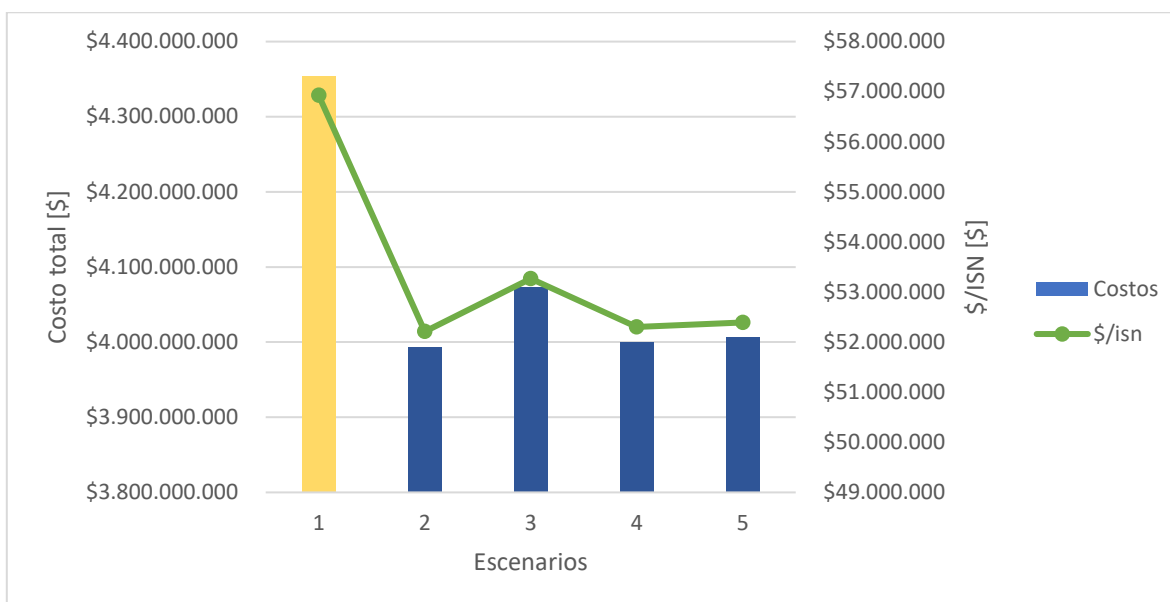
A partir de la tabla Tabla 4.11 se obtienen los siguientes gráficos, en donde es posible observar de una mejor manera la distribución de costos e indicador ISN para cada escenario (barras azules) y compararlo con la propuesta inicial (barra amarilla).

Figura 4.2.



Fuente: elaboración propia

Figura 4.3.



Fuente: elaboración propia

Como se observa en las Figura 4.2 y Figura 4.3 y las tablas descritas en los tópicos anteriores es posible obtener una solución óptima que cumple satisfactoriamente el disminuir costos sin perder la calidad de servicio medido a través del indicador ISN. El escenario elegido es el Escenario 2, debido a que su valor por punto ISN, que se obtiene a partir de la relación existente entre los costos totales y el ISN total, es el más bajo de los 4 propuestos. Esto señala que el aumentar en 1% el valor de ISN tiene un costo de \$52.210.209, siendo el más bajo en comparación con el escenario inicial que tiene un costo de \$56.925.149 por valor punto ISN.

Se puede apreciar a partir de los análisis anteriores que el escenario número 2 es mejor en costos y mejor en ISN, pero esta mejora viene a partir de una mejor distribución de los modelos principales entre las 39 agencias para cada uno de los procesos Instala y Repara.

Dentro de las diferencias se encuentra que se pasa de tener 26 a 28 modelos Bucle y de 2 a 0 modelos Priority, manteniendo en igual número los modelos Propios para el proceso Instala en los escenarios inicial y 2, respectivamente. Sin embargo, al inspeccionar de una forma más profunda es posible observar que además de cambiar el número de modelos, cambió la distribución de estos en 17 agencias, es decir, intercambiando entre los 3 modelos su elección. Estas elecciones y sus diferencias se encuentran en Anexos.

