



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

**MODELO DE PREDICCIÓN DE DEMANDA DE CAMAS
PARA EL HOSPITAL CLÍNICO DE LA RED DE SALUD UC CHRISTUS**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

JOSÉ TOMÁS BAUDET BARROS

PROFESOR GUÍA:
OMAR CERDA INOSTROZA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
JUANITA GANA QUIROZ
CAROLINA CONTRERAS TAPIA

SANTIAGO DE CHILE

2019

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE:** Ingeniero Civil Industrial

POR: José Tomás Baudet Barros

FECHA: 29/03/2019

PROFESOR GUÍA: Omar Cerda Inostroza

**MODELO DE PREDICCIÓN DE DEMANDA DE CAMAS
PARA EL HOSPITAL CLÍNICO DE LA RED DE SALUD UC CHRISTUS**

El objetivo general de este trabajo es elaborar un modelo de predicción de demanda de camas para el Hospital Clínico de la Red de Salud UC CHRISTUS, con el fin de mejorar la asignación de camas y disminuir los tiempos de espera de los pacientes.

Actualmente solo un 48% de las solicitudes de hospitalización desde el servicio de Urgencia se responden dentro de las dos primeras horas. Esto afecta a la seguridad del paciente pues aumenta el riesgo de su estado de salud. A su vez, solo el 44% de las solicitudes de camas por traslados internos dentro del hospital cumplen la meta de las dos horas de asignación, lo que se traduce en pérdidas de 360 millones de pesos anuales por concepto de cobro de cama a los pacientes.

Basado en estudios de demanda en servicios de Urgencia alrededor del mundo, se utilizaron los métodos de regresión lineal y alisamiento exponencial con estacionalidad y tendencia, para elaborar un modelo de predicción de demanda diaria para cada una de las fuentes de solicitudes de camas no programadas: la unidad de Admisión, el Servicio de Urgencia, los traslados internos y los traslados externos del hospital. Los resultados indican que el método de regresión lineal ajusta mejor a datos futuros, obteniendo un error promedio de 3 pacientes diarios por fuente de demanda.

Utilizando la información disponible de la demanda programada de pabellones quirúrgicos, se completó la estimación diaria de la demanda que recibe el Comando Central de Camas, que obtuvo un error porcentual de 17%. Por último, se diseñó un modelo de asignación de camas, que en base a los pronósticos calculados y a la información disponible de la oferta de camas propone una asignación eficiente, logrando disminuir el boarding time de Urgencia en un 10% y el tiempo de asignación de los traslados internos en un 27%. A su vez, las solicitudes asignadas en menos de dos horas aumentarían a 56% para Urgencia y a 62% para traslados internos, pudiendo ahorrar 60 millones de pesos en pérdidas por cobro.

Finalmente, resulta clave la gestión del cambio para lograr transformar la manera en que se asigna actualmente, eliminando la reserva de camas y logrando asignar en función de la demanda pronosticada. Se hace preciso transmitir a la organización el motivo que está detrás del cambio propuesto para lograr capturar los beneficios que entrega su implementación.

Agradecimientos

Quiero agradecer especialmente a todo el equipo del Comando Central de Camas por ofrecerme siempre su tiempo y dedicación durante todo este proceso. Sin su ayuda este trabajo no habría sido posible. De igual manera al Subdirector de Áreas Clínicas y Apoyo y a los Gestores de Procesos y Proyectos por siempre ofrecerme su ayuda.

Le agradezco personalmente a la Jefe de proyecto del Comando Central de Camas por brindarme siempre su apoyo y enseñarme tanto durante este tiempo. Gracias a mis profesores guía y co-guía por su excelente disposición a ayudar. Aprendí mucho con ustedes.

Finalmente, quiero agradecer a mis padres, a mi familia, a mi gran compañera de vida, a mis amigos del colegio, a mi banda querida y a mis amigas y amigos de la universidad, con quienes compartí largas horas de estudio durante todos estos años. Gracias a todos por estar siempre.

Tabla de contenido

Tabla de contenido.....	iii
Índice de Tablas.....	v
Índice de Gráficos.....	vi
Índice de Ilustraciones.....	vii
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES GENERALES.....	9
2.1 Sistema de Salud de Chile.....	9
2.2 Red de Salud UC CHRISTUS.....	11
2.3 Hospital Clínico.....	12
2.4 Unidad Comando Central de Camas.....	14
2.5 Unidades clínicas y tipos de camas.....	15
2.6 Flujo de pacientes y fuentes de demanda.....	17
2.7 Desempeño de la organización.....	20
CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	21
3.1 Contexto del problema.....	21
3.2 Declaración y evidencia del problema.....	21
3.3 Justificación del problema.....	23
3.4 Alternativas de solución.....	27
CAPÍTULO 4: OBJETIVOS Y ALCANCES.....	29
CAPÍTULO 5: MARCO CONCEPTUAL.....	30
5.1 Demanda dependiente e independiente.....	30
5.2 Métodos de pronóstico.....	30
5.2.1 Series de tiempo.....	30
5.2.2 Regresión lineal.....	33
5.3 Errores de pronóstico.....	34
CAPÍTULO 6: REVISIÓN DE LITERATURA.....	36
CAPÍTULO 7: METODOLOGÍA.....	38
CAPÍTULO 8: ANÁLISIS DE LA DEMANDA.....	41
8.1 Pabellones quirúrgicos: demanda programada.....	41
8.2 Urgencia.....	43
8.3 Admisión.....	47
8.4 Traslados internos.....	49
8.5 Traslados externos.....	50

CAPÍTULO 9: PRONÓSTICOS DE DEMANDA	53
9.1 Métodos de pronóstico	53
9.1.1 Regresión lineal	53
9.1.2 Holt – Winters	54
9.2 Pronóstico de Urgencia	55
9.2.1 Datos	55
9.2.2 Resultados.....	55
9.2.3 Análisis de resultados	58
9.3 Pronóstico de Admisión.....	63
9.3.1 Datos	63
9.3.2 Resultados.....	63
9.3.3 Análisis de resultados	64
9.4 Pronóstico de traslados internos	66
9.4.1 Datos	66
9.4.2 Resultados.....	66
9.4.3 Análisis de resultados	67
9.5 Pronóstico de traslados externos	69
9.5.1 Datos	69
9.5.2 Resultados.....	69
9.5.3 Análisis de resultados	70
CAPÍTULO 10: ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA PROGRAMADA	72
CAPÍTULO 11: PRONÓSTICO DIARIO DE DEMANDA UNIDAD C3	75
CAPÍTULO 12: MODELO DE ASIGNACIÓN DE CAMAS	78
12.1 Diseño del modelo	78
12.2 Bloques horarios	80
12.3 Propuesta de asignación.....	82
12.4 Usabilidad del modelo.....	86
CAPÍTULO 13: BENEFICIO POTENCIAL DE IMPLEMENTACIÓN	89
CAPÍTULO 14: GESTIÓN DEL CAMBIO	92
CAPÍTULO 15: CONCLUSIONES	95
Bibliografía	99
ANEXOS	101

Índice de Tablas

Tabla N° 1: Número de camas por tipo de paciente.....	16
Tabla N° 2: Número de camas por complejidad.....	16
Tabla N° 3: Cantidad de camas de baja complejidad por tipo de habitación.....	17
Tabla N° 4: Ejemplo asignación actual entre 8:00 y 13:00.....	28
Tabla N° 5: Estadísticos de error de pronóstico.....	34
Tabla N° 6: Cirugías y procedimientos diarios en pabellones quirúrgicos.....	41
Tabla N° 7: Destinos de pacientes post cirugías.....	42
Tabla N° 8: Demanda diaria del Servicio de Urgencia.....	44
Tabla N° 9: Demanda diaria de camas desde Admisión.....	47
Tabla N° 10: Demanda diaria de camas de traslados internos.....	49
Tabla N° 11: Demanda diaria de hospitalizaciones de traslados externos.....	52
Tabla N° 12: Error de predicción (RMSE) modelos hospitalizaciones Urgencia.....	56
Tabla N° 13: Error de predicción (MAPE y RMSE) modelos consultas Urgencia.....	57
Tabla N° 14: Coeficientes de modelos de regresión lineal hospitalizaciones Urgencia..	59
Tabla N° 15: Coeficientes de modelos de regresión lineal consultas Urgencia.....	61
Tabla N° 16: Error de predicción (RMSE) modelos Admisión.....	63
Tabla N° 17: Coeficientes de modelos de regresión lineal Admisión.....	65
Tabla N° 18: Error de pronóstico (RMSE) modelos traslados internos.....	66
Tabla N° 19: Coeficientes modelo de regresión lineal traslados internos.....	68
Tabla N° 20: Error de pronóstico modelos traslados externos.....	69
Tabla N° 21: Coeficientes de modelos de regresión lineal traslados externos.....	71
Tabla N° 22: Ejemplo estimación de demanda programada para la Unidad C3.....	75
Tabla N° 23: Ejemplo estimación de demanda diaria para la Unidad C3.....	76
Tabla N° 24: Error de predicción de pacientes por día de la semana.....	76
Tabla N° 25: Cálculo de demanda por bloques horarios.....	81
Tabla N° 26: Resultado estimación de demanda por bloques horarios.....	81
Tabla N° 27: Prioridades de asignación por fuente de demanda.....	82
Tabla N° 28: Mínimo porcentaje de demanda a asignar por bloque.....	83
Tabla N° 29: Pronostico día jornada completa ejemplo asignación.....	84
Tabla N° 30: Ejemplo de propuesta de asignación de camas.....	85
Tabla N° 31: Ejemplo de asignación actual.....	85
Tabla N° 32: Tiempo promedio de asignación por cantidad de bloques.....	89
Tabla N° 33: Mejora de tiempos de asignación según estimación por bloques.....	90
Tabla N° 34: Beneficio de implementación modelo de asignación.....	91

Índice de Gráficos

Gráfico N° 1: Pacientes del Hospital Clínico según previsión de salud	14
Gráfico N° 2: Distribución de demanda por fuente	20
Gráfico N° 3: Histograma de tiempos de asignación a pacientes quirúrgicos	22
Gráfico N° 4: Histograma de tiempos de asignación de traslados internos	22
Gráfico N° 5: Histograma del boarding time de Urgencia	23
Gráfico N° 6: Promedio diario de cirugías por día de la semana	42
Gráfico N° 7: Promedio de cirugías diarias por mes del año	42
Gráfico N° 8: Promedio diario de consultas de adultos en Urgencia	44
Gráfico N° 9: Promedio diario de consultas de pediátricos en Urgencia	44
Gráfico N° 10: Promedio diario de hospitalizaciones de adultos desde Urgencia	45
Gráfico N° 11: Promedio diario de hospitalizaciones de pediátricos desde Urgencia	45
Gráfico N° 12: Promedio diario de consultas de adultos por mes del año en Urgencia .	46
Gráfico N° 13: Promedio diario de consultas pediátricas por mes del año en Urgencia.	46
Gráfico N° 14: Promedio diario de hospitalizaciones de adultos desde Urgencia	46
Gráfico N° 15: Promedio diario de hospitalizaciones pediátricas desde Urgencia	47
Gráfico N° 16: Promedio diario de hospitalizaciones de adultos desde Admisión	48
Gráfico N° 17: Promedio diario de hospitalizaciones de pediátricos desde Admisión	48
Gráfico N° 18: Promedio diario de hospitalizaciones de adultos desde Admisión	48
Gráfico N° 19: Promedio diario de hospitalizaciones de pediátricos desde Admisión	49
Gráfico N° 20: Promedio diario de traslados internos	50
Gráfico N° 21: Promedio diario de traslados internos por mes del año	50
Gráfico N° 22: Evolución de solicitudes de traslados externos por mes	51
Gráfico N° 23: Distribución de hospitalización de traslados externos	51
Gráfico N° 24: Traslados externos por día de la semana	52
Gráfico N° 25: Traslados externos por mes del año	52
Gráfico N° 26: Ajuste modelos de hospitalización Urgencia	56
Gráfico N° 27: Ajuste modelos de consultas Urgencia	57
Gráfico N° 28: Ajuste modelos Admisión Adultos	64
Gráfico N° 29: Ajuste modelos traslados internos	67
Gráfico N° 30: Ajuste métodos traslados externos	70

Índice de Ilustraciones

Ilustración N° 1: Esquema del sistema de salud en Chile	10
Ilustración N° 2: Estructura organizacional del hospital.....	12
Ilustración N° 3: Estructura organizacional Dirección Médica del hospital	13
Ilustración N° 4: Estructura organizacional del Comando Central de Camas.....	15
Ilustración N° 5: Diagrama del flujo de pacientes del Hospital Clínico y la Clínica UC...	18
Ilustración N° 6: Diagrama de árbol causas y efectos del problema	25
Ilustración N° 7: Metodología de trabajo	38
Ilustración N° 8: Macro para archivo Excel programación cirugías	73
Ilustración N° 9: Filtro de solicitudes de cama por cirugías	74
Ilustración N° 10: Componentes del modelo de asignación de camas.....	78
Ilustración N° 11: Vista 1 usuario modelo de asignación.....	86
Ilustración N° 12: Vista 2 modelo de asignación	87
Ilustración N° 13: Vista 3 modelo de asignación	88

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Desde hace varias décadas se ha estudiado la aplicación de modelos estadísticos y de gestión de operaciones concluyendo el gran aporte que éstas pueden realizar a organizaciones complejas. Espacios de mejora en los sistemas de salud hay muchos, y la sinergia entre la gestión hospitalaria y las distintas disciplinas de la ingeniería aún tiene mucho que entregar.

En el presente trabajo de título se mostrará la aplicación de las herramientas de la ingeniería en la resolución de un problema relevante que se ha encontrado en el Hospital Clínico de la Red de Salud UC CHRISTUS. La reciente creación de un Comando Central de Camas, que busca optimizar la gestión de las camas hospitalarias, ha revelado que existen altos tiempos de asignación de camas, los que tienen consecuencias negativas para los pacientes y la institución.

Se buscará resolver este problema utilizando modelos estadísticos de predicción de demanda, buscando entregar información adicional que permita asignar de una mejor forma las camas del hospital. Se analizarán cada una de las fuentes de demanda de camas que recibe el Comando Central y se hará una revisión de la literatura disponible sobre la utilización de métodos de pronóstico en otros hospitales del mundo, con el fin de elegir los métodos a utilizar en este trabajo. Se estudiará en detalle cómo los métodos de pronóstico ayudarían a solucionar el problema y se diseñará la mejor forma de utilizarlos en la operación diaria.

Pero primero que todo, es necesario contextualizar la organización en la cual se realizará el trabajo, para entender su funcionamiento interno, su relación con el entorno y las principales unidades que lo integran. Igualmente, entender la función del Comando Central de Camas dentro de la organización y todos los aspectos técnicos en cuanto a las camas que administra y la influencia que tiene sobre las unidades clínicas de hospitalización.

CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES GENERALES

Los antecedentes generales que se presentan a continuación entregan un contexto pertinente para entender cómo se organiza la Red de Salud UC CHRISTUS, el funcionamiento interno del Hospital Clínico y el rol que cumple este establecimiento dentro del sistema de salud del país.

2.1 Sistema de Salud de Chile

El sistema de salud de un país está integrado por instituciones que participan de manera directa o indirecta en la entrega de servicios de asistencia en salud a sus habitantes. El Observatorio Chileno de la Salud Pública define al sistema de salud de Chile como el “conjunto formal de personas y entidades públicas y privadas que se relacionan con la organización, financiamiento, aseguramiento, recursos o provisión de bienes y servicios en materias de promoción, prevención, cuidado o recuperación de la salud” (OCHISAP, 2018).

Las entidades públicas y privadas que lo componen se pueden clasificar en cuatro grupos según sus funciones principales: regulación, financiamiento, previsión y provisión de servicios asistenciales. En la Ilustración N°1 se pueden ver las entidades por función y sector público o privado.

El principal y único regulador del sistema es el Estado de Chile, que ejerce su rol a través del Ministerio de Salud y sus representantes en las regiones, las Secretarías Regionales Ministeriales y la Superintendencia de Salud. El ministerio se encarga de la conducción, el diseño y la implementación de políticas públicas y planes generales de salud. A su vez, la Superintendencia de Salud se encarga de fiscalizar a las entidades aseguradoras y a los prestadores de servicios, asegurando su calidad y protegiendo los derechos en salud de las personas (OCHISAP, 2015). Dentro de las diversas unidades de gestión que integran el MINSAL, se encuentra la Unidad de Gestión Centralizada de Camas, que resulta particularmente relevante para este trabajo. La UGCC depende de la Subsecretaría de Redes Asistenciales del ministerio y tiene como objetivo monitorear diariamente el uso de camas críticas a nivel nacional, apoyando la derivación de pacientes que requieren una cama hospitalaria en establecimientos públicos y privados y gestionando diariamente los pacientes en espera de cama en los Servicios de Emergencia Hospitalaria (UGCC, 2018).

Por otro lado, el financiamiento del sistema proviene de tres fuentes: el Estado, las empresas y las personas. El primero lo hace a través del presupuesto nacional destinado a la salud. Las empresas lo hacen mediante el aporte obligatorio por la Ley de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales. Por último, los usuarios financian el sistema con la cotización obligatoria del 7% de su renta imponible y mediante el copago, que es el monto que no está cubierto por la aseguradora y deben pagarlo directamente las personas, variando según el servicio de salud requerido y el tramo de FONASA o el plan de ISAPRE contratado.

Ilustración N° 1: Esquema del sistema de salud en Chile

Función	Sector Público	Sector Privado
Regulación	- Ministerio de salud - Superintendencia de Salud	
Financiamiento	- Estado	- Empresas privadas - Cotización de trabajadores - Copago (privado)
Aseguramiento	- FONASA - Cajas de previsión de FF.AA. - Otros seguros públicos	- ISAPRE - Mutuales de empleadores - Seguros específicos (escolar, transporte)
Provisión de servicios asistenciales	- Hospitales del SNSS - Hospitales de FF.AA. - Centros Ambulatorios del SNSS - Consultorios generales - Postas rurales	- Hospitales y Clínicas - Hospitales de Mutuales de Seguridad - Centros Ambulatorios privados - Otros centros de apoyo diagnóstico o terapéutico

Fuente: Adaptación del Observatorio Chileno de la Salud Pública (2010).

Con respecto al aseguramiento o previsión de salud, el Fondo Nacional de Salud (FONASA) y las Instituciones de Salud Previsional (ISAPRE) son las principales instituciones que cumplen esta función. El 74.4% de la población chilena es asegurada por FONASA, cuyo financiamiento proviene del aporte fiscal y de las cotizaciones de sus asegurados (FONASA, 2017). Las ISAPRE cubren al 18.7% de los chilenos y son financiadas por las cotizaciones y por aportes voluntarios de sus afiliados. El 6.9% restante corresponde al sistema previsional de las Fuerzas Armadas (al que pueden optar solo sus funcionarios y familiares), a las Mutuales de Seguridad, seguros escolares, a personas sin seguro de salud y a otros tipos de seguros específicos.

Por último, la provisión de servicios asistenciales en el sector público se encuentra a cargo del Sistema Nacional de Servicios de Salud (SNSS), distribuido en 29 servicios a lo largo del país. La red asistencial cuenta con hospitales, consultorios generales urbanos y rurales y postas rurales de salud. Por su parte, el sector privado provee servicios asistenciales a través de hospitales privados, clínicas, centros ambulatorios y hospitales de Mutuales de Seguridad. Según datos del 2015, de un total de 2.819 establecimientos de salud, un 88.2% corresponde a establecimientos públicos y un 11.8% a establecimientos privados. Sin embargo, del total de 556 hospitales y clínicas, el 58.3% corresponden al sector privado y el 41.7% al sector público (INE, 2017).

La atención de salud puede ser abierta o cerrada. Los prestadores de atención abierta u atención ambulatoria son aquellos que otorgan atención general sin pernoctación de pacientes. Los prestadores de atención cerrada u atención hospitalaria son aquellos que ofrecen servicios de atención general y especializada y están habilitados para la internación de pacientes con ocupación de una cama. Por otro lado, la atención se clasifica en tres niveles según su complejidad. La atención primaria es de mínima complejidad y ambulatoria, principalmente entregada por las postas rurales y los consultorios generales (OCHISAP, 2018). La atención secundaria corresponde a

tratamientos de complejidad intermedia y principalmente de especialidades básicas. Este nivel actúa por referencia del nivel primario e involucra atención ambulatoria y hospitalaria. El nivel de atención terciario es de alta complejidad técnica y tecnológica y es principalmente una atención que requiere hospitalización, pero generalmente es entregado por hospitales y clínicas que también ofrecen atención ambulatoria en consultorios y centros médicos adosados a estos establecimientos.

2.2 Red de Salud UC CHRISTUS

La historia de esta red comienza con la construcción del Hospital Clínico UC el año 1937, ubicado en la calle Marcoleta de la comuna de Santiago. En 1940 terminó su construcción y en 1943 recibió a sus primeros pacientes hospitalizados. El propósito de la Universidad Católica era contar con un establecimiento que permitiera a los estudiantes de la Facultad de Medicina terminar su carrera (Red de Salud UC CHRISTUS, 2017). Con el paso del tiempo se fue desarrollando a medida que se creaban las distintas unidades clínicas y se realizaban ampliaciones. Se construyó la Clínica UC y se crearon centros médicos y laboratorios, convirtiéndose a finales del siglo XX en un centro de salud universitario dotado de moderna tecnología. En 1992 comenzó la conexión en red con los laboratorios centrales y las unidades de toma de muestras para exámenes, formándose la Red de Salud UC.

El año 2013 la Pontificia Universidad Católica de Chile se asoció con CHRISTUS Health, una de las 10 instituciones de salud más grandes de Estados Unidos, con el propósito de expandir su red de salud tanto en Chile como en Latinoamérica. Esta decisión trajo consigo ciertos cambios a la organización, principalmente desde la dirección estratégica. En ese contexto, el Plan de Desarrollo de la UC 2015-2020 se ha hecho presente en la Red de Salud UC mediante proyecciones valóricas y lineamientos estratégicos afines a la estadounidense CHRISTUS Health, donde se encuentran como aspectos fundamentales la innovación, las perspectivas de crecimiento, el mejoramiento del acceso y la búsqueda de la eficiencia en la organización.