De la misma forma que para el proceso de Instala, se hace el análisis para el proceso de Repara observando que se pasa de tener 24 a 35 modelos Bucle, 13 a 2 modelos Propio y manteniendo la cantidad de modelos Priority para los escenarios inicial y 2, respectivamente. A diferencia del proceso Instala, esta diferencia es de mayor magnitud para los modelos Bucle y Propio ya que mientras en el primero aumentan en 11 su cantidad de modelos, el otro disminuye en la misma cantidad. Además, observando de una forma más profunda el comportamiento de distribución de estos modelos es posible observar que son 17 las agencias en donde su asignación de modelo cambió, número similar que para el proceso Instala. Estas elecciones y sus diferencias se encuentran en Anexos C.

4.5. Análisis de sensibilización

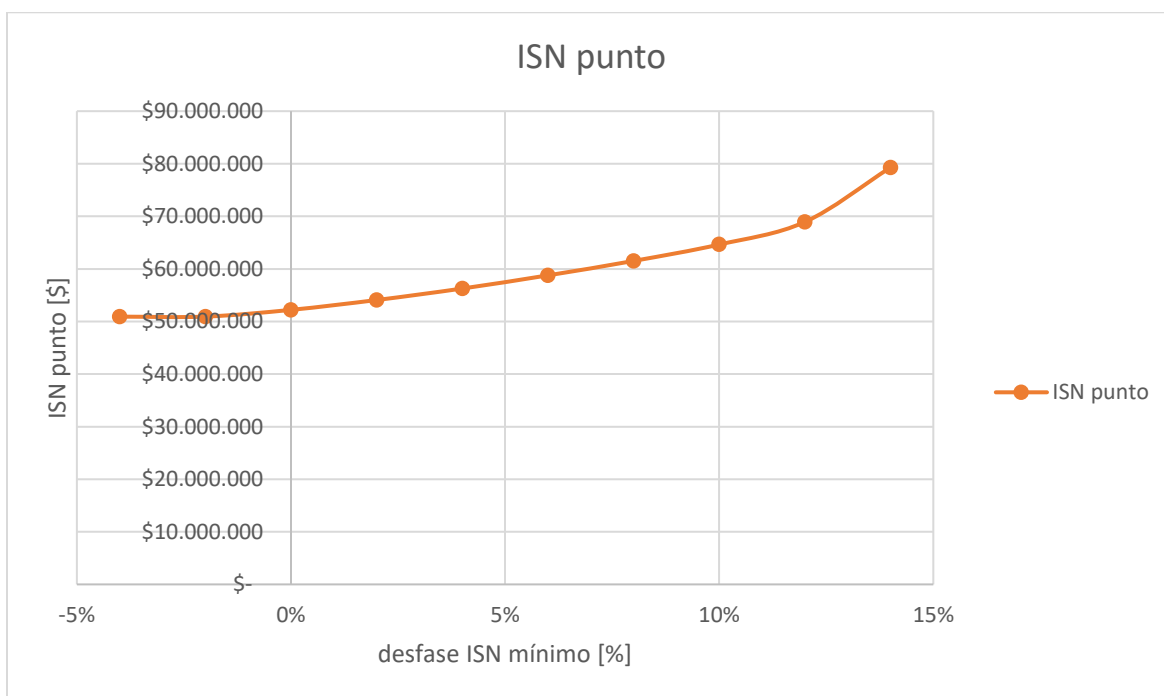
A partir de la elección del escenario 2 como el óptimo que cumple la minimización de costos globales y mantener, como mínimo, un ISN en específico, se procede a hacer un análisis de sensibilidad respecto del parámetro ISN_0 , variando este un valor porcentual desde los -4% hasta un +14% de su valor inicial, con un salto de 2%. Los resultados se pueden observar en la Tabla 4.13 y la Figura 4.4.

Tabla 4.13. Resumen de sensibilización indicador de calidad ISN

Variación ISN	ISN_0	Costo Total	ISN	\$/isn
-4%	73,4180%	\$ 3.803.768.722	74,7005%	\$ 50.920.227
-2%	74,9476%	\$ 3.816.952.806	74,9479%	\$ 50.928.087
0%	76,4771%	\$ 3.992.963.277	76,4786%	\$ 52.210.209
2%	78,0067%	\$ 4.218.749.243	78,0070%	\$ 54.081.652
4%	79,5362%	\$ 4.475.490.565	79,5366%	\$ 56.269.598
6%	81,0657%	\$ 4.764.858.946	81,0698%	\$ 58.774.745
8%	82,5953%	\$ 5.081.203.319	82,5968%	\$ 61.518.197
10%	84,1248%	\$ 5.437.654.428	84,1256%	\$ 64.637.364
12%	85,6544%	\$ 5.903.885.588	85,6549%	\$ 68.926.416
14%	87,1839%	\$ 6.913.145.111	87,1851%	\$ 79.292.720

Fuente: elaboración propia

Figura 4.4.



Fuente: elaboración propia

Para todas las instancias el indicador ISN varía de una forma lineal respecto de su valor anterior, con la única excepción del primer valor, que tiende a comportarse de una manera más plana. Por otro lado, el Costo Total tiene un crecimiento levemente exponencial al ir variando el ISN_0 desde -4% a +14% de su valor inicial. Esto se debe en gran medida a que al ir exigiéndole un mayor rendimiento de calidad el modelo debe incurrir en, al momento de seleccionar un modelo por agencia, elegir el que le entregue un mayor indicador ISN, que son los modelos Priority, los cuales a su vez son los modelos con los mayores costos de implementación.

Lo anterior conlleva a que a medida que el ISN_0 aumenta, estos costos son cada vez más altos, alcanzando un tope de \$6.913.145.111 debido a que el exigirle un ISN_0 mayor a 87,184% es cada vez mas difícil e inclusive casi marginal, es decir, es el máximo ISN que se puede obtener al elegir todos los modelos Priority es 87,184% con el costo antes señalado.

CAPITULO V: CONCLUSIONES

El presente trabajo de memoria propone una solución integrada al problema planteado en CAPÍTULO III: METODOLOGIA. Este problema a resolver tiene la premisa de que, actualmente, se estaba alcanzando un mínimo local de minimización de costos y no un mínimo global. Esto, porque para la elección de los distintos modelos de trabajos de Telefónica no se ocupaba un software, ni mucho menos se planteaba la problemática a través de un modelo de programación entera.

La principal problemática al plantear el modelo de optimización consiste en modelar los distintos tipos de cobro para cada modelo de trabajo, ya que, como se observa a lo largo del capítulo Modelos de trabajo Telefónica, cada modelo de trabajo tiene una formula distinta para calcular sus distintos cobros, incluso diferenciando por tipo de proceso Instala o Repara. Una vez definidos estos tipos de cobros y cómo ponderarlos por sus distintas características, la dificultad radicaba en cómo, por medio de parámetros y variables auxiliares, modelar la función objetivo, resultando la manera más optima aquella que se muestra en 3.2.5.

A partir de lo anterior, es posible afirmar que un modelo de programación entera es una excelente herramienta a utilizar cuando se requiere obtener una solución aún más acertada y que tome en consideración detalles que quedan de lado cuando se resuelve este modelo de forma manual, como se plantea en un principio.

Por otro lado, dentro del cumplimiento de los objetivos específicos, cada uno de estos se cumplen en su totalidad. Se analizan las distintas opciones de modelos de trabajo y se llega a una solución óptima global, además de calcular los costos finales por agencia, haciendo la apertura correspondiente a cada tipo de modelo de trabajo. También, se obtiene el capacity de técnicos de la misma forma antes mencionada.