Hoy la Red de Salud UC CHRISTUS es una de las redes de atención médica privada más grandes del sistema de salud del país. Está compuesta por el Hospital Clínico, la Clínica UC, la Clínica San Carlos de Apoquindo, 8 centros médicos, 3 Centros de Salud Familiar (CESFAM), 6 laboratorios clínicos y 19 unidades de toma de muestras para exámenes (UTM), las que se ubican tanto en la Región Metropolitana como en la Región de Valparaíso (Red de Salud UC CHRISTUS, 2017).

La red ofrece una gran variedad de servicios en los distintos centros de atención que la componen. En los laboratorios clínicos se ofrecen más de 600 tipos de exámenes de distintas especialidades médicas. A través de las 19 UTM se ofrece el servicio de toma de muestra de exámenes, incluso a domicilio en ciertas comunas de la Región Metropolitana. Por otro lado, los centros médicos y los CESFAM ofrecen atención primaria y secundaria de salud.

Las dos clínicas y el Hospital Clínico son los establecimientos de la red que entregan atención terciaria a sus pacientes. El Hospital Clínico y la Clínica San Carlos de

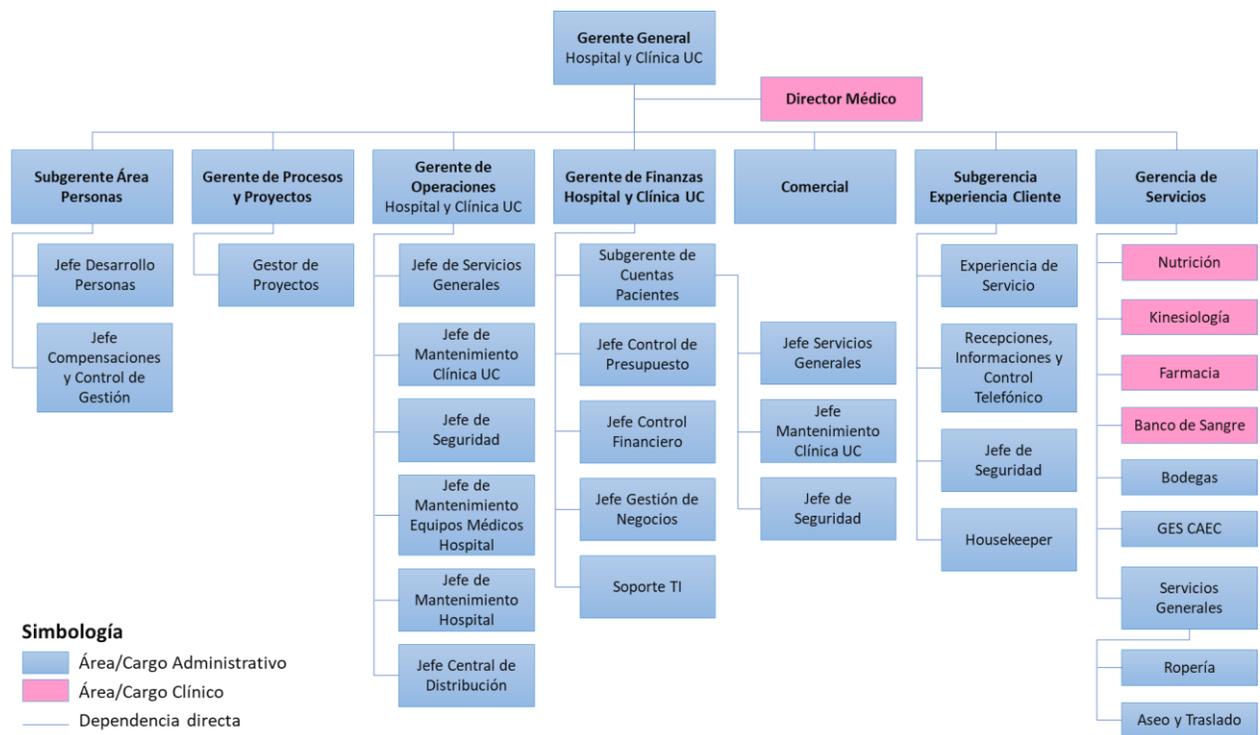
Apoquindo ofrecen tratamientos a enfermedades de alta, mediana y baja complejidad, mientras que la Clínica UC ofrece atención de mediana y baja complejidad. Estos son entregados en distintas unidades clínicas, como por ejemplo las unidades Médico Quirúrgico, Cuidados Cardiovasculares y la Unidad de Pacientes Críticos.

2.3 Hospital Clínico

El Hospital Clínico y la Clínica UC funcionan administrativamente como una sola entidad, pues ambos edificios se encuentran conectados por un puente y el flujo de pacientes entre ambos es habitual. En este documento se hablará del “hospital” para referirse al conjunto de ambos edificios, salvo en casos donde sea necesario explicitar una diferencia.

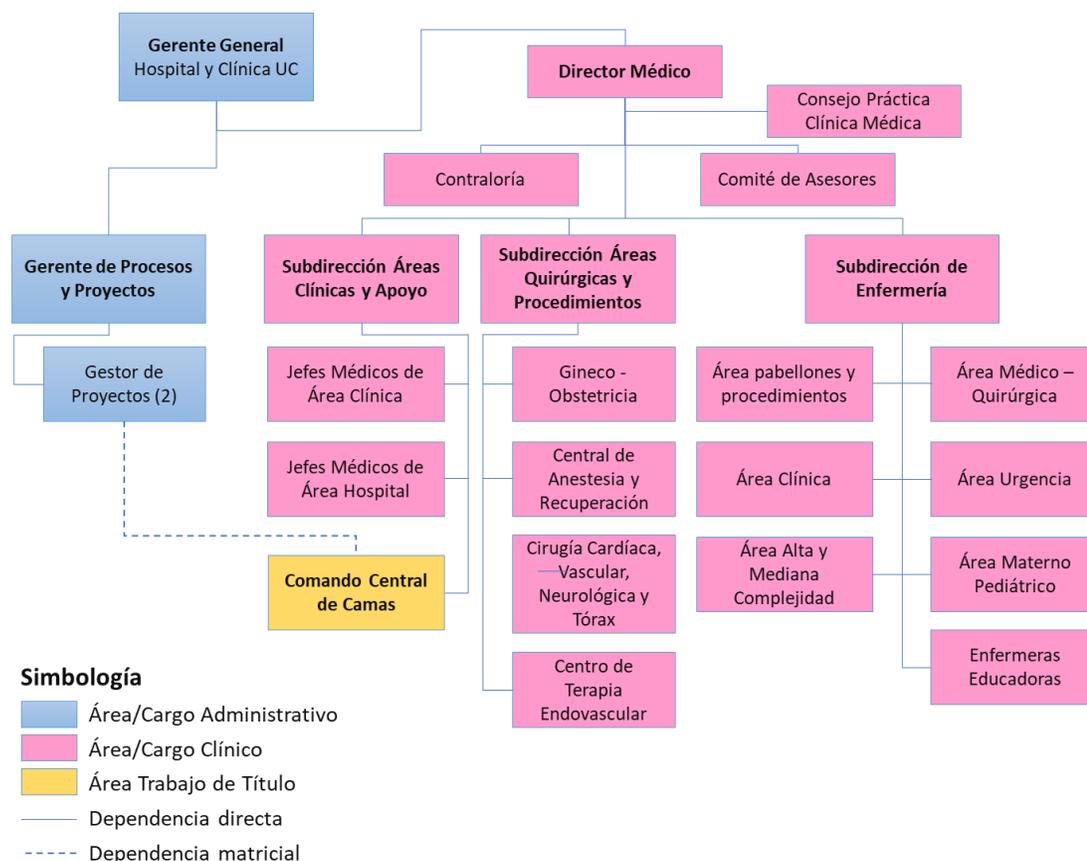
La administración del hospital está a cargo de dos grandes gerencias: la Gerencia General y la Dirección Médica. Ambas trabajan en conjunto para entregar los servicios que la institución ofrece. En la Ilustración N°2 se muestran las 7 gerencias que dependen directamente de la Gerencia General. Todas ellas conforman la componente administrativa de la institución y tienen como objetivo apoyar al personal clínico para lograr un correcto desarrollo de sus servicios.

Ilustración N° 2: Estructura organizacional del hospital



Fuente: Elaboración propia. Adaptación de archivos de la Red de Salud UC CHRISTUS.

Ilustración N° 3: Estructura organizacional Dirección Médica del hospital



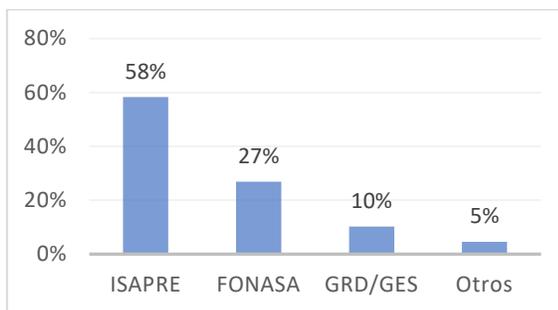
Fuente: Elaboración propia. Adaptación de archivos de la Red de Salud UC CHRISTUS.

La Dirección Médica está integrada en su gran mayoría por profesionales de la salud, principalmente médicos, enfermeras y enfermeros que trabajan de forma directa con los pacientes. Dentro de las tres subdirecciones que responden directamente al Director Médico se encuentra la Subdirección de Áreas Clínicas de Apoyo. Ésta tiene a su cargo al Comando Central de Camas, unidad que nació como un proyecto de la Gerencia de Procesos y Proyectos. Debido a la génesis de esta unidad, la jefatura del proyecto es llevada por dicha gerencia, si bien depende directamente de la Subdirección de Áreas Clínicas de Apoyo. El presente trabajo de título se enmarca en esta unidad, también nombrada “Unidad C3”.

El hospital recibe pacientes beneficiarios de distintas previsiones de salud, tanto a cotizantes en el sistema público como a quienes cotizan en el sistema privado. La gran mayoría de los pacientes del Hospital Clínico están afiliados a alguna ISAPRE y más de un cuarto de los pacientes son de FONASA, siendo un 10% los pacientes beneficiarios de los Grupos Relacionados de Diagnóstico (GRD) o de las Garantías Explícitas en Salud (GES), dos convenios de cobertura de financiamiento para enfermedades específicas. La Isapre Cruz Blanca tiene un 44% del total de pacientes del hospital que cotizan en alguna

ISAPRE, seguida por Colmena con un 33% y luego por Consalud, Banmédica y Nueva Más Vida en menor medida.

Gráfico N° 1: Pacientes del Hospital Clínico según previsión de salud



Fuente: Gerencia Comercial, período abril 2017 – abril 2018.

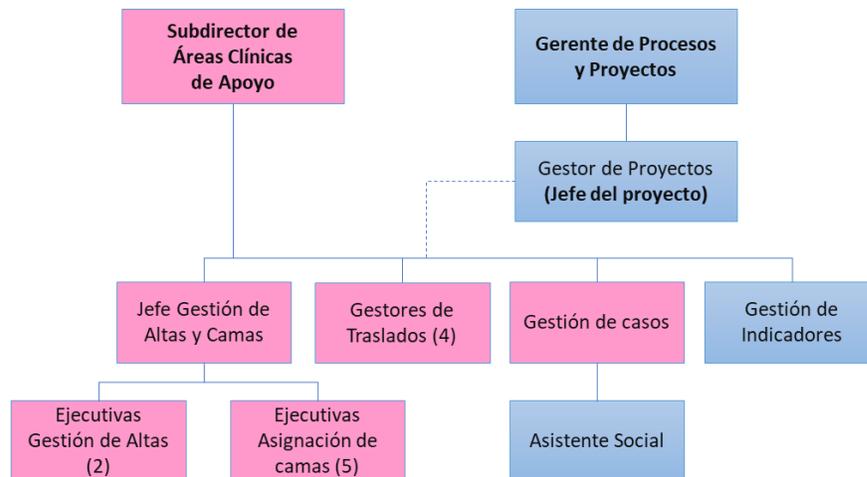
2.4 Unidad Comando Central de Camas

En enero de 2018 se creó una nueva unidad de trabajo llamada Comando Central de Camas, que se ubica en el octavo piso del Hospital Clínico. Esta nueva área nace como un proyecto de la Gerencia de Procesos y Proyectos, con el objetivo de centralizar la gestión de las camas hospitalarias para hacerla más eficiente, disminuir los tiempos de espera en el flujo de pacientes y mantener la calidad del servicio acorde a los estándares de la Institución.

El proyecto Comando Central de Camas comenzó con la centralización de los principales procesos de la gestión de las camas hospitalarias. Para esto, se reunieron tres áreas que ya existían previamente, pero que trabajaban de forma separada: Asignación de Camas, Gestión de Altas y Gestión de Traslados. La primera tiene como principal función asignar las camas de hospitalización a los pacientes según sus necesidades, controlando su ingreso a las distintas unidades clínicas según la disponibilidad de este recurso. La segunda se encarga de agilizar los trámites administrativos que ocurren entre el alta médica (otorgada por el médico) y el alta efectiva del paciente cuando abandona el hospital. La Gestión de Traslados se encarga de gestionar los flujos de pacientes hospitalizados entre las distintas unidades clínicas y los traslados de pacientes externos, solicitados por la UGCC, por hospitales y clínicas que integran el sistema de salud y por las instituciones de previsión de salud.

Adicionalmente, se crearon dos nuevos roles que conforman la unidad junto a los mencionados: Gestión de Casos y Gestión de Indicadores. El primero se encarga de los casos de pacientes de larga estadía en el hospital, coordinando con la previsión de salud del paciente la cobertura de un tratamiento ambulatorio si es posible y analizando distintas alternativas para mejorar su situación. A su vez, la Gestión de Indicadores se encarga del levantamiento de información de los procesos internos y la elaboración de reportes semanales de desempeño, donde el autor de esta memoria se desempeñó como analista realizando su práctica profesional entre marzo y julio de 2018. A continuación, se encuentra el organigrama de la unidad.

Ilustración N° 4: Estructura organizacional del Comando Central de Camas



Simbología

- Área/Cargo Administrativo
- Área/Cargo Clínico
- Dependencia directa
- - - - Dependencia matricial

Fuente: Elaboración propia. Adaptación de archivos de la Red de Salud UC CHRISTUS.

La unidad impacta en las unidades clínicas de hospitalización a través de la asignación de las camas solicitadas por los pacientes. Además de coordinar las altas y la desocupación de las habitaciones, responde a solicitudes provenientes de distintas áreas del hospital: el Servicio de Urgencia, las salas de recuperación post quirúrgica, la unidad de Admisión de pacientes, las unidades clínicas de hospitalización y los prestadores de servicios de salud externos. El flujo de pacientes y las distintas fuentes de solicitudes de camas se explicarán en detalle en la sección 2.6 de este capítulo.

2.5 Unidades clínicas y tipos de camas

El hospital cuenta con distintas unidades clínicas de hospitalización, que son las encargadas de entregar asistencia de salud a los pacientes. Se ubican tanto en el Hospital Clínico como en la Clínica UC y difieren principalmente por el tipo de pacientes que reciben (adultos, pediátricos o neonatológicos) y la complejidad de sus tratamientos (alta, mediana y baja). También se habla de tipo de cuidado intensivo, intermedio y bajo para referirse a la complejidad del tratamiento. Cada unidad posee un equipamiento médico específico y personal especializado para su tipo de atención. Incluso, la cantidad de médicos, enfermeros, matronas y TENS (técnicos de enfermería de nivel superior) por unidad varía según sus requerimientos.

A grandes rasgos se clasifican por complejidad y tipo de pacientes. Por ejemplo, la unidad Intermedio Pediátrico es de media complejidad y recibe pacientes pediátricos,

y la unidad de Cuidados Cardiovasculares es de alta complejidad y recibe pacientes adultos. En el Anexo N°1 se encuentran las distintas unidades clínicas y su clasificación por complejidad y tipo de paciente.

Con respecto a la hospitalización, existen distintos tipos de camas y habitaciones según el tipo de unidad a la que pertenecen. En primer lugar, existen distintas camas para pacientes adultos, pediátricos y neonatológicos, lo que es lógico por las diferencias de tamaño de los hospitalizados, siendo específicamente incubadoras las de los más pequeños. Un paciente se considera neonatológico desde los 0 días hasta el año de vida, pediátrico desde 1 año hasta 14 años de vida, y desde los 15 años en adelante se considera adulto en términos de hospitalización clínica.

Tabla N° 1: Número de camas por tipo de paciente

Tipo de paciente	N° Camas
Adultos	405
Pediátricos	62
Neонатológicos	36
Total	503

Fuente: Comando Central de Camas, período año 2018.

En segundo lugar, además del tipo de paciente, existen camas de alta, mediana y baja complejidad. Esto tiene directa relación con la unidad clínica a la que pertenecen las camas (si la unidad es de cuidados intermedios, tiene camas de mediana complejidad). La razón de esta distinción no es porque las camas sean particularmente distintas, sino que las habitaciones cuentan con distintos niveles de equipamiento médico y de personal especializado para tratar las necesidades de los pacientes.

Tabla N° 2: Número de camas por complejidad

Complejidad	N° Camas
Baja	327
Mediana	88
Alta	88
Total	503

Fuente: Comando Central de Camas, período año 2018.

En tercer y último lugar, no todas las habitaciones cuentan con la misma cantidad de camas. Existen habitaciones individuales, dobles y múltiples. Estas últimas son en su mayoría de cinco camas por habitación, pero también hay de cuatro y de tres camas por habitación. Cuando un paciente ingresa al hospital elige qué tipo de habitación desea utilizar, según el tipo de habitaciones con las que cuenta su unidad de destino. Eso ocurre salvo en los casos en que el paciente deba ocupar una habitación especial de aislamiento o una de cuidados especiales.

Tabla N° 3: Cantidad de camas de baja complejidad por tipo de habitación

Tipo de habitación	N° Camas
Simple	176
Doble	44
Múltiples	107
Total	327

Fuente: Comando Central de Camas, período año 2018.

Cabe destacar que, para las habitaciones dobles y múltiples, existe una restricción que impide hospitalizar en la misma habitación personas de distinto sexo. Por lo tanto, si en una habitación de dos camas hay una paciente mujer hospitalizada y otra cama vacía, esta no puede ser ocupada por un paciente hombre. Como hemos visto, existen varios tipos de camas, y cada una tiene un cobro distinto.

Actualmente el Comando Central de Camas no gestiona todas las camas del hospital. Debido a su reciente creación y al cambio en la cultura organizacional que significa para cada unidad clínica dejar de administrar sus camas, la Unidad C3 se encuentra en un proceso de tomar cada vez más control de las camas. Hoy la unidad gestiona 327 camas de baja complejidad, faltando las 176 camas de cuidados intensivos e intermedios. De esas 327, 294 son de adultos y 33 son de pediátricos.

2.6 Flujo de pacientes y fuentes de demanda

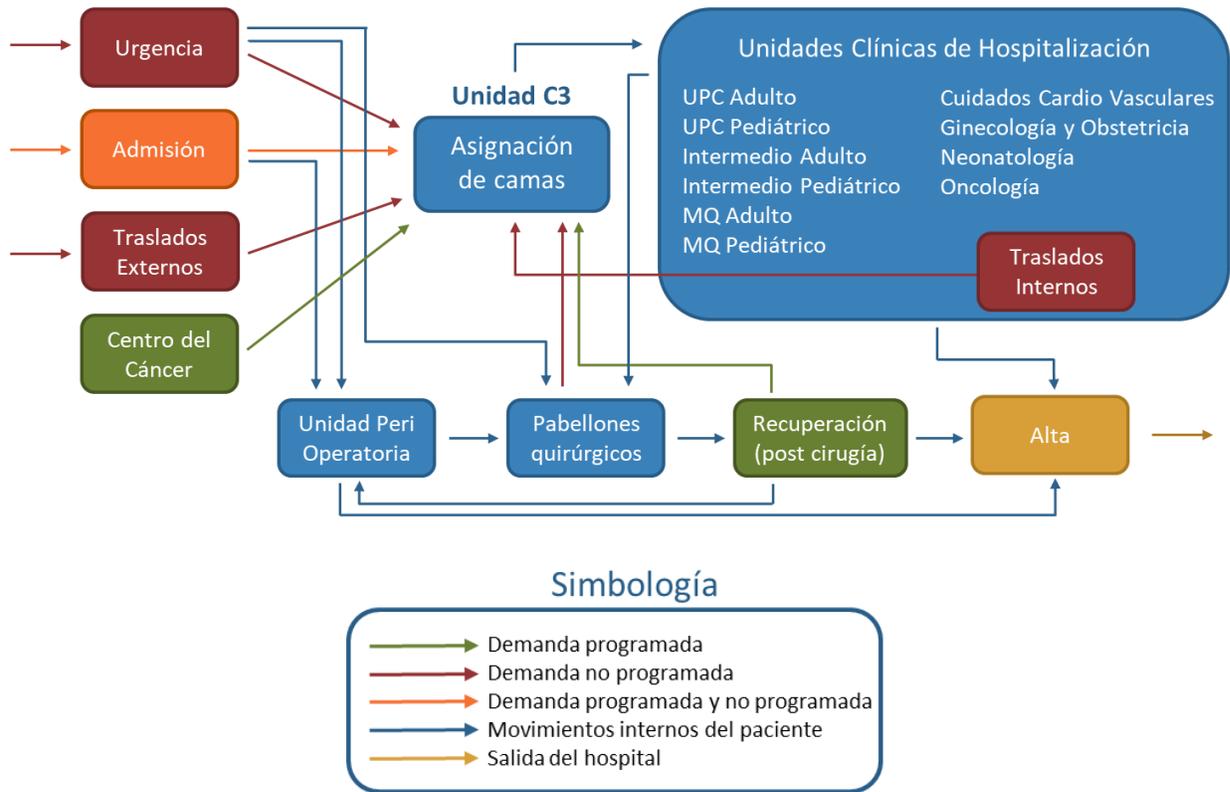
A continuación, se presenta un diagrama explicativo de los principales flujos que pueden tomar los pacientes en su hospitalización, con el fin de que el lector se familiarice con las distintas partes que componen el hospital y las distintas fuentes de demanda de camas.