En el capítulo 4.5 se sensibiliza el modelo para analizar si este posee un punto de inflexión que sea de interés, llegando a la conclusión de que su comportamiento siempre es al alza. Es decir, a medida que se le exige un ISN mayor, este debe, sí o sí, incurrir en mayor gasto. Lo anterior se debe a que, para obtener un mayor índice de satisfacción del cliente, se debe de seleccionar un modelo de trabajo Priority por sobre los otros dos, Bucle o Propio, ya que éste entrega un mejor indicador, pero con la desventaja de que sus costos son mayores.

Para concluir con el cumplimiento de los objetivos específicos, es posible promover el desarrollo de una herramienta de uso rápido y fácil, para así poder realizar análisis de modelos de trabajos en un futuro. Además, durante el desarrollo de la memoria, es posible observar que se pueden agregar más agencias, cambiar los tipos de costos e, inclusive, agregar más modelos de trabajos, mientras la implementación de la herramienta no se verá dificultada en su desarrollo.

Dentro de los ahorros que genera la implementación de este trabajo de memoria está la reducción de los costos totales en un 8,28%, manteniendo el mismo nivel de satisfacción de los clientes, medido a través del indicador ISN. Además, es posible observar que dentro de la solución inicial hay agencias que se eligen bajo un modelo de trabajo Priority, pero no de manera eficiente. Mientras, el modelo propuesto se encarga de asignar a cada agencia un modelo que resuelve esta falta de eficiencia. Esta solución es posible gracias a las distintas combinaciones del nuevo modelo elegido (escenario 2), el cual se puede observar y comparar con el escenario 1 con más detalles en Anexos C.

A futuro, dentro de las posibles mejoras que puede tener el modelo, está evolucionar el planteamiento inicial a un Método de Descomposición, específicamente la Descomposición de Benders (Benders, 1962). Este método trabaja bajo el concepto de que existen ciertas variables que son más complicadas de resolver que otras, y si estas variables no existieran o se conociese su valor de forma anticipada, entonces el problema a resolver es aún más fácil de resolver. Se propone este nuevo Método porque está pensado originalmente para problemas de Programación Entera Mixta y/o Programación Lineal, tal es el caso presentado en la memoria.

Finalmente, la importancia de esta memoria radica en el hecho de dejar registros y distintos paso a paso para desarrollar un modelo de optimización que resuelva la problemática de cómo elegir, dentro de una opción dada de modelos de trabajo, una solución óptima y sus consecuentes asignaciones de costos a cada agencia con un propósito final, que es encontrar una solución óptima global.

BIBLIOGRAFÍA

- Albornoz, V. (2017). Gestión de Investigación de Operaciones. *Apunte de Clases*. UTFSM.
- Albornoz, V. (2018). Seminario de Operaciones. *Apunte de clases*. Santiago: UTFSM.
- Benders, J. F. (1962). *Partitioning procedures for solving mixed-variables programming problems*. J . F . Nutzungsbedingungen Kontakt / Contact.
- Calvo, Á. (2010). *Historia de Telefónica: 1924 - 1975 Primeras décadas: Tecnología, economía y política*. Fundación Telefónica.
- Comisión Nacional del Mercado de Valores España. (Mayo de 2020). Obtenido de <http://www.cnmv.es/portal/consultas/DatosEntidad.aspx?nif=A-28015865>
- Davis, R. (Abril de 2010). *Thinking End-to-End: Time for Cinderella to Go to the Ball?* Obtenido de BPTrends.
- Díaz de Santos S.A. (1998). *Estrategias de crecimiento*. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Donoso Rojas, C. (2000). De la Compañía Chilena de Teléfonos de Edison a la Compañía de Teléfonos de Chile: Los Primeros 50 años de la Telefonía Nacional, 1880 - 1930. Santiago, Chile. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-71942000003300003>
- Hillier, S. F., & Lieberman, J. G. (1998). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. Mc Graw Hill.
- Hurtado, M. d. (1989). *Historia de la televisión chilena entre 1959 y 1973*. Santiago: Ediciones Documentas: CENECA.
- Niño, M. L. (2003). *Modelamiento a través de la programación lineal entera mixta del problema de programación de operaciones en el taller de trabajo*. Universidad Industrial de Santander.
- Prékopa, A. (1995). *Stochastic Programming*. Kluwer Academic Publisher, Budapest.
- Pulso. (27 de Junio de 2018). Subtel: Accesos 4G alcanzaron récord de 12 millones a marzo de 2018. *La Tercera*.
- Rehman, T. (2001). *An introductory economic interpretation of Linear Programming*.