La mayor fuente de demanda no programada es el Servicio de Urgencia. En este servicio se atienden pacientes que requieren un tratamiento ambulatorio (no necesitan hospitalizarse y retornan a sus hogares) y pacientes que requieren hospitalización para continuar su tratamiento. Si requieren hospitalización, Urgencia solicita una cama directamente a la Unidad C3 para que el paciente se hospitalice. Si el paciente requiere intervención quirúrgica inmediata antes de hospitalizarse, puede pasar directamente al pabellón quirúrgico o pasar antes por la Unidad Peri Operatoria (UPO). Ésta se encarga de preparar a los pacientes pre y post cirugías, en los casos en que su estado de salud permita preparar con tiempo la intervención. Cuando el paciente está listo, ingresa al pabellón quirúrgico que corresponda según su intervención.

El hospital cuenta con cuatro áreas de pabellones: Maternidad, Cirugía General, el Centro de Terapia Endovascular y la Cirugía Cardio – Neuro – Tórax. Luego de realizada la operación, en la mayoría de los casos el paciente se va a la unidad de recuperación post operatoria que corresponde al área de pabellones (cada área tiene una unidad de este tipo). Si requiere hospitalización luego de la recuperación, se solicita una cama a la Unidad C3. Si no, vuelve a la UPO hasta que lo den de alta. En casos de

extrema gravedad del paciente luego de una cirugía, se solicita inmediatamente una cama en una unidad clínica de cuidados intensivos o intermedios y sin pasar por la recuperación, pero estos son casos particulares. En este trabajo se hablará de la demanda de pabellones quirúrgicos (o de la “tabla quirúrgica”, que es la lista de pacientes con cirugías programadas) para referirse tanto a las camas que se solicitan desde las unidades de recuperación como a las que se solicitan directamente desde los pabellones.

Ilustración N° 5: Diagrama del flujo de pacientes del Hospital Clínico y la Clínica UC



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, se encuentra Admisión, la unidad de atención a pacientes que ingresarán al hospital para algún tipo de tratamiento. Existen dos tipos de pacientes que ingresan por Admisión: los quirúrgicos y los no quirúrgicos. Los primeros, luego de haber ido a una consulta con un médico cirujano y agendar su cirugía, realizan el trámite administrativo de ingreso en Admisión al menos dos días antes de su operación. Llegado el día de su cirugía, ingresan por Admisión y luego se trasladan a la UPO para prepararse antes de la intervención. Los pacientes no quirúrgicos, luego de haber ido a una consulta con un médico especialista, también realizan el trámite administrativo de ingreso en Admisión dos días antes, agendando el día en que ingresarán al hospital. Llegado el día, los pacientes se presentan en Admisión y se solicita una cama directamente a la Unidad C3. Cuando es asignada, el paciente se dirige a su habitación para comenzar su hospitalización no quirúrgica, que consiste en administración de medicamentos y en tratamientos entregados en la misma habitación, como la diálisis, la limpieza gastrointestinal o la quimioterapia.

Un 74% de los pacientes que ingresan por Admisión son programados. Esto pues la mayoría realiza el trámite de ingreso días previos a su hospitalización. El resto se atiende en Admisión y solicita hospitalizarse el mismo día. Es por esto que desde Admisión existe una demanda programada y una demanda no programada. Por otro lado, casi el total de las cirugías son programadas por la unidad de agendamiento de pabellones, salvo algunas excepciones y los casos particulares mencionados, por lo que se considera la demanda de camas de pabellones quirúrgicos como una demanda programada.

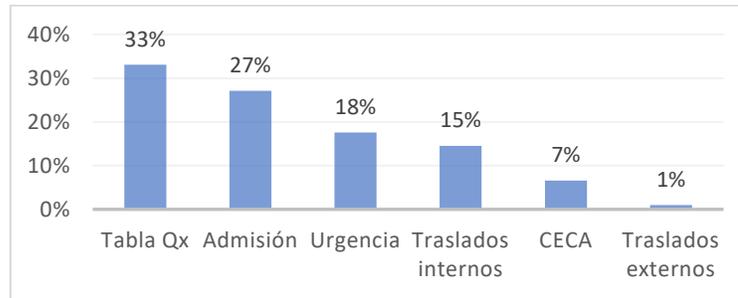
Con respecto a los traslados externos, éstos corresponden a hospitalizaciones de pacientes solicitadas por la UGCC y por hospitales públicos y privados que integran el sistema de salud del país. También estos traslados pueden ser solicitados por alguna ISAPRE, por FONASA o directamente por el paciente o su familia. Estas solicitudes de cama llegan directamente a la Unidad C3 y son atendidas por el Gestor de Traslados, con la particularidad de que el hospital puede rechazar solicitudes si no hay camas disponibles en un momento dado.

Los traslados internos corresponden a otro tipo de solicitudes. Este concepto se utiliza solamente para referirse a traslados de pacientes entre diferentes unidades clínicas. La gran mayoría de éstos son traslados de unidades de alta y mediana complejidad a unidades de baja complejidad. Un buen ejemplo de esto es cuando un paciente que está en una unidad de tratamiento intensivo mejora su estado de salud, pero aún requiere seguir hospitalizado, por lo que se solicita un traslado a una unidad de baja complejidad.

Por último, se encuentra el Centro del Cáncer (CECA) ubicado junto al Centro de Especialidades Médicas y frente al Hospital Clínico. Es el encargado de coordinar la hospitalización de los pacientes oncológicos en el hospital. Este centro envía a la Unidad C3 un listado de todos los pacientes oncológicos que requieren hospitalización semanalmente, por lo que es considerada una fuente de demanda programada, a pesar de que el CECA llama día a día modificando la programación según el estado de salud y la disponibilidad de sus pacientes.

Por lo tanto, las distintas fuentes de demanda de camas son: Urgencia, Admisión, los traslados internos, los traslados externos, el CECA y los pabellones quirúrgicos, tanto desde las unidades de recuperación post operatoria como directamente desde los pabellones en los casos de extrema urgencia. En el Gráfico N°2 se encuentran los porcentajes de demanda que recibe el Comando Central de Camas para cada una de las fuentes de solicitudes.

Gráfico N° 2: Distribución de demanda por fuente



Fuente: Comando Central de Camas, período octubre 2018.

Es importante destacar que las ejecutivas de asignación de camas tienen como meta responder a las solicitudes de cama en un máximo de dos horas para todas las fuentes de demanda. La definición de esta meta nace del concepto de “boarding time de urgencia”, que consiste en el tiempo que transcurre entre la decisión de hospitalización de un paciente que acude a un servicio de urgencia (solicitud de cama) hasta que se le asigna una cama para poder ser hospitalizado. Los expertos indican que un boarding time menor a dos horas es oportuno y a menudo se utiliza la proporción de pacientes que cumplen esta meta como medida de estudio del desempeño de hospitales y clínicas.

2.7 Desempeño de la organización

Con respecto a la actividad del Hospital Clínico y la Clínica UC el primer trimestre del 2018, la ocupación aumentó un 4% con respecto al primer trimestre del año anterior, llegando a 77.3%. Durante el verano se cerraron habitaciones para realizar mantenimientos correctivos y para remodelar ciertas unidades clínicas. La estadía promedio aumentó a 4.98 días por paciente (un 3.3%), debido al aumento de camas críticas en el Hospital Clínico. Por otro lado, las cirugías disminuyeron un 3%, los partos y cesáreas en un 4.5% y las consultas de Urgencia en un 4%. Sin embargo, en términos generales el balance de la actividad hospitalaria fue positivo.

El año 2018 el hospital invirtió en la remodelación de dos de sus unidades clínicas: Maternidad y Pediatría de baja complejidad. Ambas son parte de una serie de intervenciones que están programadas en los próximos años, donde se busca disminuir el número de camas por habitación y mejorar el estándar de calidad de las instalaciones. Esto motivó al hospital a tomar la decisión estratégica de crear el Comando Central de Camas, con el objetivo de mejorar la gestión dada la disminución de la oferta de camas.

Por último, en la entrega del Premio Nacional de Satisfacción de Clientes ProCalidad 2018, el Hospital Clínico UC fue distinguido por primera vez con el premio del “Mejor de los Mejores” en la categoría Transaccional (donde la relación entre el cliente y la empresa no es contractual) y dentro de esta categoría ganó el primer lugar por tercer año consecutivo en el sector Clínicas (La Tercera, 2018). ProCalidad es una organización sin fines de lucro, que nace como una iniciativa conjunta de la consultora Praxis y la Universidad Adolfo Ibáñez y que publica anualmente este estudio hace 15 años, midiendo continuamente a 130 marcas de servicios del país.

CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

3.1 Contexto del problema

En sus primeros meses de ejercicio, el Comando Central de Camas operó con el personal encargado de altas, traslados y gestión de casos. En marzo se integró el autor de este trabajo como practicante de ingeniería, levantando información relevante en cuanto a los tiempos de asignación de camas. A fines de abril se incorporó la ejecutiva de asignación de camas a la unidad, que anteriormente desempeñaba su labor en Admisión y era la única ejecutiva de asignación. En julio de 2018 se integran cuatro ejecutivas más, logrando tener una ejecutiva en horario hábil y una segunda ejecutiva que va rotando entre las cuatro nuevas que se incorporaron, que hacen turnos de día y de noche cubriendo las 24 horas del día.

Por otro lado, las unidades clínicas que se encuentran en remodelación han dejado al hospital con una cantidad menor de camas disponibles para hospitalizar (alrededor de 30 camas menos), lo que ha aumentado la ocupación en un 4% y le ha dado menos holgura a la asignación de camas para poder cumplir con todos los requerimientos del día. Sin embargo, el hospital ha recibido una mayor cantidad de pacientes que el año pasado hasta la fecha, demostrando un mejor uso de la capacidad instalada.

Si bien esto muestra que el hospital es más eficiente, esta situación ha estresado bastante al área de asignación de camas. Tomando en cuenta que durante el próximo año seguirán remodelándose pisos y disminuyendo la capacidad, se hace urgente incorporar medidas que mejoren la eficiencia del proceso de asignación de camas.

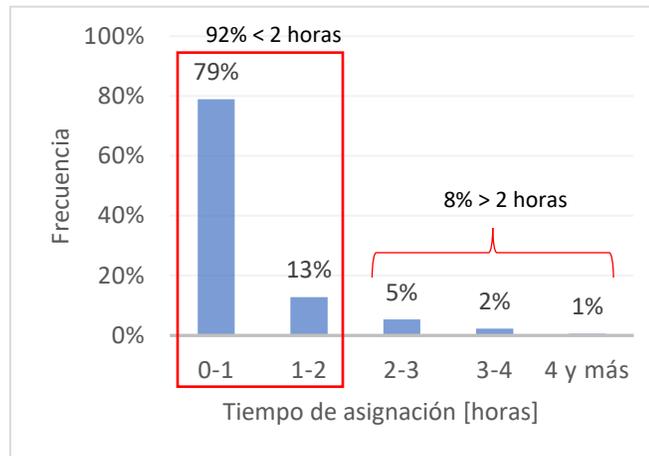
3.2 Declaración y evidencia del problema

La incorporación del cargo de asignación de camas a la Unidad C3 dejó a la vista una serie de situaciones problemáticas en cuanto a la gestión de las camas y habitaciones. El proceso de asignación sitúa en primera prioridad a las cirugías programadas, luego a Admisión y al servicio de Urgencia, y en último lugar a los traslados internos y externos. Esto no es un problema en sí mismo, sino el hecho de que esta prioridad se traduce en una sobreasignación de camas para los pacientes quirúrgicos. Al inicio del día se reservan todas las camas de los pacientes que están en la tabla quirúrgica. Esto provoca que a menudo no se cuente con la cantidad de camas necesaria para responder a tiempo a otras solicitudes de camas, lo que origina el problema que se abordará en este trabajo de título: la asignación de camas posee altos tiempos de espera para pacientes de Urgencia y traslados internos.

Dicha situación se respalda en los siguientes gráficos, que revelan la diferencia que existe entre los tiempos de respuesta para estas distintas fuentes de demanda. Un 92% de las solicitudes de cama provenientes de la Recuperación de Cirugía General cumplen la meta de asignación menor a 2 horas, y solo un 1% de estas solicitudes demoran más de 4 horas. Esto demuestra el excelente desempeño que presenta la Unidad C3 respondiendo a las solicitudes de cama de los pacientes que se operan en el

área de pabellones más grande del hospital. La situación es similar en el resto de las unidades de recuperación post quirúrgica.

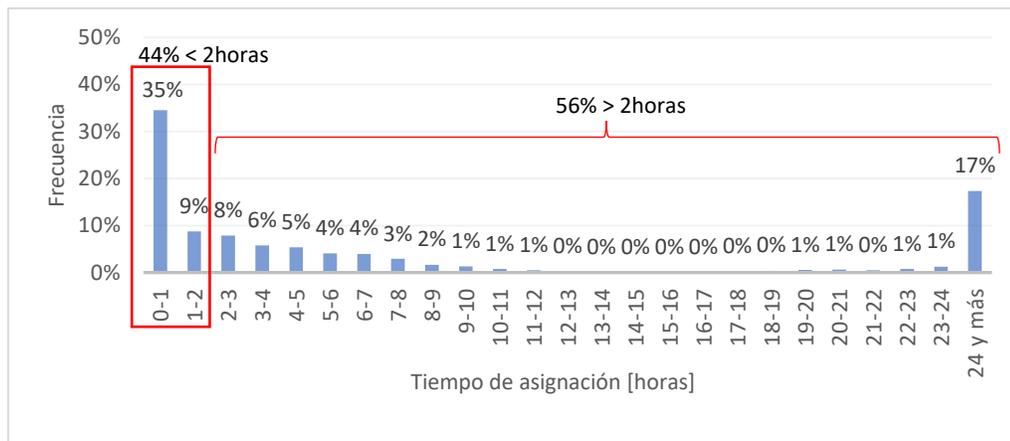
Gráfico N° 3: Histograma de tiempos de asignación a pacientes quirúrgicos



Fuente: Recuperación de Cirugía General, período año 2017.

En contraste a esto, los traslados internos presentan altos tiempos de espera para la respuesta de sus solicitudes. Solo un 44% de las solicitudes de traslados internos se realizan dentro de las primeras 2 horas, siendo incluso un 17% las que demoran más de un día en ser resueltas. Estos datos son de solicitudes de traslados internos desde unidades de alta y mediana hacia unidades de baja complejidad.

Gráfico N° 4: Histograma de tiempos de asignación de traslados internos



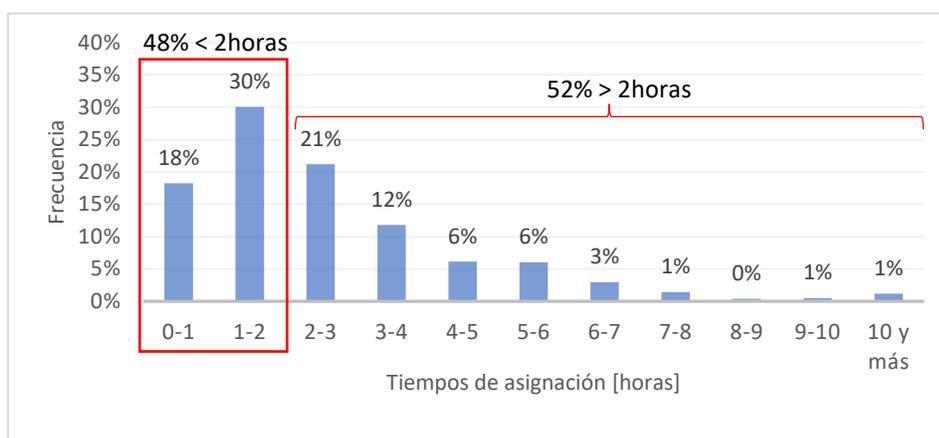
Fuente: Admisión. Solicitudes desde alta y mediana a baja complejidad, período año 2017.

Es importante destacar en el Gráfico N°4, que las solicitudes que demoran 12 horas o menos (que representan el 80%) parecen tener un comportamiento distinto a las solicitudes que demoran más de 20 horas (que representan el 20%). Los datos no proporcionan información suficiente para caracterizar los traslados que demoran más de

un día en concretarse, pero según entrevistas realizadas a los gestores de traslados, el 17% de solicitudes que demoran más de un día representan tanto a traslados normales como casos en que piden camas de cuidados intensivos o de aislamiento, las que son escasas y generalmente se encuentran ocupadas.

Asimismo, los tiempos de asignación a las solicitudes que provienen desde el servicio de Urgencia también presentan un bajo cumplimiento de la meta. Solamente un 48% de las solicitudes son concretadas dentro de dos horas. Si bien el promedio de asignación es 2 horas 36 minutos para solicitudes de Urgencia, la desviación estándar es de 2 horas, teniendo bastantes registros de esperas sobre las 5 y las 6 horas. Incluso, en períodos de alta ocupación (como lo son los meses de invierno), es normal que un paciente pase la noche en un box de urgencia esperando una cama para hospitalizarse, lo que explica los datos mayores de 8 horas.

Gráfico N° 5: Histograma del boarding time de Urgencia



Fuente: Sistema informático Alert, período julio 2018¹.

Cabe destacar que por el momento no se cuenta con datos de tiempos de respuesta a las solicitudes de pacientes no quirúrgicos de Admisión para realizar comparaciones. A su vez, los traslados externos tienen la particularidad de que el hospital solicitante puede buscar atención en otros prestadores de atención del Sistema de Salud de Chile si el Hospital Clínico UC se demora en encontrar una cama disponible, por lo que su comportamiento es distinto al resto de las solicitudes.

3.3 Justificación del problema

A continuación, se detallarán las causas que originan los altos tiempos de asignación para pacientes de Urgencia y traslados internos y las consecuencias que éstos tienen para el hospital y sus pacientes, lo que justificará esta situación como un problema relevante para la organización.

¹ Debido a la forma en que se registran los datos solo se tiene información confiable de este mes.

Comenzando por las causas de los altos tiempos de asignación, se encuentra en primer lugar la descentralización de la gestión de camas que ha operado durante tanto tiempo en el recinto hospitalario. Como la Unidad C3 se creó recientemente, aún existen varias unidades clínicas que gestionan sus camas de manera autónoma. Estas asignan sus recursos con el objetivo de mejorar el funcionamiento de su propia unidad, lo que dificulta que el flujo de pacientes del complejo hospitalario sea eficiente en su totalidad.

La descentralización de la gestión de camas genera situaciones como las reservas múltiples (a un paciente se le asignan camas en dos unidades diferentes) y que al momento de realizar un traslado interno haya pacientes que ocupen más de una habitación a la vez, debido a la falta de coordinación entre las distintas unidades. La creación del Comando Central de Camas es sin duda una excelente iniciativa que acabará con las consecuencias negativas que genera la descentralización, pero al encontrarse en curso el proceso de centralización aún persisten situaciones como estas.

En segundo lugar, los tiempos de aseo de las habitaciones son bastante altos en muchas unidades clínicas, labor que se encuentra a cargo de una empresa subcontratada llamada HHS. El tiempo de aseo promedio es de una hora y 20 minutos por habitación, siendo 50 minutos la meta pactada (Anexo N°2). Si bien existen unidades clínicas en las que se cumple este tiempo, existen otras que demoran más de dos horas por habitación. Esto puede ocurrir por falta de personal en algunos pisos o porque la prioridad que se le da a los aseos de camas recién liberadas no es la suficiente. Sin duda esto aumenta los tiempos de asignación de camas, pues en períodos de alta ocupación la Unidad C3 depende de las altas de los pacientes y su posterior aseo para tener suficientes camas disponibles y responder a la demanda del día.

A esto se suma que la prioridad de asignación puesta en los pacientes quirúrgicos se traduce en una sobreasignación de camas para ellos. Al comienzo del día se reservan todas las camas de los pacientes quirúrgicos programados, independiente de que estos necesiten una cama a las 15:00 o a las 19:00 horas. Está estudiado que la reserva de camas vacías para pacientes que las solicitarán horas más tarde genera ineficiencias que aumentan los tiempos de espera de los pacientes (Rabin, y otros, 2012). Esto tiene mucha relación con la realidad del hospital, pues al medio día ya se cuenta con bastantes altas que podrían satisfacer la demanda de la tarde. Por lo tanto, si se utilizan todas las camas disponibles de la mañana en reservarlas para pacientes que llegarán en la tarde, no hay suficientes camas para satisfacer la demanda de la mañana, lo que provoca altos tiempos de espera. Esto se hace en desmedro del servicio de Urgencia y de los traslados, tanto externos como internos, siendo estos últimos los más perjudicados en cuanto a la disponibilidad de camas necesarias para completar las solicitudes.

Por otro lado, se encuentra la información deficiente sobre la demanda de camas. Si bien existe una demanda programada que cuenta con información sobre el tipo de cama que se solicitará, ésta se encuentra separada en distintos archivos y formatos, haciendo tediosa su manipulación. Tanto así que las ejecutivas trabajan sin conocer la hora en la cual solicitarán camas los pacientes programados, lo que les permitiría hacer más eficiente la asignación. Como además la Unidad C3 no realiza estimaciones de la demanda no programada de camas, las ejecutivas no cuentan con información para

estimar a qué hora se solicitará cierto tipo de camas. Existe un pronóstico de demanda diaria de Urgencia, pero no tiene como objetivo entregar información para la asignación de camas. Este es utilizado por el Subdirector de Áreas Clínicas y Apoyo para comunicar a las unidades clínicas la cantidad de altas que debería haber por día para satisfacer la demanda pronosticada.

Ilustración N° 6: Diagrama de árbol causas y efectos del problema



Fuente: Elaboración propia. Problema (en azul), efectos (en rojo), causas (en verde) y causa por intervenir (amarillo).

La falta de un pronóstico que entregue información acerca de las horas del día en que se pedirán cierto tipo de camas, provoca que las ejecutivas asignen sin saber qué camas se pedirán en la tarde o en la noche. Esto induce que a menudo en la mañana se agoten las habitaciones de un tipo y en la tarde demoren mucho en asignar por poca disponibilidad. Por ejemplo, hay días que en la mañana se asignan las habitaciones individuales y en la tarde la mayoría de las solicitudes siguen siendo de habitaciones individuales, que al estar agotadas esperan a que se desocupe una habitación para asignar, lo que provoca altos tiempos de espera.

Por último, está estudiado que a niveles de ocupación de un hospital mayor o igual al 90% el boarding time de urgencia aumenta (Rabin, y otros, 2012), niveles que han sido alcanzados por semanas durante el invierno de este año. Si bien la ocupación del primer trimestre del 2018 llegó a un 77%, en los meses de invierno el nivel de ocupación del Hospital Clínico es de 83% en promedio, lo que se traduce en semanas en que las unidades de baja complejidad presentan niveles de ocupación del 97% entre el martes y el viernes, los días de mayor ocupación de la semana. Al haber mayor ocupación existe una menor cantidad de camas disponibles para satisfacer la demanda, lo que provoca aumentos en los tiempos de espera. Este es un problema que se enfrenta a nivel mundial, pues en muchos países la oferta local de servicios de atención en salud no es suficiente para la demanda que existe.

Dentro de los efectos que trae para el hospital tener altos tiempos de boarding en Urgencia, se encuentra en primer lugar el riesgo de la seguridad del paciente. Existen estudios que relacionan altos tiempos de boarding con un aumento de mortalidad, morbilidad y de la estadía hospitalaria de los pacientes. Un estudio observó los resultados de pacientes con requerimientos intensivos sometidos a más de 6 horas de espera para ser transferidos a una Unidad de Cuidados Intensivos. Estos pacientes demostraron un aumento de 6 a 7 días de estadía promedio, un aumento de 8.4% a 10.7% de tasa de mortalidad en la UCI, y un aumento de 12.9% a 17.4% de mortalidad intrahospitalaria con respecto a los que esperaron menos de 6 horas (Salway, Valenzuela, Shoenberger, & Mallon, 2017).

A su vez, los tiempos de espera prolongados en el servicio de Urgencia provocan una disminución en la satisfacción del paciente y su familia. Esto podría disminuir la cantidad de futuras atenciones y hospitalizaciones por la difusión de una mala calidad de atención. Además, cuando la ocupación es alta en las unidades de hospitalización los pacientes pasan la noche en los boxes de Urgencia. Estos están equipados por camillas, que son incómodas en comparación las camas de hospitalización y no cuentan con la privacidad de las habitaciones. Todo esto sin contar la cantidad de pacientes que el servicio deja de atender durante un día debido a la congestión en sus boxes cuando hay altos tiempos de espera.

Por otra parte, los altos tiempos de traslados internos tienen una consecuencia económica directa para el hospital. Las camas hospitalarias tienen un cobro distinto según su complejidad. A groso modo, un día cama cuesta \$830.000 en una unidad de alta complejidad, \$645.000 en una de mediana complejidad y \$400.000 en una de baja complejidad. Para las unidades intensivas e intermedias el cobro del día cama es proporcional a las horas en que el paciente estuvo hospitalizado. Para las camas básicas, se cobra el día cama a todos los pacientes que pasaron la noche en el hospital. Si se van antes de las 12:00, no se les cobra adicional; si se van entre las 12:00 y las 16:00 horas, se les cobra 1/3 de día cama adicional; si se van entre las 16:00 y las 20:00 horas, 2/3 de día cama adicional; y sobre las 20:00 se cobra otro día cama completo adicional.

Cuando un paciente debe ser trasladado de una unidad a otra (la gran mayoría de los casos es de unidades intensivas e intermedias a unidades básicas), el hospital tiene un tiempo máximo de dos horas para asignarle una nueva cama según la meta acordada. Luego de esas dos horas, se comienza a cobrar la cama que le corresponde al paciente según su estado de salud, independiente de la cama en la que esté acostado. Por lo tanto, la demora en asignación de camas para solicitudes de traslados internos obliga a mantener a los pacientes acostados en camas de alta complejidad mientras se les está cobrando una cama de baja complejidad. Aquí es donde hay pérdidas de dinero, porque los servicios críticos siguen siendo más caros que los básicos en cuanto al personal calificado, nivel de cuidado y utilización de máquinas de monitoreo de pacientes.

Basándose en los datos entregados por Admisión, de un total de 4.300 traslados, el 56% de ellos no cumple la meta, lo que corresponde a 2.400 traslados en los que se está entregando a los pacientes el mismo tratamiento a un menor precio, lo que se estima en pérdidas de 360 millones de pesos anuales. Además del dinero que se pierde, las

solicitudes de traslados internos cumplen la importante función de descongestionar las unidades críticas e intensivas, las que generalmente se encuentran ocupadas debido a la menor cantidad de camas que poseen.

Por último, el aumento de los tiempos de espera también provoca estrés y aumento de carga laboral, sobre todo en el personal de Urgencia. El servicio se congestiona y se llena de más pacientes, lo que provoca un aumento de la razón paciente/personal. Además, aumentan los reclamos y la gestión de estos, y en varios casos la espera de cama genera el inicio de la atención hospitalaria del paciente en el box de Urgencia, la que no le corresponde al personal de este servicio.

Por lo tanto, el problema de los altos tiempos de asignación tiene efectos negativos para la organización y para sus pacientes, lo que lo convierte en un problema relevante. Esto motivó a la jefatura de la Unidad Comando Central de Camas a solicitar al memorista una solución, para lo cual se analizaron causas del problema con el fin de identificar cuál es la más indicada para ser atacada y lograr mejorar los tiempos de espera.

3.4 Alternativas de solución

Las tres primeras causas del problema se consideran gestionables, e incluso algunas ya están en proceso de mejora. La puesta en marcha del proyecto Comando Central de Camas ataca directamente a la causa de la gestión de camas no centralizada. La unidad aún está en proceso de controlar todas las camas del hospital, eliminando poco a poco los efectos negativos de la descentralización mencionados anteriormente. La sobreasignación de camas para pacientes quirúrgicos es una práctica que se puede erradicar, dejando de reservar las camas al inicio del día y asignando en el momento justo en que la cama es solicitada. Si bien es gestionable, dejar de reservar camas para estos pacientes involucra un cambio cultural por parte del personal del hospital, que lleva años acostumbrado a la actual forma de asignar. Por último, los altos tiempos de aseo en habitaciones también son gestionables, en la medida que se trabaje en conjunto con la empresa HHS para mejorar los aseos de las habitaciones recién desocupadas.

Las otras dos causas están relacionadas con la demanda de camas y son la base de las causas gestionables. Si se tiene un buen pronóstico de demanda, se podrá anticipar los días de la semana y el horario en que habrá más solicitudes de un cierto tipo de camas. Esto contribuiría a erradicar la práctica de reserva de camas, pues se podría planificar la asignación en función de la hora de las solicitudes, asignando los momentos próximos a la solicitud en vez de reservar al inicio del día. En la medida en que la asignación mejore los tiempos de espera de la Unidad C3 aumentará su credibilidad para gestionar mejor las camas, acelerando el cambio cultural que significa que las unidades dejen de tener control sobre la asignación de habitaciones a sus pacientes. Adicionalmente, una mayor información de la demanda podría focalizar el aseo en ciertos horarios y para cierto tipo de habitaciones. Incluso esto ayudaría a programar mejor los mantenimientos preventivos del hospital, procurando mantener la menor cantidad de habitaciones bloqueadas por mantenimiento en los momentos de mayor demanda.

Si bien disminuir la alta ocupación del hospital ayudaría a gestionar aún mejor el resto de las causas, este fenómeno depende de factores que no son controlables, como la demanda de la población por servicios de hospitalización y Urgencia, y otros factores que se encuentran fuera del alcance de la Unidad C3 como el agendamiento de pabellones.

Es por esto que se decidió abordar el problema atacando la causa de la información deficiente sobre la demanda de camas, elaborando un modelo de predicción de demanda de camas que contemple las distintas fuentes de demanda. La información que este entregará ayudará a las ejecutivas de asignación a anticiparse a la demanda, sabiendo qué tipos de camas necesitarán a qué horas del día.

Actualmente se está asignando sin información de la demanda no programada y reservando con anticipación la demanda programada. Durante la mañana, la mayor cantidad de solicitudes provienen de Admisión y de la tabla quirúrgica, pero también Urgencia y los traslados internos solicitan camas y muchas veces no quedan camas para responder en tiempos menores a las dos horas de la meta. En la Tabla N°4 se puede ver un ejemplo de esto, donde un día normal hubo 2 solicitudes de Urgencia en la mañana, pero como se reservaron todas las camas para los pacientes quirúrgicos y el resto para Admisión, no se contó con una cantidad suficiente para responder a las solicitudes de Urgencia hasta la tarde del mismo día. Notar que solo se solicitaron 5 camas de pacientes quirúrgicos en ese período de tiempo, pero se reservaron 11, de las cuales 6 fueron para pacientes que solicitaron cama después de las 13:00.

Tabla N° 4: Ejemplo asignación actual entre 8:00 y 13:00

	Tabla Qx	Admisión	Urgencia	Traslados internos	Traslados externos
Solicitudes	5	17	2	7	0
Asignadas	11	15	0	4	0

Fuente: Comando Central de Camas.

Incluso, las solicitudes de traslados internos que fueron asignadas fueron pedidas el día anterior, por lo tanto, esos pacientes llevaban horas esperando el traslado. Un pronóstico de demanda permitiría planificar con anticipación la asignación para equilibrar los tiempos de respuesta, información que haría posible seguir respondiendo en tiempos razonables a la demanda de pacientes quirúrgicos sin necesidad de reservar las camas al comienzo del día.

CAPÍTULO 4: OBJETIVOS Y ALCANCES

El objetivo general del proyecto es elaborar un modelo de predicción de demanda de camas para el Hospital Clínico de la Red de Salud UC CHRISTUS, con el fin de mejorar la asignación de camas y disminuir los tiempos de espera de los pacientes.

Los objetivos específicos del proyecto son:

1. Elaborar un modelo de predicción diaria de demanda de camas que incluya las siguientes fuentes de demanda: Urgencia, Admisión, traslados internos, traslados externos y pacientes quirúrgicos.
2. Entregar recomendaciones para una correcta utilización del pronóstico de demanda en la operación diaria de asignación de camas.

Con respecto a los alcances de este proyecto de título, el pronóstico de demanda tendrá foco en las camas que actualmente recibe la Unidad C3, que corresponden exclusivamente a camas de baja complejidad de pacientes adultos y pediátricos. De estas camas, el modelo excluirá la demanda de camas de maternidad y la demanda de camas oncológicas proveniente del Centro del Cáncer. La razón es porque la demanda de este tipo de camas es distinta al resto de las camas de baja complejidad, debido al tratamiento específico que se realiza en ellas. A esto se suma que la asignación de pacientes oncológicos se hace de forma separada al resto de las camas, mediante el listado semanal de pacientes que envía el CECA.

Por lo tanto, el modelo de pronóstico contemplará la demanda de camas de baja complejidad de adultos y pediátricos, a excepción de las unidades de pacientes oncológicos y la unidad de maternidad, quedando un total de 282 camas: 255 de pacientes adultos y 27 de pacientes pediátricos².

Por último, es importante destacar que este trabajo contempla el diseño del modelo de pronóstico de camas, el que estará preparado para ser utilizado por el personal del Comando Central de Camas. Sin embargo, este trabajo no se hará cargo de la implementación, limitándose a elaborar recomendaciones para que ésta se realice de forma correcta.

² Este es el resultado de contabilizar todas las camas de baja complejidad, excluyendo ambas unidades de maternidad (en el Hospital Clínico y en la Clínica UC), las unidades de oncología de adultos en la Clínica UC y la mitad de las camas de la unidad de pediatría de la clínica, que son las que reciben a pacientes oncológicos (Anexo N°1).

CAPÍTULO 5: MARCO CONCEPTUAL

A continuación, en este capítulo se detallarán los conceptos, modelos y teorías en las cuales se basará esta investigación para cumplir sus objetivos. Se utilizará principalmente el libro Administración de Operaciones, publicado en 2009 por los autores Richard Chase, Robert Jacobs y Nicholas Aquilano. Este texto se ha actualizado en más de 10 ediciones y es muy utilizado debido a la gran cantidad de subtemas de la gestión de operaciones que aborda.

5.1 Demanda dependiente e independiente

Una primera aproximación para entender el concepto de demanda es separarla en dos tipos: la demanda dependiente y la demanda independiente. La demanda dependiente corresponde a la demanda de un producto o servicio provocada por la demanda de otros productos o servicios. Si una empresa decide fabricar 250 bicicletas para el próximo mes, necesita 500 ruedas y 250 sillines. La demanda por estos dos productos depende de la demanda de bicicletas, por lo que no es necesario un pronóstico para ello y basta con que la lista de estos requerimientos esté en función del pedido de bicicletas. A su vez, la demanda independiente es la demanda de un producto o servicio que no depende de la demanda de otro producto o servicio, que en el ejemplo corresponde a la demanda por bicicletas. Para este tipo de demanda es muy común la utilización de pronósticos.

5.2 Métodos de pronóstico

Existen diferentes métodos que se pueden utilizar para predecir la demanda, los que pueden clasificarse en métodos cualitativos y cuantitativos. Los primeros se utilizan principalmente para casos donde no hay suficiente disponibilidad de datos históricos para cuantificar la demanda o cuando se quiere introducir un nuevo producto en el mercado. Son subjetivos y se basan en estimaciones, opiniones de expertos, encuestas y entrevistas a potenciales clientes. En el libro se explican cinco tipos de métodos cualitativos: técnicas acumulativas, investigación de mercados, grupos de consenso, analogía histórica y método de Delfos.

Con respecto a los métodos cuantitativos, existe una gran variedad de modelos que utilizan datos históricos para realizar estimaciones. Los más utilizados son los de análisis de series de tiempo y el modelo de regresión lineal.

5.2.1 Series de tiempo

Una serie de tiempo es un conjunto de observaciones sobre valores que toma una variable cuantitativa en diferentes momentos del tiempo (Ríos, 2008). El análisis de series de tiempo se basa en la idea de que es posible la utilizar información de la demanda pasada para predecir la demanda futura. Las series de tiempo pueden incluir tendencia, estacionalidad, ciclicidad y aleatoriedad. La notación que normalmente se utiliza para describir estas distintas componentes de las series de tiempo es la siguiente:

D_t : Demanda observada en el período t
 F_t : Pronóstico de demanda para el período t
 $\varepsilon_t = D_t - F_t$: Error del pronóstico en el período t
 n : Número de períodos a promediar

5.2.1.1 Promedio móvil simple

Este método, también llamado método de media móvil simple, estima que la demanda de un período futuro será igual al promedio de la demanda de n períodos anteriores. Es el modelo más simple de los pronósticos de series de tiempo, pues no posee componentes de tendencia, ciclicidad o estacionalidad, solamente una componente de nivel y un componente aleatorio.

Si la demanda que queremos pronosticar no aumenta ni disminuye con rapidez y no tiene características estacionales, un promedio móvil puede ser útil para eliminar las variaciones aleatorias del pronóstico. Cuanto más largo sea el intervalo de tiempo a analizar, más se uniformarán los elementos aleatorios, pero si existe una tendencia en los datos, el promedio provocará que se retrase la tendencia. Su fórmula es:

$$F_t = \frac{D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-n}}{n}$$

5.2.1.2 Promedio móvil ponderado

Consiste en el método de media móvil con una variación en cuanto al peso que se le da a cada período en el pronóstico. Mientras en el promedio móvil todos los períodos tienen el mismo peso en el cálculo del promedio, este método da la posibilidad de definir distintos pesos a cada período según la importancia que este tenga. Generalmente se les da más peso a los períodos recientes, aunque si existe estacionalidad podría convenir ajustar los pesos en función de esta. La única restricción en cuanto a los pesos es que todos deben sumar uno. Su fórmula es:

$$F_t = w_1 D_{t-1} + w_2 D_{t-2} + \dots + w_n D_{t-n}$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Donde w_i : Ponderación del período $t - i$

5.2.1.3 Suavización exponencial simple

El método de suavización exponencial se basa en la idea de que es posible calcular un pronóstico a partir del pronóstico del período anterior y su desviación con respecto a la demanda real de dicho período. Esto se captura mediante una constante de uniformidad alfa (α), también llamada constante de suavización, que define el peso que se le da al ajuste del período anterior.

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(D_{t-1} - F_{t-1})$$

Esta ecuación es la del método de suavización exponencial simple, el cálculo más básico de suavización exponencial, pero de este método se desprenden otros que incluyen componentes de estacionalidad y de tendencia. El más completo de todos ellos es llamado el método de Holt – Winters.

5.2.1.4 Holt – Winters

Este es un método de suavización exponencial con componentes de tendencia y estacionalidad, lo que le permite al pronóstico adaptarse fácilmente a los cambios de demandas estacionales. Existe un método de Holt – Winters con estacionalidad aditiva y otro con estacionalidad multiplicativa, donde el primero supone que la variación estacional es una constante sin importar cuál es la tendencia o la cantidad promedio, y el segundo supone que la estacionalidad varía según el valor de la tendencia y el promedio de la demanda.

A continuación, se muestran las ecuaciones del método de Holt – Winters con estacionalidad multiplicativa, donde A_t es el valor de la demanda suavizada para el período t , S_t y T_t son las estimaciones de estacionalidad y tendencia para el período t , α es la constante de suavización de la estacionalidad, β la constante de suavización de la tendencia, L es la longitud de la estacionalidad que se define (según un análisis previo de la demanda a pronosticar) y p es el número de períodos a pronosticar en el futuro. Las constantes α , β y γ deben tomar valores entre 0 y 1.

$$A_t = \alpha \frac{D_t}{S_{t-L}} + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1})$$

$$S_t = \gamma \frac{D_t}{A_t} + (1 - \gamma)S_{t-L}$$

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$F_{t+p} = (A_t + pT_t)S_{t-L+p}$$

Los métodos de suavización exponencial son los métodos de pronóstico más utilizados (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009), principalmente por la precisión de los modelos exponenciales y su cálculo sencillo, permitiendo ser un método de pronóstico adaptativo de fácil ejecución. Además, el almacenamiento de datos es muy bajo en comparación a los métodos de media móvil y calcular pruebas de precisión relacionadas con el desempeño del método resulta sencillo. Sin embargo, para un mejor desempeño del pronóstico se requiere una actualización diaria de los datos, pues el método pronostica en función de la demanda del día anterior.

5.2.2 Regresión lineal

La regresión lineal es el método más utilizado dentro de los métodos causales de pronóstico de demanda (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009). Se basa en la idea de que existen ciertas variables que de ocurrir causan cambios en otra variable o, dicho de otra forma, explicarían el comportamiento de otra variable.

La regresión lineal es un método matemático que modela la relación entre una variable dependiente y_i (la que queremos explicar) y ciertas variables independientes X_i (que explicarían la variable dependiente). Dentro de otros fines, las regresiones se utilizan para pronosticar una variable en base a otras. La recta de la regresión lineal tiene la forma $y_i = a + b_i X_i$, donde a es la secante en y_i y b_i es la matriz de coeficientes de las variables independientes (en el caso de una sola variable sería la pendiente de la recta).

Para obtener los valores que minimizan el error de la estimación de la recta existen distintos métodos. El más utilizado es el método de mínimos cuadrados, que minimiza la suma de los cuadrados de la distancia vertical entre cada punto de datos y la recta. La ecuación que se resuelve es la siguiente:

$$\text{Mín} \sum_i (\hat{y}_i - y_i)^2 = \sum_i (a + b_i x_i - y_i)^2$$

Donde \hat{y}_i es la estimación de la variable dependiente para el período i . De esta ecuación se obtienen como resultado los siguientes valores de a y b .

$$a = \frac{\sum_i y_i}{n} - b_i \frac{\sum_i x_i}{n}$$

$$b_i = \frac{n \sum_i y_i x_i - [(\sum_i x_i)(\sum_i y_i)]}{n \sum_i x_i^2 - (\sum_i x_i)^2}$$

Encontrando estos valores se tiene como resultado una ecuación $y_i = a + b_i X_i$ que se puede utilizar para pronosticar los futuros valores de y_i en función de los valores que tomarán las variables X_i , que serán conocidas, al igual que los valores de los coeficientes a y b . Por ejemplo, si las variables X_i fueran los días de la semana (tomando el valor 1 si el día corresponde al día i y 0 en caso contrario) y se eligiera el lunes como caso base donde se venden $a = 50$ bicicletas, los valores de los coeficientes b_i indicarían el valor adicional que se vende el día i con respecto al lunes. Así, si se quiere pronosticar la demanda de bicicletas para el viernes, con $b_5 = 15$, el pronóstico indicaría que se venden $y_5 = 50 + 15 * 1 = 75$ bicicletas los días viernes.

Este método tiene la ventaja de no requerir necesariamente una actualización diaria de los datos, pues no pronostica en función de la estimación del período anterior y su error con el pronóstico como los métodos anteriores (salvo que opcionalmente se escojan variables que dependan de demandas de días anteriores). Sin embargo, en general la regresión lineal requiere una mayor cantidad de datos históricos para calcular

los coeficientes que permitan un buen ajuste del pronóstico, a diferencia de los demás métodos que no necesitan tantos períodos de datos.

5.3 Errores de pronóstico

Todos los modelos presentados se pueden utilizar para pronosticar la demanda. Sin embargo, es necesario contar con medidas de error para comparar el ajuste del pronóstico a los datos reales, con el fin de verificar cual es el modelo que mejor se ajusta a los datos reales.

Como fue mencionado previamente, el error de un pronóstico o ε_t corresponde a la diferencia entre el valor real y el valor pronosticado para un cierto período. En la literatura se hace una distinción entre dos tipos de errores de pronóstico. Cuando un pronóstico es realizado sobre valores reales ya conocidos, corresponde a una predicción ex-post. Cuando un pronóstico es realizado sobre valores desconocidos, se trata de una predicción ex-ante (Reveco, 2011). Los errores asociados comúnmente se denominan error de ajuste y error de prueba respectivamente. En este trabajo se llamará error de predicción al error de prueba, con el fin de asociarlo más fácilmente a la predicción de datos futuros.

En general, si se cuenta con un set de datos históricos para realizar un pronóstico, se recomienda dejar cierto período de tiempo fuera del cálculo del modelo predictivo, con el fin de poder comparar tanto el error de ajuste y el error de predicción. Existen estudios empíricos que demuestran que los errores de predicción generalmente exceden a los errores de ajuste. Es importante tener en consideración que un sobreajuste de los datos hace aún más notoria esta diferencia, pues mientras más se ajuste el modelo al set de datos utilizado para estimarlo, pierde más flexibilidad para ajustarse a otro set de datos. Por lo tanto, se recomienda privilegiar modelos que presenten un menor nivel de error de predicción por sobre el valor del error de ajuste, pues es el error de predicción el que indica el nivel de acierto que tiene el modelo para predicciones futuras.