Subsecretaria de Telecomunicaciones. (2018). *Chile, ecosistema digital 2017-2030*. Santiago: Alt.164.

Taha, H. A. (2012). *Investigación de Operaciones: Una introducción*. Pearson Educación.

Thompson, A., & Strikland, K. (1998). *Dirección y administración estratégicas. Conceptos, casos y lecturas*. México: MacGraw-Hill Interamericana.

Trejo, C. (Diciembre de 2019). *Sputnik News*. Obtenido de <https://mundo.sputniknews.com/america-latina/201912221089715424/>

ANEXOS

Anexos A

Tabla 7.1. Nombre de agencias respecto a subíndice i

Subíndice i	Agencia
1	Antofagasta
2	Arica
3	Calama
4	Copiapó
5	Iquique
6	La Serena
7	Los Andes
8	Ovalle
9	Quillota
10	Quilpué
11	San Antonio
12	Valparaíso
13	Viña del Mar
14	Apoquindo
15	Centro
16	El Llano
17	Independencia
18	La Florida
19	Las Rejas
20	Maipú
21	Melipilla
22	Ñuñoa
23	Providencia
24	Puente Alto
25	San Bernardo
26	Chillán

27	Concepción
28	Coyhaique
29	Curicó
30	Linares
31	Los Ángeles
32	Osorno
33	Puerto Montt
34	Punta Arenas
35	Rancagua
36	San Fernando
37	Talca
38	Temuco
39	Valdivia

Fuente: elaboración propia

Tabla 7.2. Nombre de modelos respecto a subíndice j

Subíndice j	Modelo
1	Bucle
2	Propio
3	Priority

Fuente: elaboración propia

Tabla 7.3. Nombre de agencias modelos respecto a subíndice k

Subíndice k	Modelo
1	GOAS
2	Carterizado

Fuente: elaboración propia

Anexos B

Tabla 7.4. Fórmula de costos para cada modelo

Modelo/Proceso	Instala	Repara
Bucle	$I_{i,1} * A_i * \frac{K_i}{W_i}$	$R_{i,1} * SMA_i$
Propio	$\frac{I_{i,2} * A_i}{E_i * FGJ_2} * Q * (1 + FP)$	$\frac{R_{i,2} * B_i}{F_i * FGJ_2} * Q * (1 + FP)$
Priority	$I_{i,3} * A_i * \frac{K_i}{W_i} * FB$	$R_{i,3} * SMA_i * \frac{P_i}{L_i} * FB$
GOAS	$\frac{IV_{i,1} * A_i}{E_i * FGK_1} * S * (1 + FG)$	$\frac{RV_{i,1} * B_i}{F_i * FGK_1} * S * (1 + FG)$
Carterizado	$\frac{IV_{i,2} * A_i}{E_i * FGK_2} * U$	$\frac{RV_{i,2} * B_i}{F_i * FGK_2} * U$