Tabla N° 5: Estadísticos de error de pronóstico

Nombre	Estadístico
Error cuadrático de la media (MSE)	$\frac{\sum_{t=1}^N (\varepsilon_t)^2}{N}$
Raíz del error cuadrático de la media (RMSE)	$\sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N (\varepsilon_t)^2}{N}}$
Error absoluto de la media (MAD)	$\frac{\sum_{t=1}^N \varepsilon_t }{N}$
Error absoluto porcentual de la media (MAPE)	$\frac{\sum_{t=1}^N \frac{ \varepsilon_t }{A_t}}{N}$

Fuente: Elaboración propia.

Existen diversos estadísticos que miden el error de un pronóstico. En la Tabla N°5 se muestran los principales estadísticos, siendo el MAPE y el RSME los más utilizados. A menudo se utiliza el MAPE por su fácil interpretación y porque permite comparar errores de pronósticos que están a escalas distintas. Sin embargo, el problema que este presenta es que cuando los valores reales de demanda se acercan a cero, el valor del estadístico tiende a infinito y su interpretación pierde sentido. El otro indicador bastante utilizado es el RMSE, que también tiene una fácil interpretación y posee la ventaja de que no se indefine con ciertos valores de demanda.

CAPÍTULO 6: REVISIÓN DE LITERATURA

En este capítulo se realizará una revisión de la literatura disponible sobre la utilización de métodos de pronóstico en demanda de camas hospitalarias, con el fin de elegir los métodos a utilizar en este trabajo.

Se han encontrado estudios que pronostican la demanda de camas hospitalarias, pero éstos se han hecho en establecimientos que se encuentran bastante avanzados en cuanto al manejo de información. Utilizan datos como la fecha probable de alta de los pacientes, información que se registra cada vez que un paciente ingresa a hospitalizarse (McClain, 2018). Este dato, sumado a pronósticos de estadía de los pacientes según sus tipos de tratamiento, se analizan en conjunto a pronósticos de consultas para estimar la demanda de camas. Actualmente el hospital no cuenta con dichos datos para realizar ese tipo de pronósticos.

Sin embargo, se han encontrado exitosos casos de pronósticos de consultas de pacientes en servicios de urgencia de Estados Unidos mediante el método de regresión lineal (Batal, Tench, McMillan, Adams, & Mehler, 2001), el que puede ser replicado para pronosticar hospitalizaciones. Estos toman como variables independientes las variables calendario (el día de la semana, el mes del año y los días festivos) y ciertas variables climáticas, como la temperatura promedio y la cantidad de precipitaciones diaria. De esta manera, según el día del año y el pronóstico climático, es posible predecir la cantidad diaria de consultas de pacientes.

Se estudiaron dos de estos casos en detalle. El primero consiste en la elaboración de un pronóstico de visitas al servicio de urgencia del Denver Health Hospital (Estados Unidos) utilizando el método de regresión lineal. El estudio compara distintas ecuaciones utilizando variables calendario, meteorológicas y de otro tipo, concluyendo que las meteorológicas no aportan lo suficiente y al mismo tiempo disminuyen el impacto de las variables calendario, las que resultaron ser las más predictivas (Batal, Tench, McMillan, Adams, & Mehler, 2001). Inicialmente se incluyeron todas las variables, y se eliminaron las que no fueron significativas una a una, para terminar con una regresión con todas las variables significativas al 5% de confianza. Así, la ecuación final quedó de la siguiente forma, donde la variable *Newdate* captura la tendencia del crecimiento continuo del volumen de pacientes a medida que aumenta el tiempo entre la fecha que se predice y la fecha en que se elaboró el pronóstico.

$$\begin{aligned} \text{Volumen diario de pacientes} = & 57.2 + 0.035 \text{ Newdate} + 52.0 \text{ Monday} + 44.2 \text{ Tuesday} \\ & + 39.2 \text{ Wednesday} + 30.2 \text{ Thursday} + 26.5 \text{ Friday} + 10.9 \text{ Saturday} + 12.2 \text{ February} \\ & + 3.9 \text{ March} \end{aligned}$$

Los coeficientes que acompañan a las variables determinan el número adicional de pacientes que se esperan recibir en ese día específico con respecto al caso base. Por ejemplo, para un martes de febrero, el pronóstico de pacientes es $114 = 57.2 + 44.2 + 12.2$ (esto sin contar lo que agregaría el valor de la variable *Newdate*, que depende de la fecha de elaboración del pronóstico). El modelo logró describir un 72.7% de la variación diaria de pacientes, con una desviación estándar de 11%. En base a esta predicción, se

calculó la cantidad de personal por hora en el servicio de urgencia, logrando disminuir un 18,5% la cantidad de pacientes que se van sin ser atendidos y un 30% los reclamos.

El segundo caso es bastante interesante, pues compara el desempeño de distintos métodos pronósticos para el servicio de urgencia del LDS Hospital, ubicado en Utah, Estados Unidos. Esta investigación concluye que el método de regresión lineal es más preciso que los métodos de medias móviles, suavización exponencial y modelos de previsión de redes neuronales para pronosticar el volumen diario de visitas al departamento de urgencia (Jones, y otros, 2008). La metodología utilizada para la regresión lineal es similar a la recién explicada, coincidiendo con este estudio en que las variables calendario son más predictivas que las meteorológicas.

Otro estudio que analiza nueve publicaciones de pronósticos de consultas en servicios de urgencia (incluidos los dos mencionados) concluye que los métodos de series de tiempo presentan ajustes similares a los métodos de regresión lineal basados en variables calendario, siendo estos últimos los más sencillos de interpretar y apropiados para comunicar a profesionales no especializados en estadística (Wargon, Guidet, Hoang, & Hejblum, 2008).

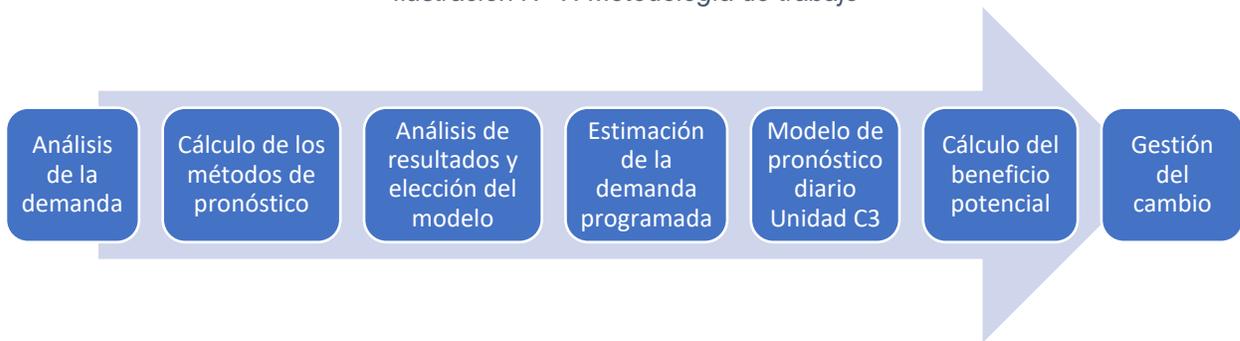
Con el fin de contar con más de un modelo para comparar el nivel de predicción de datos futuros, se ha decidido pronosticar la demanda de hospitalizaciones mediante los métodos regresión lineal y Holt – Winters. Ambos pueden estimarse para cada una de las fuentes de demanda de camas y se han elegido por poseer ventajas diferentes. El primero es mencionado en la literatura como el que mejor predice las consultas de Urgencia y es totalmente replicable para un pronóstico de hospitalizaciones de cualquier fuente de demanda. Además, justo para Urgencia se cuenta con una cantidad de datos más que suficiente para realizar este tipo de pronósticos. Este método no requiere necesariamente la información de la demanda del período anterior para poder pronosticar, lo que da la ventaja de realizar el pronóstico con anticipación y para un año entero si fuese necesario.

Finalmente, el método de Holt-Winters captura la estacionalidad y la tendencia en sus variables, elementos que están presentes en la demanda de camas. Éste no requiere una gran cantidad de datos para predecir, siendo ideal para las fuentes de demanda que poseen una menor cantidad de datos, aunque requiere una mayor actualización de datos para lograr un buen desempeño.

CAPÍTULO 7: METODOLOGÍA

A continuación, se detalla la metodología de este trabajo, que guarda relación con el marco teórico descrito y la revisión de literatura e incluye todos los pasos necesarios para cumplir los objetivos.

Ilustración N° 7: Metodología de trabajo



Fuente: Elaboración propia.

La primera etapa de la metodología consiste en realizar un análisis de la demanda diaria de camas (o demanda de hospitalizaciones) para cada una de las fuentes de demanda: pabellones quirúrgicos, Urgencia, Admisión, traslados internos y traslados externos. Se estudiarán la media y la varianza de cada una, además de la existencia de tendencia y de estacionalidades semanales y mensuales, todo esto separado por pacientes adultos y pediátricos, salvo para la demanda de traslados internos que posee una base de datos que no distingue por tipo de paciente. Adicionalmente, se estudiará la demanda de consultas de Urgencia (las que pueden ser ambulatorias o requerir hospitalización) y el total de solicitudes de traslados externos (que incluyen solicitudes que no lograron ser hospitalizadas por no cumplir con ciertos requisitos), debido a que se dispone de estos datos y se cree que entregarán información adicional para comprender la demanda de hospitalizaciones.

En segundo lugar, se estimarán modelos de pronóstico de demanda diaria de camas mediante los métodos Holt – Winters y regresión lineal para cada una de las fuentes de demanda no programada: Urgencia, Admisión, traslados internos y traslados externos. Entendiendo la diversidad de camas y tipos de habitaciones que existen en el complejo hospitalario, el ideal sería modelar la demanda de camas desagregada por tipo de cama y hora del día en que solicitan. Sin embargo, la Unidad C3 solo cuenta con una pequeña muestra de 3 meses de datos a ese nivel de detalle para todas las fuentes de demanda: con hora de solicitud y tipo específico de cama solicitada (a qué unidad clínica pertenece la cama y qué tipo de habitación es: individual, doble o múltiple).

Afortunadamente el hospital sí cuenta con datos diarios de demanda de camas para todas las fuentes de demanda en distintas bases de datos. La base de datos de Urgencia que se utilizará fue extraída del sistema informático Alert, utilizado por el personal del servicio, y es la más extensa de todas, con cinco años de datos desde marzo de 2013 hasta febrero de 2018. Esta tiene información de la demanda de consultas y la demanda de hospitalizaciones de pacientes de todas las complejidades.

La base de datos de traslados externos cuenta con un período de un año y tres meses de datos, desde abril de 2017 hasta junio de 2018 y corresponde al archivo Excel donde los gestores de traslados registran todas las solicitudes externas de camas, por lo tanto, se tiene la demanda del total de solicitudes y las hospitalizaciones efectivas por traslados externos de pacientes de todas las complejidades.

Por último, se encuentra la base de datos de Admisión, que incluye los datos de Admisión y de los traslados internos del hospital. Esta base de datos era registrada por la ejecutiva de asignación de camas antes de que se incorporara a la Unidad C3, mientras trabajaba en Admisión. Estos datos son exclusivamente de pacientes de baja complejidad y se encontraban almacenados en múltiples archivos, los que fueron recopilados para construir una base de datos de un año y dos meses de datos, desde enero de 2017 a febrero de 2018. No se cuenta con datos del total de consultas realizadas en la unidad de Admisión, solamente de las hospitalizaciones. En los traslados internos no aplica la distinción de consultas, pues todas son solicitudes efectivas de camas.

Como se mencionó anteriormente, todas estas fuentes tienen la demanda diaria de pacientes adultos y pacientes pediátricos por separado, salvo la demanda de traslados internos. Por lo tanto, se realizarán pronósticos de demanda diaria para cada fuente de demanda por separado y modelando las demandas diarias de adultos y pediátricos por separado en los casos en que sea posible. Adicionalmente, se pronosticarán las consultas de Urgencia y el total de solicitudes de traslados externos, con el fin de obtener información relevante que pueda entregar el ajuste a un pronóstico de consultas. Para el caso específico de las consultas de Urgencia, además de regresiones lineales se calcularán regresiones logarítmicas, con el logaritmo aplicado en la variable dependiente. A diferencia de las hospitalizaciones, las consultas no tienen valores iguales a cero, por lo tanto, tiene sentido aplicar este tipo de regresiones pues no se indefine la función del logaritmo.

Luego de calcular los métodos de pronósticos de demanda, se realizará un análisis de los resultados y una comparación entre los distintos métodos calculados para cada fuente, con el fin de definir el método que tenga una mejor capacidad de pronóstico. La comparación se hará mediante la raíz del error cuadrático medio o RMSE, debido a que hay días en que las solicitudes de cama se acercan a cero y el MAPE pierde interpretación. Para los modelos de consultas se analizarán el RMSE y el MAPE en conjunto.

En la cuarta etapa, se realizará una estimación de la demanda programada para pabellones quirúrgicos. Actualmente existe una programación que se envía en un archivo Excel con el cual es posible estimar la hora de la solicitud de las camas hospitalarias, información que no se está utilizando en la Unidad C3. Dicha estimación se realizará programando una macroinstrucción en Excel, comúnmente abreviada “macro”, que consiste en una secuencia de instrucciones que se realizan automáticamente con una sola orden (RAE, 2018).

A continuación, se realizará un modelo de pronóstico de demanda diaria para la Unidad C3, que utilice tanto los pronósticos de la demanda no programada como la

estimación de la demanda programada y que entregue información relevante para la asignación de camas. Para las fuentes de datos que contengan la demanda de pacientes de todas las complejidades, se aplicarán porcentajes históricos para corregir la demanda y obtener una estimación exclusiva de la demanda de baja complejidad. Luego, utilizando el pronóstico diario se estimará la demanda de cada fuente para distintos bloques horarios, que serán definidos en conjunto con las ejecutivas de asignación de camas. Esta estimación se realizará con la muestra reciente de 3 meses de datos de asignación de camas y con porcentajes históricos de la distribución horaria de la demanda.

Luego, se calculará el beneficio potencial de implementar el modelo de pronóstico, estimando los tiempos de asignación que se obtendrían con el modelo y comparándolos con los tiempos que se obtienen con la asignación actual sin información de la demanda.

Finalmente, se analizarán las condiciones necesarias para una correcta implementación de este modelo de pronóstico de demanda diaria, utilizando los pasos que propone John Kotter para lograr una correcta gestión del cambio.

CAPÍTULO 8: ANÁLISIS DE LA DEMANDA

En este capítulo se realizará una caracterización de la demanda diaria de camas que recibe el Comando Central de Camas del hospital. Principalmente se analizará la tendencia, las estacionalidades semanales y mensuales, la media y la varianza. Esto se hará para cada una de las fuentes de solicitudes según la información disponible para cada una, partiendo por la demanda programada y siguiendo con la no programada.

8.1 Pabellones quirúrgicos: demanda programada

Los pabellones quirúrgicos son la mayor fuente de solicitudes de cama del hospital. De todas las solicitudes que la Unidad C3 recibe en el día, un 33% corresponden a pacientes programados en la tabla quirúrgica. Un 88% de las cirugías son realizadas en pacientes adultos, 10% en pediátricos y un 3% en pacientes neonatológicos.

El Hospital Clínico posee un total de 25 salas de pabellones quirúrgicos, agrupadas en cuatro áreas diferentes. Cirugía General es donde se realizan la mayor cantidad de cirugías. En Cirugía Cardio – Neuro – Tórax (CNT) se realizan principalmente cirugías cardíacas, cardiovasculares y del sistema circulatorio. El Centro de Terapia Endovascular (CTEV) realiza principalmente procedimientos de disciplinas endovasculares, aunque también está habilitado para intervenciones quirúrgicas. Por último, Maternidad realiza cirugías obstétricas y ginecológicas. Todas las áreas de pabellones tienen salas de recuperación de pacientes post quirúrgicas, algunas con habitaciones que poseen con una gran cantidad de camas, como la Recuperación de Cirugía General, y otras con un menor número dependiendo de los tratamientos.

Tabla N° 6: Cirugías y procedimientos diarios en pabellones quirúrgicos

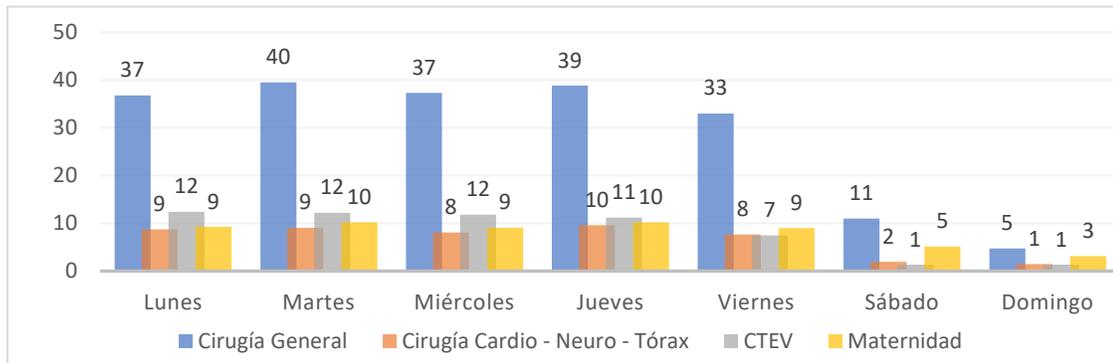
Área de pabellones	Número de pabellones	Promedio	Desviación Estándar
Cirugía General	13	29	16
CTEV	5	9	5
Cirugía CNT	4	7	4
Maternidad	3	8	4

Fuente: Dirección Médica, período año 2017.

Si bien las cirugías diarias presentan los valores promedio que se observan en la tabla, estos datos son de todos los días del año. La actividad de los pabellones es mucho más intensa de lunes a viernes, sobre todo en Cirugía General, donde se realizan 37 cirugías diarias en promedio. Las demás áreas de pabellones presentan niveles de actividad similares en los distintos meses del año, salvo el CTEV que presenta un aumento entre mayo y noviembre. En el Gráfico N°6 se puede ver que los meses de mayor actividad en Cirugía General son enero, agosto y julio. Febrero, septiembre y abril son los de menor actividad. Sin embargo, no se ve una estacionalidad de un largo definido, de 4 o 6 meses seguidos de mayor actividad y luego otros 4 o 6 meses de baja

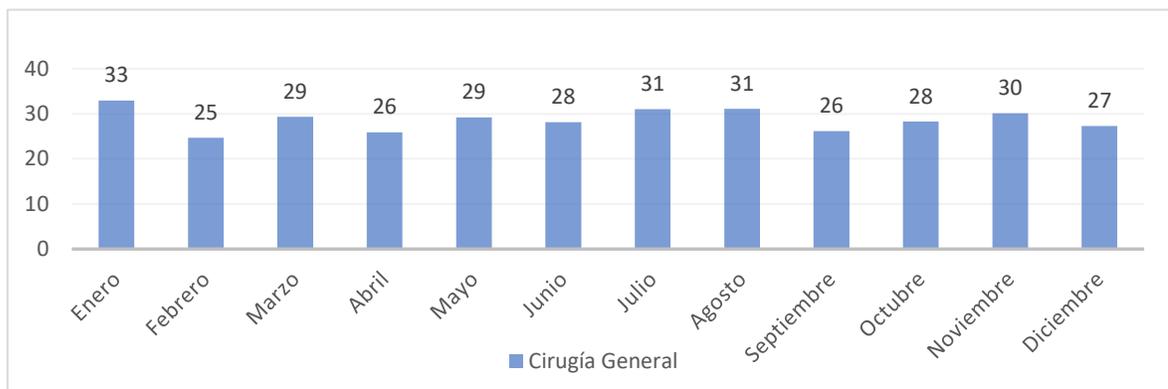
actividad. Con respecto a la tendencia, el total de cirugías del hospital presenta una disminución del 3% con respecto al año pasado.

Gráfico N° 6: Promedio diario de cirugías por día de la semana



Fuente: Dirección Médica, período año 2017.

Gráfico N° 7: Promedio de cirugías diarias por mes del año



Fuente: Dirección Médica, período año 2017.

Es importante destacar que no todas las cirugías terminan en hospitalización de pacientes. Algunas tienen una recuperación post quirúrgica rápida y son ambulatorias, con retorno a sus hogares el mismo día de la cirugía. Para efectos de la Unidad C3, el foco es la demanda de camas de baja complejidad, que se distribuye de distinta forma para cada área de pabellones.

Tabla N° 7: Destinos de pacientes post cirugías

Complejidad Paciente	Baja		Mediana		Alta		Ambulatorio	
	Ad	Ped	Ad	Ped	Ad	Ped	Ad	Ped
Cirugía General	75%	30%	15%	-	5%	5%	5%	65%
Cirugía Cardio – Neuro – Tórax	20%	-	5%	-	70%	100%	5%	-
Centro de Terapia Endovascular	20%	100%	-	-	10%	-	70%	-
Maternidad	100%	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Dirección Médica, período no especificado.

Por lo tanto, lo relevante para el Comando Central de Camas es que el 75% de las cirugías de adultos en los pabellones de Cirugía General terminan en solicitudes de camas de baja complejidad y el 20% de los pabellones del CTEV y de Cirugía CNT. En el caso de los pediátricos, el 100% de las operaciones en el CTEV y el 30% de las solicitudes de Cirugía General son solicitudes de cama a la Unidad C3. Hay que recordar que la unidad se encuentra en proceso de administrar las camas de maternidad, por lo tanto, para efectos la estimación de demanda queda fuera del alcance.

Por último, esta demanda es programada en la tabla quirúrgica con bastante anticipación, cerrándose la tabla definitiva aproximadamente a las 13:00 del día previo a las cirugías, la que se envía en un archivo Excel a la Unidad C3 y a múltiples unidades en el hospital. Un 15% del total de cirugías se agregan a última hora a la tabla quirúrgica, las que se agregan a otro archivo Excel que envían a las 20:00 del día previo a las cirugías. Sin embargo, un 18% de las cirugías entran en la categoría de “cirugías urgentes”, y son éstas las que se conocen el mismo día. La mayoría de las urgencias se concentran en los pabellones de Cirugía General y Maternidad, con 5 y 4 urgencias por día en promedio, respectivamente. El resto de los pabellones tiene en promedio una cirugía urgente diaria.

8.2 Urgencia

Para esta fuente de demanda se utilizó información del sistema informático Alert, que es el que almacena la información registrada por el personal de Urgencia. Es importante destacar que la base de datos utilizada no distingue pacientes por complejidad de tratamiento y que Unidad C3 actualmente asigna solo camas de baja complejidad. Sin embargo, está separada la demanda de pacientes adultos y pediátricos, y se sabe que un 60% de las hospitalizaciones de adultos desde Urgencia son de baja complejidad y que en el caso de los pediátricos es un 85%³. Por otro lado, además de las hospitalizaciones, se cuenta con datos del total de consultas diarias en el servicio. Hay que recordar que el foco de este estudio está puesto en la demanda de camas, que corresponden a las hospitalizaciones. No obstante, el análisis de las consultas entrega información adicional para comprender el fenómeno que está detrás de la demanda de camas.

Diariamente el servicio de Urgencia del Hospital Clínico atiende a una gran cantidad de pacientes. En promedio recibe 214 consultas al día, de las cuales un 89% son ambulatorias y un 11% requieren hospitalización, debido a la complejidad del tratamiento que necesitan los pacientes. Un 70% de las atenciones son de pacientes adultos y un 30% de pacientes pediátricos, los que en conjunto completan el total de la demanda de consultas. En la Tabla N°8 se muestra el promedio de consultas y hospitalizaciones diarias y sus respectivas desviaciones estándar.

Se ha realizado una gran cantidad de estudios sobre el comportamiento de la demanda de servicios de urgencia a lo largo del mundo. En ellos hay evidencia suficiente

³ Dato histórico entregado por Dirección Médica.

que demuestra que la demanda está muy marcada por los días de la semana, siendo estas “variables calendario” las que tienen un mayor efecto en la explicación de su comportamiento (Wargon, Guidet, Hoang, & Hejblum, 2008). Analizando los datos, este efecto también se encuentra presente en la Urgencia del Hospital Clínico, pero de distinta forma para pacientes adultos y pediátricos.

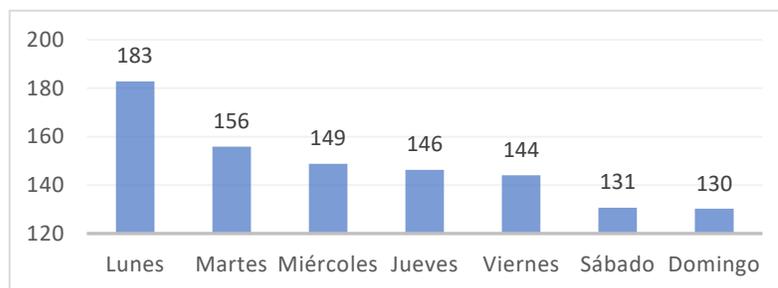
Tabla N° 8: Demanda diaria del Servicio de Urgencia

Demanda	Promedio	Desv. Estándar
Consultas Adultos	148	26
Consultas Pediátricos	64	17
Hospitalizaciones Adultos	20	5
Hospitalizaciones Pediátricos	3	2

Fuente: Sistema informático Alert, período marzo 2013 – febrero 2018.

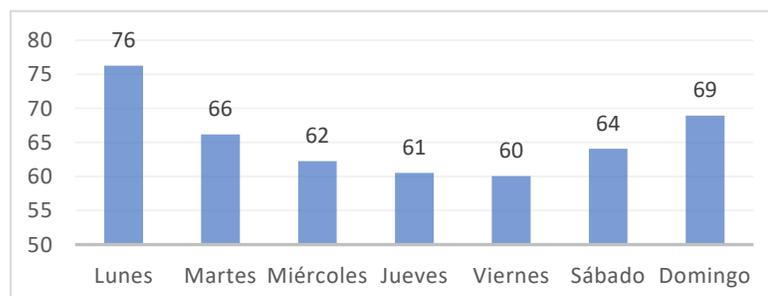
En los Gráficos N°8 y N°9 se puede apreciar que las consultas presentan estacionalidad semanal, siendo el lunes el día de mayor demanda en ambos tipos de pacientes. En el caso de los adultos, esta disminuye a medida que avanza la semana hasta llegar al domingo, el día de menor demanda. El caso de los pediátricos es distinto, pues la demanda disminuye hasta el viernes, donde comienza a aumentar hasta llegar al domingo con una demanda similar a la del lunes.

Gráfico N° 8: Promedio diario de consultas de adultos en Urgencia



Fuente: Sistema informático Alert, período marzo 2013 – febrero 2018.

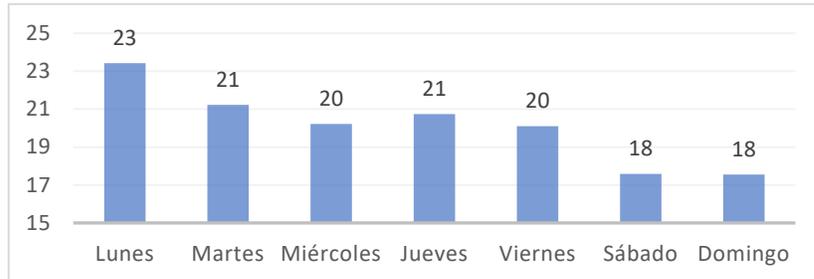
Gráfico N° 9: Promedio diario de consultas de pediátricos en Urgencia



Fuente: Sistema informático Alert, período marzo 2013 – febrero 2018.

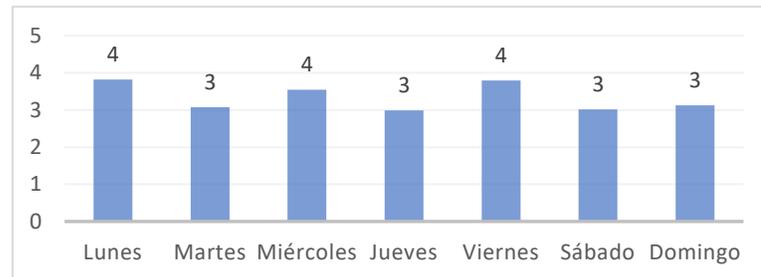
En los Gráficos N°10 y N°11 se muestran los promedios diarios de hospitalizaciones desde Urgencia. En los adultos se ve una estacionalidad semanal similar a la de las consultas, pero la diferencia de estas últimas entre el día de mayor y menor demanda es de 53 pacientes, siendo solo 5 en el caso de las hospitalizaciones. En los pacientes pediátricos la variación durante los días de la semana es casi imperceptible y no se ve una estacionalidad clara como en las consultas.

Gráfico N° 10: Promedio diario de hospitalizaciones de adultos desde Urgencia



Fuente: Sistema informático Alert, período marzo 2013 – febrero 2018.

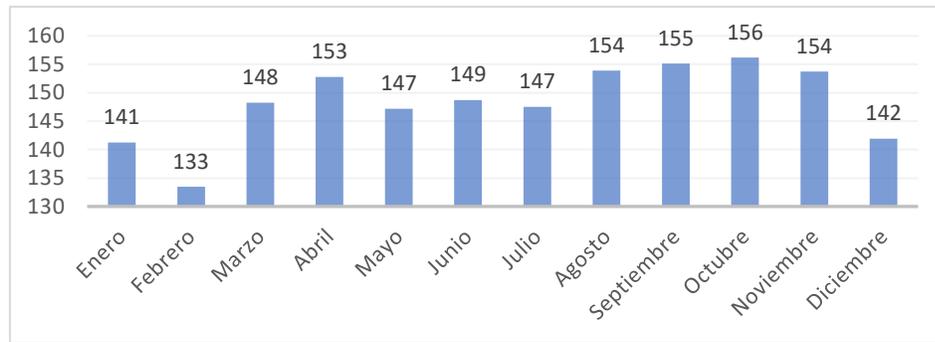
Gráfico N° 11: Promedio diario de hospitalizaciones de pediátricos desde Urgencia



Fuente: Sistema informático Alert, período marzo 2013 – febrero 2018.

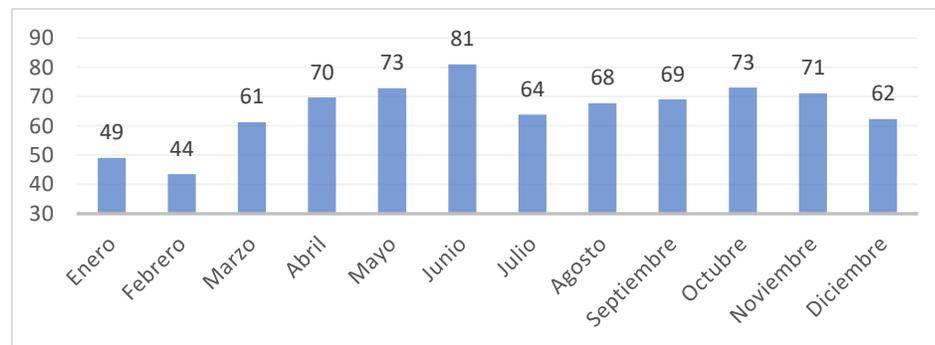
Con respecto a la estacionalidad mensual, el volumen total de atenciones se ve marcado por los meses de vacaciones, disminuyendo en julio (vacaciones de invierno) y gradualmente desde diciembre hasta febrero (vacaciones de verano), siendo este último el mes de menor volumen (Anexo N°3). Los peaks de demanda se encuentran en los meses de julio y octubre, pero tienen un comportamiento distinto según el tipo de paciente. Mientras los adultos tienen su peak en octubre, los pediátricos lo tienen en julio. A su vez, en los pediátricos el efecto de las vacaciones escolares en julio es claro, pero en los pacientes adultos no existe.

Gráfico N° 12: Promedio diario de consultas de adultos por mes del año en Urgencia



Fuente: Sistema informático Alert, período marzo 2013 – febrero 2018.

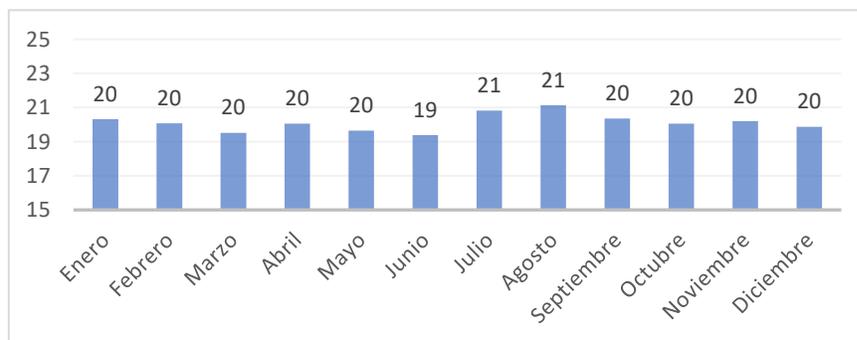
Gráfico N° 13: Promedio diario de consultas pediátricas por mes del año en Urgencia



Fuente: Sistema informático Alert, período marzo 2013 – febrero 2018.

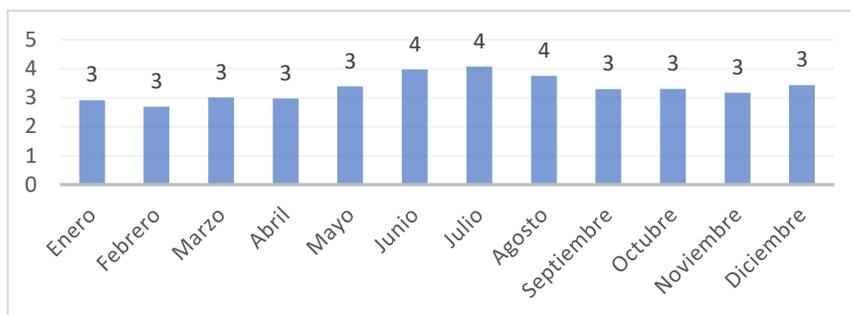
A diferencia de las consultas, la estacionalidad mensual casi no se percibe en las hospitalizaciones. Por lo tanto, para ambos tipos de pacientes el cambio de esta demanda a lo largo del año es menos notorio que el cambio en las consultas. A pesar de ser mínima la diferencia, se puede identificar que en los meses de invierno hay un leve aumento de las hospitalizaciones de pacientes.

Gráfico N° 14: Promedio diario de hospitalizaciones de adultos desde Urgencia



Fuente: Sistema informático Alert, período marzo 2013 – febrero 2018.

Gráfico N° 15: Promedio diario de hospitalizaciones pediátricas desde Urgencia



Fuente: Sistema informático Alert, período marzo 2013 – febrero 2018.

8.3 Admisión

Esta unidad de atención tiene un funcionamiento similar a Urgencia: cuenta con una cierta cantidad de atenciones diarias y algunas de ellas se traducen en hospitalizaciones solicitadas a la Unidad C3. Las bases de datos analizadas cuentan exclusivamente con información de solicitudes de cama de baja complejidad, por lo tanto, un 100% de ellas corresponden a demanda percibida por la Unidad C3. Existe una base de registro para adultos y otra para pediátricos.

La cantidad diaria de camas que solicita Admisión son similares en número a las que solicita el servicio de Urgencia. En promedio, se requieren 20 camas al día de pacientes adultos y 4 de pacientes pediátricos.

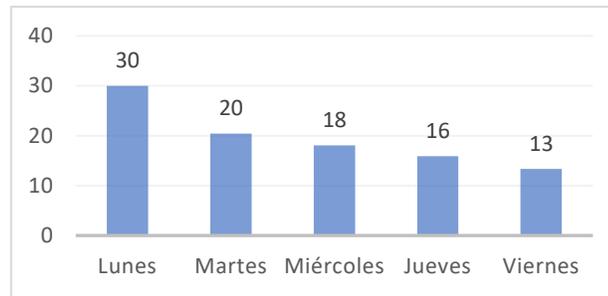
Tabla N° 9: Demanda diaria de camas desde Admisión

Demanda	Promedio	Desv. Estándar
Hospitalización Adultos	20	9
Hospitalización Pediátricos	4	2

Fuente: Admisión, período enero 2017 – febrero 2018.

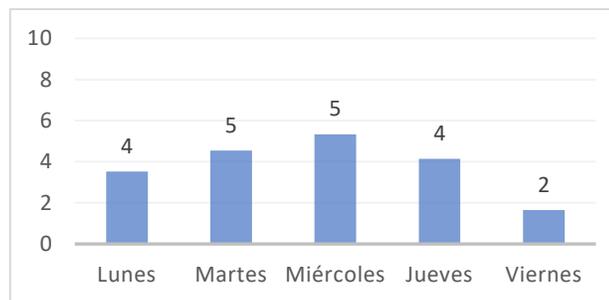
Analizando la estacionalidad semanal, la demanda de camas de adultos desde admisión también es mayor el primer día de la semana y disminuye a medida que esta avanza. El contraste está en que la diferencia entre el lunes y el viernes es mayor que en urgencia, siendo las solicitudes del lunes más del doble que las del viernes. Los pacientes pediátricos muestran una leve diferencia en los días de la semana, siendo el miércoles el día de más solicitudes y el viernes el de menos.

Gráfico N° 16: Promedio diario de hospitalizaciones de adultos desde Admisión



Fuente: Admisión, período enero 2017 – febrero 2018.

Gráfico N° 17: Promedio diario de hospitalizaciones de pediátricos desde Admisión



Fuente: Admisión, período enero 2017 – febrero 2018.

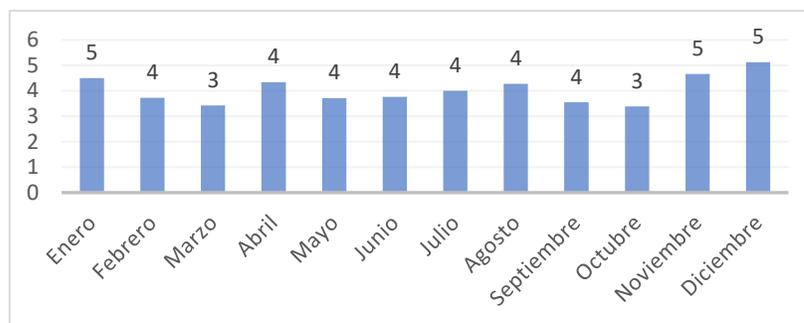
Con respecto al comportamiento según los meses del año, enero es el mes de mayor demanda de camas de adulto en Admisión, totalmente contrario a lo que sucede en Urgencia. Tampoco es octubre el mes de mayor demanda, aunque febrero sigue siendo el que registra menor actividad. Los pacientes pediátricos realizan una mayor cantidad de solicitudes en diciembre, noviembre y enero respectivamente, y son marzo y octubre los meses de menores hospitalizaciones. De todas formas, la variación de la demanda de camas presenta leves fluctuaciones mes a mes.

Gráfico N° 18: Promedio diario de hospitalizaciones de adultos desde Admisión



Fuente: Fuente: Admisión, período enero 2017 – febrero 2018.

Gráfico N° 19: Promedio diario de hospitalizaciones de pediátricos desde Admisión



Fuente: Admisión, período enero 2017 – febrero 2018.

8.4 Traslados internos

La demanda de traslados internos se registra en la misma base de datos de Admisión, específicamente las solicitudes desde unidades de alta y mediana complejidad a unidades de baja complejidad. Por lo tanto, el total de ellas corresponden a solicitudes de camas de baja complejidad. La fuente de datos no distingue entre pacientes adultos y pediátricos, pero la proporción histórica de los traslados es un 85% de adultos, y el 15% restante corresponde a pediátricos⁴.

Tabla N° 10: Demanda diaria de camas de traslados internos

Demanda	Promedio	Desv. Estándar
Traslados internos	11	5

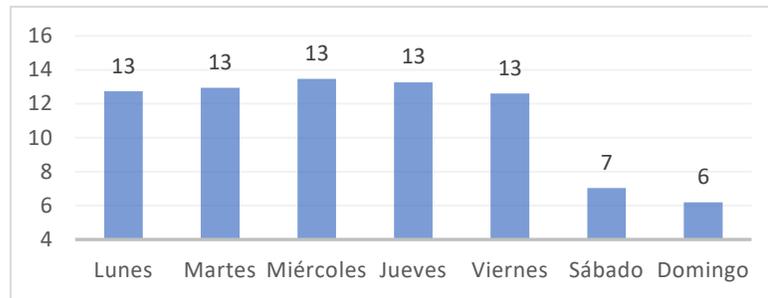
Fuente: Admisión, período enero 2017 – febrero 2018.

La demanda de traslados internos tiene un promedio de 11 solicitudes por día, con una desviación típica de 5 pacientes. En general, durante la semana se mantiene sin variaciones de lunes a viernes, teniendo un promedio de 13 durante estos días. El fin de semana disminuye casi a la mitad, lo que se debe a la menor actividad que presenta tanto el Hospital Clínico como la Clínica UC en estos días.

Tampoco se observan mayores variaciones de traslados internos durante el año, siendo en general el promedio mensual 11 solicitudes. Es importante notar que no guardan una relación directa con las demás demandas de camas, pues los meses de menor demanda (enero y febrero) no son los de menor cantidad de solicitudes de traslado. En general, son una demanda pareja durante el año, siendo marzo el mes de menor solicitudes y los meses enero, mayo y septiembre los de mayores traslados.

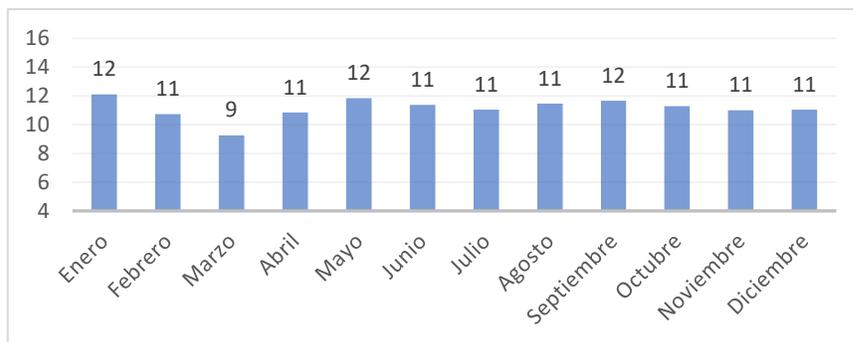
⁴ Dato histórico entregado por Gestión de Traslados.

Gráfico N° 20: Promedio diario de traslados internos



Fuente: Admisión, período enero 2017 – febrero 2018.

Gráfico N° 21: Promedio diario de traslados internos por mes del año



Fuente: Admisión, período enero 2017 – febrero 2018.

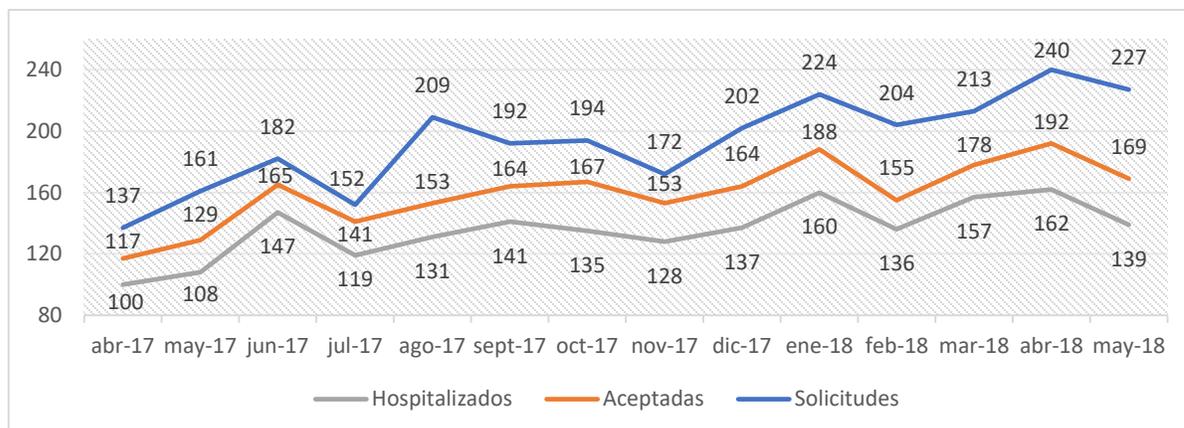
8.5 Traslados externos

La demanda de traslados externos es registrada dentro de la misma Unidad C3 por los gestores de traslados y solicitudes de todos los tipos de complejidad. Estos datos también cuentan con la información separada por adultos y pediátricos, y además con la cantidad total de solicitudes de hospitalización, la cantidad de ellas que fueron aceptadas y finalmente la cantidad real de hospitalizaciones. Es justamente esto lo que hace que esta demanda sea particular, pues el sistema público solicita hospitalización de pacientes en distintos prestadores de salud, pero estas solicitudes deben cumplir una serie de requisitos para ser aceptadas, y además no todas las que se aceptan finalmente logran hospitalizarse. Comparando abril y mayo entre el 2017 y 2018, las solicitudes aumentaron un 57% y las hospitalizaciones por traslados externos un 45%.