Fuente: elaboración propia

Anexos C

Tabla 7.5. Elección de modelos de trabajos para Escenario Inicial

Agencia	Instala	Repara
Antofagasta	Bucle	Bucle
Arica	Propio	Propio
Calama	Propio	Propio
Copiapó	Bucle	Bucle
Iquique	Bucle	Bucle
La Serena	Bucle	Bucle
Los Andes	Bucle	Bucle
Ovalle	Propio	Propio
Quillota	Bucle	Bucle
Quilpué	Bucle	Bucle
San Antonio	Propio	Propio
Valparaíso	Bucle	Bucle
Viña del Mar	Bucle	Bucle
Apoquindo	Priority	Priority
Centro	Bucle	Bucle
El Llano	Bucle	Bucle
Independencia	Bucle	Bucle
La Florida	Bucle	Bucle
Las Rejas	Bucle	Bucle
Maipú	Bucle	Bucle
Melipilla	Bucle	Bucle
Ñuñoa	Bucle	Bucle
Providencia	Priority	Priority
Puente Alto	Bucle	Bucle
San Bernardo	Bucle	Bucle
Chillán	Propio	Propio
Concepción	Bucle	Bucle
Coyhaique	Propio	Propio
Curicó	Propio	Propio
Linares	Propio	Propio
Los Ángeles	Propio	Propio
Osorno	Bucle	Bucle
Puerto Montt	Bucle	Bucle
Punta Arenas	Propio	Propio
Rancagua	Bucle	Propio
San Fernando	Propio	Propio
Talca	Bucle	Propio
Temuco	Bucle	Bucle
Valdivia	Bucle	Bucle

Fuente: elaboración propia

Tabla 7.6. Elección de modelos de trabajos para Escenario 2

Agencia	Instala	Repara
Antofagasta	Propio	Propio
Arica	Bucle	Bucle
Calama	Propio	Propio
Copiapó	Propio	Bucle
Iquique	Propio	Bucle
La Serena	Bucle	Bucle
Los Andes	Bucle	Bucle
Ovalle	Bucle	Bucle
Quillota	Bucle	Bucle
Quilpué	Bucle	Bucle
San Antonio	Bucle	Bucle
Valparaíso	Bucle	Bucle
Viña del Mar	Bucle	Bucle
Apoquindo	Bucle	Bucle
Centro	Bucle	Bucle
El Llano	Bucle	Bucle
Independencia	Bucle	Bucle
La Florida	Bucle	Bucle
Las Rejas	Bucle	Bucle
Maipú	Propio	Bucle
Melipilla	Propio	Priority
Ñuñoa	Bucle	Bucle
Providencia	Bucle	Bucle
Puente Alto	Bucle	Priority
San Bernardo	Bucle	Bucle
Chillán	Propio	Bucle
Concepción	Propio	Bucle
Coyhaique	Bucle	Bucle
Curicó	Bucle	Bucle
Linares	Propio	Bucle
Los Ángeles	Bucle	Bucle
Osorno	Bucle	Bucle
Puerto Montt	Bucle	Bucle
Punta Arenas	Bucle	Bucle
Rancagua	Bucle	Bucle
San Fernando	Bucle	Bucle
Talca	Propio	Bucle
Temuco	Propio	Bucle
Valdivia	Bucle	Bucle

Fuente: elaboración propia

Tabla 7.7. Elección de modelos de trabajos para Escenario 3

Agencia	Instala	Repara
Antofagasta	Propio	Propio
Arica	Bucle	Bucle
Calama	Propio	Propio
Copiapó	Bucle	Bucle
Iquique	Bucle	Bucle
La Serena	Bucle	Bucle
Los Andes	Bucle	Bucle
Ovalle	Bucle	Bucle
Quillota	Bucle	Bucle
Quilpué	Bucle	Bucle
San Antonio	Bucle	Bucle
Valparaíso	Bucle	Bucle
Viña del Mar	Bucle	Bucle
Apoquindo	Priority	Priority
Centro	Bucle	Bucle
El Llano	Bucle	Bucle
Independencia	Bucle	Bucle
La Florida	Bucle	Bucle
Las Rejas	Bucle	Bucle
Maipú	Propio	Bucle
Melipilla	Bucle	Bucle
Ñuñoa	Bucle	Bucle
Providencia	Priority	Priority
Puente Alto	Bucle	Priority
San Bernardo	Bucle	Bucle
Chillán	Propio	Bucle
Concepción	Propio	Bucle
Coyhaique	Bucle	Bucle
Curicó	Bucle	Bucle
Linares	Propio	Bucle
Los Ángeles	Bucle	Bucle
Osorno	Bucle	Bucle
Puerto Montt	Bucle	Bucle
Punta Arenas	Bucle	Bucle
Rancagua	Bucle	Bucle
San Fernando	Bucle	Bucle
Talca	Propio	Bucle
Temuco	Propio	Bucle
Valdivia	Bucle	Priority