Un 84% de las solicitudes son aceptadas, y la principal razón de rechazo es por falta de cupo en los servicios de destino. Como se observa en el Gráfico N°23, las unidades más solicitadas son las de adultos de cuidados intensivos, las que tienen una menor cantidad de camas básicas y presentan ocupaciones más altas. Otra razón de rechazo de solicitudes es que el estado del paciente es muy grave para ser trasladado, pues el paciente debe estar en un estado de salud que le permita trasladarse sin riesgo. Por otro lado, un 85% de las aceptadas logran hospitalizarse, y las que no lo hacen es principalmente porque la familia del paciente, la Isapre o UGCC eligen otro centro donde

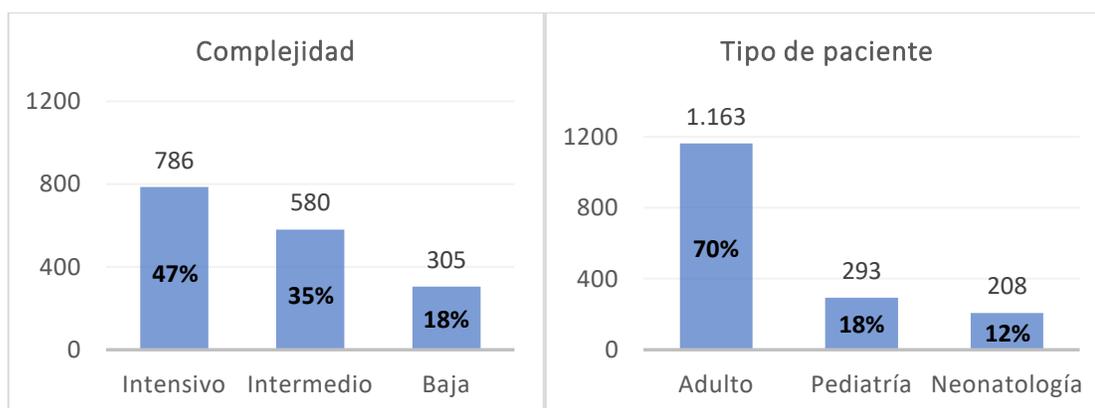
tratar al paciente, lo que generalmente hacen porque el hospital se demoró mucho en obtener una cama disponible o porque otros hospitales tienen mejor cobertura según su previsión de salud.

Gráfico N° 22: Evolución de solicitudes de traslados externos por mes



Fuente: Gestión de Traslados, período abril 2017 – junio 2018.

Gráfico N° 23: Distribución de hospitalización de traslados externos



Fuente: Gestión de Traslados, período abril 2017 – junio 2018.

La demanda de traslados externos generalmente oscila entre las 0 y las 10 solicitudes diarias, teniendo casos excepcionales en que solicitan 15 camas en un mismo día. Del total de solicitudes un 71% se traduce en hospitalizaciones, con un promedio de 4 hospitalizaciones diarias, tres adultos y un pediátrico.

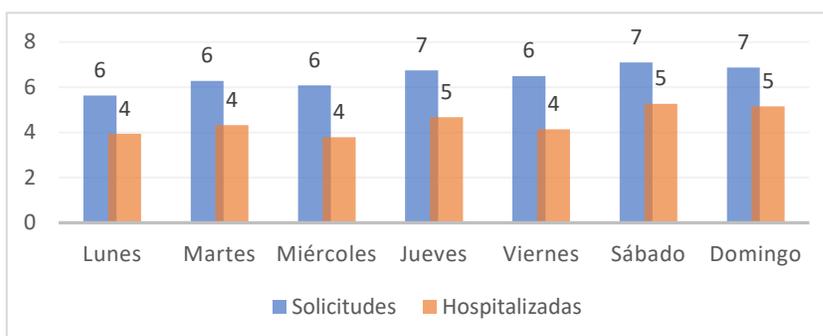
Tabla N° 11: Demanda diaria de hospitalizaciones de traslados externos

Demanda	Promedio	Desv. Estándar
Solicitudes Adultos	4	3
Solicitudes Pediátricos	1	1
Hospitalizaciones Adultos	3	2
Hospitalizaciones Pediátricos	1	1

Fuente: Gestión de Traslados, período abril 2017 – junio 2018.

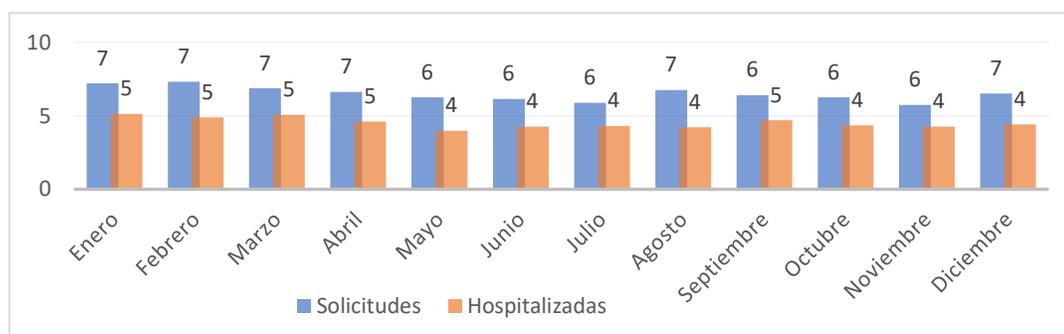
Durante la semana el número de hospitalizaciones diarias en general se mantiene, aumentando levemente el fin de semana debido a la disminución de actividad hospitalaria y la mayor disponibilidad de camas. Las hospitalizaciones de adultos son las que provocan el aumento en el fin de semana, mientras que las de pacientes pediátricos son en promedio una al día independiente del día de la semana (Anexo N°4).

Gráfico N° 24: Traslados externos por día de la semana



Fuente: Gestión de Traslados, período abril 2017 – junio 2018.

Gráfico N° 25: Traslados externos por mes del año



Fuente: Gestión de Traslados, período abril 2017 – junio 2018.

Durante el año, tanto las solicitudes como las hospitalizaciones disminuyen levemente en invierno y primavera. Esto tiene sentido pues son los meses de mayor ocupación en el hospital, y por ende son los de menor capacidad para recibir demanda externa. A su vez, los meses de mayor holgura aumentan las hospitalizaciones.

CAPÍTULO 9: PRONÓSTICOS DE DEMANDA

En este capítulo se realizará el cálculo de los pronósticos de demanda para cada una de las fuentes no programadas. Inicialmente se explicará en detalle la estimación de ambos métodos de pronóstico y luego se mostrarán los resultados para cada fuente de demanda y con sus respectivos análisis.

9.1 Métodos de pronóstico

9.1.1 Regresión lineal

A continuación, se explica paso a paso la metodología que se utilizó para calcular los métodos de regresión lineal y regresión logarítmica. Las variables que se consideraron para explicar la cantidad de consultas y hospitalizaciones diarias son principalmente variables calendario, debido a la alta capacidad de predicción que presentan en estudios anteriores. Específicamente, estas corresponden a una variable por cada día de la semana y una variable por cada mes del año. A estas se agrega una variable para los días de vacaciones de invierno escolares, que generalmente ocurren la segunda y la tercera semana de julio.

Para estas variables calendario, se utilizó como caso base el día de la semana y el mes del año con menor demanda (podría haberse elegido otro caso base obteniéndose el mismo resultado). Esto se hizo con motivo de facilitar la interpretación de los coeficientes, donde cada uno corresponderá a cuánto aumenta la demanda con respecto al caso base. Por ejemplo, para el modelo de solicitudes de hospitalizaciones de adultos desde la unidad Admisión, el caso base es un día viernes del mes de febrero, por ser el día y el mes que presentan menor demanda en promedio.

Se consideró además una variable que indica si el día es feriado o no, y otras similares para indicar si es un día previo a un feriado, un día siguiente al feriado y un día inter feriado, que corresponde a un día de semana entre un feriado y un fin de semana (por ejemplo, si el martes es feriado, el lunes sería un inter feriado). Se incorporaron además variables para feriados y pre feriados específicos, como el día de año nuevo y la víspera de año nuevo, navidad y noche buena y las fiestas patrias, con el fin de capturar información adicional que podrían entregar estos días con respecto a un feriado normal.

Con el fin de capturar variaciones en la demanda que son producidas por ciertos eventos sociales relevantes, se incluyó la variable eventos masivos, que indica los días de elecciones presidenciales, Maratón de Santiago y Teletón, evento masivo a nivel país a beneficio de niños y jóvenes en situación de discapacidad. Además, se incluyó una variable de eventos deportivos, que considera partidos de la selección chilena de fútbol masculino en los partidos de la Copa América 2015, Copa América Centenario 2016 y los partidos de eliminatorias para clasificación a la Copa Mundial Rusia 2018. También se consideraron variables climáticas de lluvia y frío, con datos obtenidos de la Dirección Meteorológica de Chile. Si la temperatura media de un día es menor o igual a 5°C, se consideró como un día frío, y si las precipitaciones fueron mayores o iguales a 10 mm, se consideró como un día de lluvia.

Con el fin de capturar la tendencia de la demanda, se creó una variable cuyos valores son una secuencia de números que suman una unidad cada día que pasa, partiendo desde el 0 en la primera fecha de datos. Por ejemplo, si el 1 de marzo de 2017 corresponde al día 0, la variable tendrá el valor 100 para la fecha 9 de junio de 2017, justo 100 días después de la primera fecha. Por último, se incorporaron en ambas regresiones la demanda del día anterior y la demanda de la semana anterior, exactamente 7 días antes (o 5 días antes en el caso de demandas que no cuentan con datos del fin de semana).

Dentro de los estadísticos que miden el error de ajuste de un pronóstico, la raíz cuadrática del error medio (RMSE) es más adecuada para comparar modelos de hospitalizaciones que el MAPE, debido a que los valores de la demanda son cercanos a cero. Como se comentó anteriormente, esto provoca que pequeños errores se traduzcan en altos valores del MAPE e incluso que éste se indefina cuando el valor de la demanda de un día es cero. Para las consultas esto no ocurre y sí es adecuado utilizarlo para comparar. Por lo tanto, se definió siempre el modelo que presentaba un menor valor del RMSE como el modelo de mejor ajuste, y para los modelos que pronostican consultas adicionalmente se revisó el MAPE para obtener otro tipo de conclusiones.

Es importante destacar que las mediciones que determinan el mejor modelo son sobre los errores de pronóstico de datos futuros (error de predicción) y no sobre los datos con los cuales se calcularon los modelos (error de ajuste). Para todos los modelos se utilizó alrededor del 80% de los datos para ajustar la regresión y el 20% restante (y más reciente) para contrastar los valores predichos con los datos reales mediante los estadísticos.

Por último, para todos los modelos de regresión se consideraron inicialmente todas las variables y se eliminaron una a una las variables que presentaban un menor nivel de significancia estadística, registrando en cada paso el error de predicción hasta llegar la regresión con la mejor capacidad predictiva (la que registraba el menor error de predicción). Por último, en el caso de los modelos de consultas, para los mejores modelos encontrados se calcularon también regresiones no lineales, específicamente regresiones logarítmicas en las cuales se le aplica el logaritmo a la variable dependiente (demanda de consultas). Este cálculo no tiene sentido aplicarlo a los modelos de hospitalizaciones, pues los valores iguales o cercanos a cero indefinen la función del logaritmo. Todos los cálculos estadísticos se realizaron con el Software R (Anexo N°5), utilizando los paquetes estadísticos “Metrics” y “Readxl”.

9.1.2 Holt – Winters

El método de Holt – Winters o método de alisamiento exponencial con estacionalidad y tendencia tiene una aplicación bastante sencilla y no requiere de tantos supuestos o hipótesis como el método de regresión. Su cálculo consiste básicamente en la optimización de sus parámetros alfa (α), beta (β) y gamma (γ) que definen la

importancia que se les entrega a los valores de demanda pasada, a la tendencia y estacionalidad respectivamente, para lograr un mejor ajuste en la predicción⁵.

Esta optimización se realizó en el software Microsoft Excel, mediante la herramienta Solver. Este ajuste se realizó con el mismo período de tiempo para el ajuste de la regresión lineal, siguiendo la proporción 80% para ajustar y 20% para predecir, según los datos específicos de cada demanda.

Por último, este modelo está optimizado para actualizarse diariamente, pues calcula en cada iteración un valor para la demanda pasada (del día anterior), la estacionalidad y la tendencia. Sin embargo, para el cálculo de datos futuros, los tres parámetros se fijan en la última iteración, lo que se hizo para calcular el pronóstico del período de prueba del último 20% de los datos (Anexo N°6).

9.2 Pronóstico de Urgencia

9.2.1 Datos

Para la elaboración de este pronóstico se utilizaron 5 años de datos registrados por el personal de Urgencia en el sistema informático Alert, desde el 1 de marzo de 2013 hasta el 28 de febrero de 2018. Para el cálculo de los métodos de pronóstico, se utilizaron los primeros 4 años de datos para ajustar (período de ajuste) y el último año para evaluar la capacidad de predicción de datos futuros (período de prueba). Específicamente los datos corresponden a la cantidad de consultas y hospitalizaciones diarias solicitadas por el servicio de Urgencia, los que además indican si el paciente es pediátrico o adulto.

Debido a la gran cantidad de estudios que han pronosticado la demanda diaria de servicios de urgencia con buenos resultados, se formulará un modelo diario para predecir las consultas en el servicio y otro modelo para pronosticar las hospitalizaciones, con el objetivo de analizar información relevante que pueda aportar el estudio de las consultas al modelo de hospitalizaciones.

No hay que olvidar que el foco de este estudio está puesto en las hospitalizaciones, pues éstas se traducen en solicitudes de camas hospitalarias. Ambas predicciones se harán para adultos y para pediátricos, por lo tanto, serán 4 modelos los que se realizarán para esta fuente de demanda: hospitalizaciones de adultos, hospitalizaciones de pediátricos, consultas de adultos y consultas de pediátricos.

9.2.2 Resultados

Comenzando por las hospitalizaciones, se elaboraron modelos de predicción de demanda de pacientes adultos y pediátricos con los métodos regresión lineal y Holt – Winters. Los resultados de ajuste se muestran en la Tabla N°12 medidos en el estadístico RMSE, que se interpretan como el error diario promedio entre la demanda pronosticada

⁵ Revisar las fórmulas descritas en la sección 5.2.1.4 del marco conceptual para un mayor detalle del cálculo.

y la demanda real. Este error debe ser interpretado siempre como la cantidad de pacientes el pronóstico ha errado luego de ser comparado con la demanda real, y por lo tanto, siempre debe interpretarse como un número entero. Sin embargo, estos errores se mostrarán habitualmente con decimales, con el objetivo de comparar el ajuste entre distintos métodos de pronóstico, los que en varias ocasiones presentan errores idénticos si se aproximan al entero.

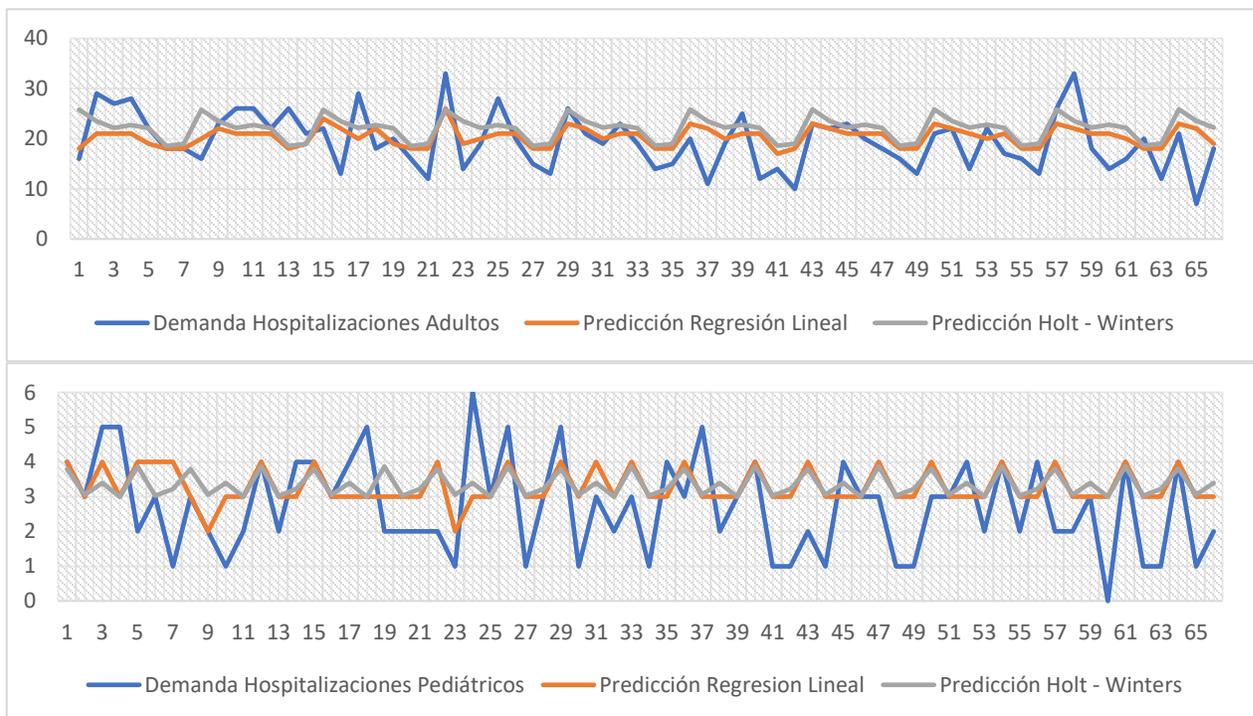
Tabla N° 12: Error de predicción (RMSE) modelos hospitalizaciones Urgencia

Modelo	Regresión Lineal	Holt – Winters
Hospitalizaciones Adultos	5.08	5.21
Hospitalizaciones Pediátricos	1.88	1.94

Fuente: Resultados software R.

Justamente en este caso ambos métodos presentan ajustes similares, siendo el método de regresión lineal el elegido por presentar un menor error de predicción. Aproximando a valores enteros, el modelo de hospitalización de adultos tiene un error promedio de 5 pacientes por día, y el de hospitalización de pediátricos de 2 pacientes, valores que coinciden con la desviación estándar de cada demanda. A continuación, se muestran los gráficos de ajuste de ambas predicciones a los datos reales de hospitalizaciones del período de prueba.

Gráfico N° 26: Ajuste modelos de hospitalización Urgencia



Fuente: Resultados software R. Últimos 65 días del período de prueba. Arriba adultos y abajo pediátricos.

Con respecto a los modelos de predicción de consultas, se calcularon los métodos Holt – Winters, regresión lineal y regresión logarítmica. El error de predicción se muestra en la Tabla N°13, medido en los estadísticos RMSE y MAPE. El primero tiene la misma interpretación recién mencionada, salvo que en este caso son consultas de pacientes en vez de hospitalizaciones. Con respecto al MAPE, este se interpreta como el porcentaje que representa el error de pronóstico de la demanda real.

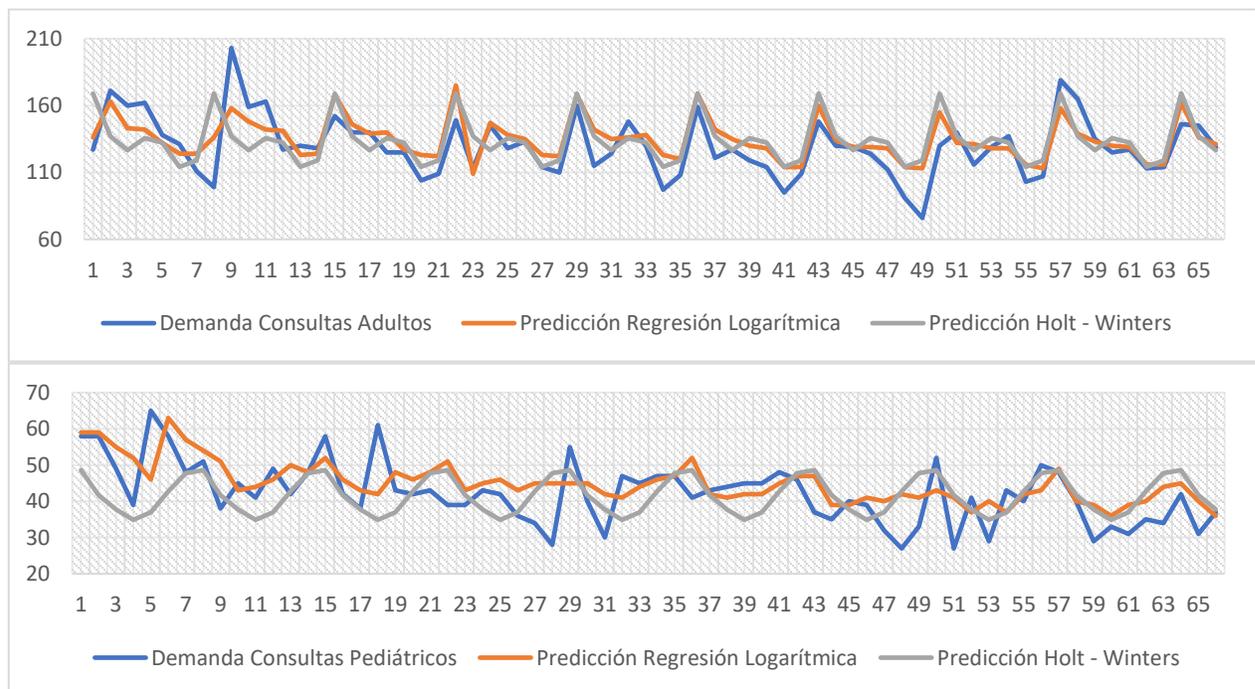
Tabla N° 13: Error de predicción (MAPE y RMSE) modelos consultas Urgencia

Modelo	RMSE			MAPE		
	Reg. Lin.	Reg. Log.	H – W	Reg. Lin.	Reg. Log.	H – W
Consultas Adultos	17.32	16.55	17.97	11.01%	10.48%	9.87%
Consultas Pediátricos	10.54	10.26	22.95	15.46%	14.88%	27.51%

Fuente: Resultados software R.