Fuente: elaboración propia

Tabla 7.8. Elección de modelos de trabajos para Escenario 4

Agencia	Instala	Repara
Antofagasta	Propio	Propio
Arica	Bucle	Bucle
Calama	Propio	Propio
Copiapó	Propio	Bucle
Iquique	Propio	Bucle
La Serena	Bucle	Bucle
Los Andes	Propio	Bucle
Ovalle	Bucle	Bucle
Quillota	Bucle	Bucle
Quilpué	Bucle	Bucle
San Antonio	Bucle	Bucle
Valparaíso	Bucle	Bucle
Viña del Mar	Bucle	Bucle
Apoquindo	Bucle	Bucle
Centro	Bucle	Bucle
El Llano	Bucle	Bucle
Independencia	Bucle	Bucle
La Florida	Bucle	Bucle
Las Rejas	Propio	Bucle
Maipú	Propio	Bucle
Melipilla	Bucle	Bucle
Ñuñoa	Bucle	Bucle
Providencia	Bucle	Bucle
Puente Alto	Priority	Priority
San Bernardo	Bucle	Bucle
Chillán	Propio	Bucle
Concepción	Propio	Bucle
Coyhaique	Bucle	Bucle
Curicó	Bucle	Bucle
Linares	Propio	Bucle
Los Ángeles	Bucle	Bucle
Osorno	Bucle	Bucle
Puerto Montt	Bucle	Bucle
Punta Arenas	Bucle	Bucle
Rancagua	Bucle	Bucle
San Fernando	Bucle	Bucle
Talca	Propio	Bucle
Temuco	Propio	Bucle
Valdivia	Bucle	Bucle

Fuente: elaboración propia

Tabla 7.9. Elección de modelos de trabajos para Escenario 5

Agencia	Instala	Repara
Antofagasta	Propio	Propio
Arica	Bucle	Bucle
Calama	Propio	Propio
Copiapó	Bucle	Bucle
Iquique	Propio	Bucle
La Serena	Bucle	Bucle
Los Andes	Bucle	Bucle
Ovalle	Bucle	Bucle
Quillota	Bucle	Bucle
Quilpué	Bucle	Bucle
San Antonio	Propio	Bucle
Valparaíso	Bucle	Bucle
Viña del Mar	Bucle	Bucle
Apoquindo	Bucle	Bucle
Centro	Bucle	Bucle
El Llano	Propio	Bucle
Independencia	Bucle	Bucle
La Florida	Bucle	Bucle
Las Rejas	Propio	Bucle
Maipú	Propio	Bucle
Melipilla	Propio	Bucle
Ñuñoa	Bucle	Bucle
Providencia	Bucle	Bucle
Puente Alto	Bucle	Bucle
San Bernardo	Bucle	Bucle
Chillán	Propio	Bucle
Concepción	Propio	Bucle
Coyhaique	Bucle	Bucle
Curicó	Bucle	Bucle
Linares	Propio	Bucle
Los Ángeles	Bucle	Bucle
Osorno	Bucle	Bucle
Puerto Montt	Bucle	Bucle
Punta Arenas	Bucle	Bucle
Rancagua	Bucle	Bucle
San Fernando	Bucle	Bucle
Talca	Propio	Bucle
Temuco	Propio	Bucle
Valdivia	Bucle	Bucle

Fuente: elaboración propia