Según el RMSE, nuevamente los métodos de regresión lineal y de Holt – Winters presentan ajustes similares en los adultos. No así en los pediátricos, donde el error del alisamiento exponencial es más del doble que el de la regresión lineal. En ambos casos el método de regresión lineal el que ajusta mejor entre ellos. La regresión logarítmica presenta una pequeña mejora en comparación con las regresiones lineales. En el Gráfico N°27 se muestra el ajuste de todos los métodos a los datos del período de prueba de consultas.

Gráfico N° 27: Ajuste modelos de consultas Urgencia



Fuente: Resultados software R. Últimos 65 días del período de prueba. Arriba adultos y abajo pediátricos.

Con respecto al error de pronóstico según el MAPE, éste indica que el mejor modelo de adultos es el de Holt – Winters, a diferencia del RMSE. El método de alisamiento exponencial presenta un valor de 9.87% para los pacientes adultos, en comparación al 10.48% de la regresión logarítmica. El mejor modelo de consultas pediátricas sigue siendo el de regresión logarítmica y presenta un valor de 14.88%. Como se comentó anteriormente, para este estudio siempre se considerará el modelo que mejor ajusta en base al RMSE, donde el estadístico indica que los modelos de consultas presentan un error promedio de 17 pacientes adultos y 10 pacientes pediátricos diarios.

9.2.3 Análisis de resultados

En general los métodos de Holt – Winters y regresión lineal presentaron ajustes similares, salvo para el modelo de consultas pediátricos, con errores de 11 y 23 pacientes respectivamente. No se identifica la razón que podría causar esto, debido a que se ejecutó de la misma manera que para los demás modelos que no obtuvieron ajustes tan distintos.

Con respecto a la calidad de ajuste de los modelos de consultas, una investigación que compara 9 estudios de pronósticos de demanda por servicios de urgencia (es decir, consultas), revela que aproximadamente valores del MAPE entre 4.2% y 14.4% indican una buena predicción estadística (Wargon, Guidet, Hoang, & Hejblum, 2008). Los modelos de regresión lineal y logarítmica obtuvieron valores del MAPE entre 10% y 15%, mostrando una buena capacidad predictiva según dichos estudios. Se cree que la leve mejora que proporcionan los modelos logarítmicos se debe que la forma de la función disminuye el efecto de los “outliers” (valores numéricamente distantes de los datos) afinando la predicción.

Por otro lado, el error de los modelos de hospitalizaciones resultó ser mayor al error de consultas en términos porcentuales. En el caso de los adultos, el estadístico RMSE indica un error de 5 pacientes diarios, lo que representa aproximadamente un 25% de la demanda promedio según el MAPE. Si bien es alto, es natural que el error porcentual aumente si el orden de los valores a pronosticar disminuye considerablemente⁶. Considerando que el promedio diario de hospitalizaciones pediátricas es de 3 pacientes diarios o incluso menor para otras fuentes de demanda, el error porcentual pierde interpretación cuando sus datos se acercan a cero. Entendiendo esto y centrando el análisis en el estadístico RMSE, un error de 2 pacientes pediátricos diarios parece más razonable.

En los gráficos se puede apreciar que el modelo de pacientes adultos logra adaptarse más a la variabilidad de los datos que el modelo de pacientes pediátricos. Éste último se comporta como un promedio de 3 o 4 hospitalizaciones diarias, que no captura cuándo la demanda aumenta y cuándo disminuye. Si se compara este con el modelo de

⁶ Un error de 5 pacientes en la demanda diaria de consultas, cuyo promedio es 148, representa un error porcentual de 3,4%. El mismo error de 5 pacientes en la demanda diaria de hospitalizaciones, cuyo promedio es 20, representa un 25% de error.

consultas adultos, este último sigue bastante a la demanda según la estacionalidad semanal que presentan las atenciones en Urgencia.

Hay que recordar que para cada modelo de regresión se calcularon varias regresiones, comenzando por las que incluyen todas las variables y eliminando una a una las no significativas que presentaban un mayor error de predicción hasta llegar al menor error posible. Comenzando por analizar en detalle las variables que se incluyeron en los modelos de hospitalización, en la Tabla N°14 se encuentran los valores de los coeficientes del modelo de regresión lineal elegido como por presentar una mayor capacidad de predicción de los datos futuros.

Tabla N° 14: Coeficientes de modelos de regresión lineal hospitalizaciones Urgencia

Urgencia Hospitalizaciones Variable	Modelo Adultos		Modelo Pediátricos	
	Coefficiente	Significancia	Coefficiente	Significancia
Intercepto	18.1	***	3.0	***
Tendencia			0.0	**
Feriado	-4.1	***	-0.4	
Inter feriado	2.1		-0.3	
Pre feriado	-1.9	*	-0.6	.
Post feriado	0.3		-0.6	.
Vacaciones invierno	0.1		0.0	
Lunes	5.7	***	0.0	
Martes	3.7	***	-0.9	***
Miércoles	2.4	***	-0.4	*
Jueves	2.8	***	-0.9	***
Viernes	2.6	***	Ref	Ref
Sábado	0.0		-0.9	***
Domingo	Ref	Ref	-0.7	***
Enero	0.0		0.2	
Febrero	Ref	Ref	Ref	Ref
Marzo	-1.3	*	0.3	
Abril	-0.5		0.2	
Mayo	-1.1	.	0.6	*
Junio	-1.9	**	1.1	***
Julio	0.1		1.4	***
Agosto	0.6		1.0	***
Septiembre	0.2		0.7	**
Octubre	-0.1		0.6	**
Noviembre	0.0		0.5	*
Diciembre	-0.5		0.9	***

Ref = Variable de referencia. Significancia: *** 99.9%, ** 99%, * 95%, . 90%, " " < 90%.

Fuente: Resultados software R.

De todas las ecuaciones que se calcularon para pronosticar esta demanda, la que mejor predice los datos del período de prueba posee variables no significativas que aportaron al pronóstico. Sin embargo, se dejaron fuera las variables climáticas (lluvia y

frío) y las variables de eventos masivos y deportivos, pues además de ser no significativas empeoraron el pronóstico. También se dejaron fuera las variables de la demanda pasada (demanda del día anterior y demanda de hace una semana) para ambos pacientes, las que en ningún caso empeoraron el pronóstico, pero tampoco lograron mejorarlo. En el caso de los pediátricos se incluyó la variable tendencia pues aportó a una mejor capacidad de predicción.

Consistente con estudios anteriores, las variables calendario resultaron ser las más predictivas, siendo las variables de los días de la semana las más influyentes en la demanda de adultos. El lunes es el día de mayor cantidad de hospitalizaciones, las que disminuyen a medida que avanza la semana hasta llegar al domingo. La variable sábado no resultó significativa y su valor se aproxima a cero, lo que indica que no presenta una diferencia significativa con respecto al domingo, que es el día de referencia. La importancia de las variables calendario también se puede ver en los modelos de consultas de adultos (Tabla N°15), donde los días de la semana muestran este mismo comportamiento con otros valores en los coeficientes. Los meses del año resultaron ser menos predictivos, siendo agosto el mes con mayor cantidad de hospitalizaciones.

Las segundas variables más influyentes en este modelo son las relacionadas con los días festivos. Los resultados indican que en un día feriado la demanda de camas desde el servicio de Urgencia disminuye en 4 pacientes, un 20% del promedio diario de hospitalizaciones. Los días pre feriados disminuye un 10%, mientras que los días post feriados aumentan solo un 1,5%. Esta información es relevante para la asignación de camas, pues ahora las ejecutivas tendrán una estimación de cuánto disminuyen las solicitudes en los días festivos. Los pre feriados son en su mayoría los días jueves o viernes antes de un fin de semana extendido, y los resultados indican que estos días disminuyen en 2 las solicitudes de hospitalización desde Urgencia.

Con respecto al modelo de pacientes pediátricos, a diferencia del modelo de adultos, las variables de los meses del año influyen más en la demanda que las variables de los días de la semana. Esto guarda relación con los datos históricos, pues en promedio las hospitalizaciones pediátricas son más parejas durante la semana, pero se concentran en los meses de otoño e invierno. El cálculo de un pronóstico con estas ecuaciones de regresión lineal es el mismo que se explica en el Capítulo 6. A continuación, se muestra un ejemplo de un pronóstico de hospitalizaciones de adultos para un día lunes feriado del mes de junio.

Pronóstico hospitalizaciones adultos

$$= 18.1 (\text{intercepto}) - 4.1(\text{feriado}) + 5.7(\text{lunes}) + 0.1(\text{junio}) = 20$$

Por otro lado, con respecto a los modelos de predicción de consultas diarias en el servicio de Urgencia, en la Tabla N°15 se muestran los resultados de los coeficientes de los modelos de regresión lineal, que tienen una interpretación más sencilla que los del modelo de regresión logarítmica (Anexo N°7). En estos modelos se logra captar con mayor diferencia la influencia de los días de la semana en la demanda, aumentando en los adultos casi 50 pacientes el lunes con respecto al domingo. En los pacientes pediátricos el lunes, sábado y domingo son los días de mayor demanda, al igual que lo

que se observa en los datos históricos. Nuevamente en los pediátricos son las variables de los meses las que influyen más en la demanda dentro de las variables calendario, siendo en este caso los meses de otoño e invierno y algunos meses de primavera.

Tabla N° 15: Coeficientes de modelos de regresión lineal consultas Urgencia

Urgencia Consultas Variable	Modelo Adultos		Modelo Pediátricos	
	Coefficiente	Significancia	Coefficiente	Significancia
Intercepto	95.3	***	17.4	***
Tendencia	-0.0	*	-0.0	.
Demanda 1 (*)	0.1	***	0.4	***
Demanda 7 (*)	0.1	*	0.2	***
Lluvia	-14.3	***	-8.4	***
Frío			-2.2	
Feriado	-28.9	***	0.7	
Inter feriado	14.0	*		
Pre feriado	-8.8	**	-0.8	
Post feriado	25.6	***	6.6	***
Vacaciones invierno	-1.7			
Eventos deportivos	-11.7	***	-2.4	
Eventos masivos	-3.6		-2.7	
Lunes	48.8	***	8.9	***
Martes	15.1	***	-1.1	
Miércoles	12.9	***	-0.7	
Jueves	12.2	***	-0.3	
Viernes	11.3	***	Ref	Ref
Sábado	-2.0		3.7	***
Domingo	Ref	Ref	5.8	***
Enero	6.8	**	1.8	
Febrero	Ref	Ref	Ref	Ref
Marzo	12.9	***	8.9	***
Abril	16.9	***	10.4	***
Mayo	10.9	***	11.9	***
Junio	11.8	***	16.3	***
Julio	13.4	***	8.2	***
Agosto	18.5	***	11.9	***
Septiembre	20.0	***	11.6	***
Octubre	21.1	***	13.2	***
Noviembre	18.0	***	12.4	***
Diciembre	7.3	***	7.4	***

Ref = Variable de referencia. Significancia: *** 99.9%, ** 99%, * 95%, . 90%, " " < 90%.
 (*) La variable Demanda n corresponde a la demanda de hace n días.

Fuente: Resultados software R.

Con respecto a los días feriados, pre feriados y post feriados, éstos tienen un mayor efecto en la demanda de consultas que en las hospitalizaciones. En los adultos también disminuye la demanda un 20% los días feriados, y los pre feriados un 6%, pero

en los días post feriados aumenta un 17%. Estos son resultados similares a los de otros estudios en otros hospitales del mundo, donde se demuestra que las personas prefieren postergar la necesidad de recurrir a un servicio de urgencia para no interrumpir sus días de descanso, presentando un aumento los lunes o martes después de un fin de semana largo. Para los pacientes pediátricos también se muestra un aumento en las atenciones. Sin embargo, no se incluyó la variable inter feriado y las variables feriado y pre feriado resultaron no significativas y con valores pequeños en los coeficientes, lo que podría deberse a que en los días festivos los padres aprovechan de llevar a sus hijos al médico al no estar en el trabajo, manteniendo o aumentando levemente la demanda en esos días.

Los modelos de consultas incluyen varias variables que se dejaron fuera en los modelos de hospitalizaciones. Aquí sí parecen influir los días en que ocurren eventos masivos y deportivos. Un resultado interesante corresponde a esta última variable en el modelo de adultos, donde resultó significativa a un nivel de confianza del 0.1% e indica que las consultas disminuyen en 12 pacientes los días en que juega la selección chilena de fútbol. Esta variable también aportó al pronóstico en los pacientes pediátricos a pesar de no ser significativa. Lo mismo ocurre en ambos modelos con la variable de eventos masivos como la Teletón y los días de elecciones presidenciales, que también aportaron a obtener un menor error de predicción en esos días.

Por otro lado, en los modelos de consultas las variables de la demanda pasada sí aportaron bastante a lograr una mejora en el pronóstico, al igual que tendencia. Esto no se ve a simple vista en los coeficientes, pues el coeficiente se multiplica por el valor de dichas variables que toman valores mayores a uno (a diferencia de las variables calendario). Por ejemplo, para el pronóstico de consultas de adultos de un lunes de junio que fue feriado, la demanda del día anterior (domingo) fue 151, la demanda de hace una semana (lunes pasado) fue 196 y el valor de la variable tendencia fue 1578 para ese día, el cálculo del pronóstico con la ecuación de la regresión lineal es el siguiente.

Pronóstico consultas adultos

$$\begin{aligned} &= 95.3 - 0.002 * 1578 + 0.149 * 151 + 0.058 * 196 + 48.8 + 11.8 - 28.9 \\ &= 95.3 - 3.3 + 22.5 + 11.3 + 48.8 + 11.8 - 28.9 = 157 \end{aligned}$$

Como se puede ver, si bien los coeficientes de la tendencia y las variables de las demandas pasadas se encuentran entre -0.1 y 0.1 en la ecuación indican (con respecto al caso base) una disminución de 3 pacientes por tendencia, un aumento de 22 pacientes por la demanda del día anterior y un aumento de 11 pacientes por la demanda del lunes pasado, por lo que influyen bastante en el pronóstico. Es importante destacar que los coeficientes de las ecuaciones muestran una mayor correlación de la demanda de consultas con la demanda del día anterior, pero esto se debe a que el efecto de la demanda de la semana pasada también es capturado por las variables del día de la semana. Tanto para pacientes pediátricos como para adultos, cuando se analizan individualmente las correlaciones entre la variable dependiente y estas dos variables, la demanda está más correlacionada con la demanda de la semana pasada que con la demanda del día anterior, debido a que el día de la semana influye mucho en la estimación de consultas.

Por último, las variables climáticas también mejoraron el pronóstico en las consultas de Urgencia. La variable lluvia resultó ser significativa al 0.1% de confianza, indicando que los días de lluvia disminuye en 14 las atenciones a adultos y en 8 las atenciones a pediátricos. El frío no resultó ser significativo, pero aun así aportó a un mejor pronóstico.

9.3 Pronóstico de Admisión

9.3.1 Datos

Para este pronóstico se cuenta con una base de datos de un año y dos meses, específicamente desde el 1 de enero de 2017 al 22 de febrero de 2018. Se utilizó el primer año completo de datos para ajustar los modelos y a continuación se testeó su capacidad de predicción con los últimos dos meses. Estos datos corresponden a la cantidad de solicitudes de cama desde Admisión a la Unidad C3. El registro de estos se hace en múltiples archivos Excel, uno mensual para adultos y otro para pediátricos. Ambos tienen el objetivo de ser una herramienta de trabajo diaria para las ejecutivas de admisión y no están pensados para almacenar información histórica, por lo que se trabajó bastante sobre estos datos para componer una base de datos que pudiera ser utilizada para pronósticos. Al igual que en Urgencia, un gran número de personas se atiende en esta unidad, pero para esta fuente de demanda no se cuenta con el dato de “consultas”, solo de hospitalizaciones.

A diferencia de los demás pronósticos, se tienen datos de lunes a viernes. Esta unidad también atiende a pacientes el fin de semana, pero el registro de datos no es tan estricto en estos días. Recordemos que el 74% de la demanda en esta unidad es programada, pues la mayoría de los pacientes hacen el trámite de ingreso días antes de su hospitalización agendando el día en el cual ingresarán al hospital. No obstante, los datos históricos no diferencian por solicitudes programadas y no programadas, sino que registran el total de las solicitudes diarias que recibieron. Por lo tanto, se elaborará un pronóstico para todas las solicitudes de camas desde Admisión.

9.3.2 Resultados

Calculados ambos métodos para pronosticar la demanda de Admisión, los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes, que se interpretan como el promedio de la diferencia entre las solicitudes pronosticadas y solicitudes que realmente se hicieron por día.

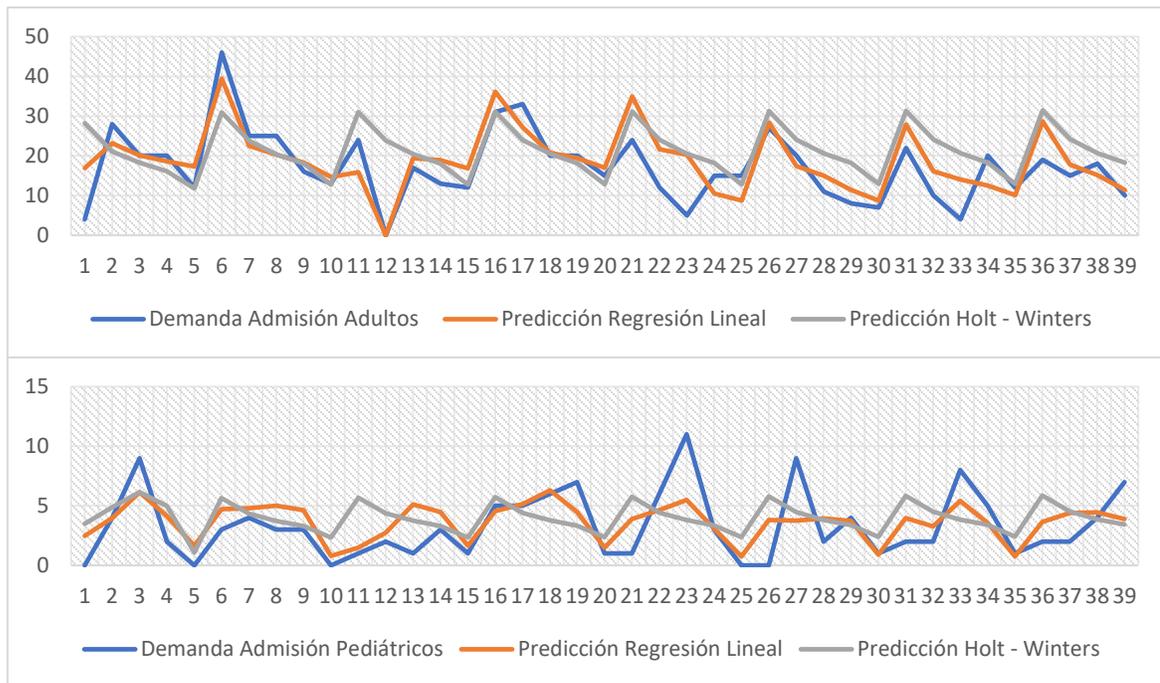
Tabla N° 16: Error de predicción (RMSE) modelos Admisión

Modelo	Regresión Lineal	Holt - Winters
Admisión Adultos	5.87	9.14
Admisión Pediátricos	2.15	2.87

Fuente: Resultados software R.

Para el modelo de adultos los métodos de regresión lineal y alisamiento exponencial no presentaron ajustes similares como en el caso de Urgencia. La regresión obtuvo un error de 6 pacientes diarios, en comparación a los 9 pacientes de error que presenta el método de Holt – Winters. Para los pacientes pediátricos ambos modelos tienen un error cercano a los dos pacientes.

Gráfico N° 28: Ajuste modelos Admisión Adultos



Fuente: Resultados software R. Datos del período de prueba.
Arriba adultos y abajo pediátricos.

9.3.3 Análisis de resultados

Los valores de la Tabla N°16 indican este modelo presenta una capacidad de predicción similar al modelo de Urgencia. Si se observa el gráfico de ajuste de adultos, ambos métodos capturan la estacionalidad semanal, manteniendo la mayoría de las semanas una figura similar a la demanda real. Sin embargo, la regresión es más precisa al calcular los aumentos de demanda que provocan los lunes, como lo demuestran los datos 6, 26 y 31. El modelo de pediátricos en semanas se acerca bastante a la demanda, pero tiene dificultades para prevenir grandes peaks de demanda en ciertos días.

En la Tabla N°17 se encuentran los valores de los coeficientes del modelo de regresión lineal elegido. De todas las regresiones calculadas, esta fue la que presentó una mayor capacidad de predicción al obtener el menor error de prueba. Observando las variables de la tabla, la ecuación elegida dejó fuera las variables de tendencia, las variables climáticas y las variables de la demanda del día anterior y de hace una semana. Esto puede interpretarse como que los datos no reflejan una tendencia clara que incida en el cambio de la demanda, lo que se atribuye a la escasa cantidad de datos utilizados

en este modelo. Con respecto a la demanda del día anterior, al no contar con datos del fin de semana, para los lunes dicha variable indica el valor de la demanda del viernes. Esta podría ser la razón para que el modelo ajustara mejor con la demanda de la semana pasada, donde los días de la semana son nuevamente categóricos para predecir las hospitalizaciones.

Tabla N° 17: Coeficientes de modelos de regresión lineal Admisión

Admisión Variable	Modelo Adultos		Modelo Pediátricos	
	Coefficiente	Significancia	Coefficiente	Significancia
Intercepto	9.9	***	0.7	
Feriado	-23.9	***	-2.1	***
Inter feriado	-17.0	**	-2.6	
Pre feriado	-2.7		-0.8	
Post feriado			-1.2	.
Eventos deportivos	-3.3		-0.3	
Lunes	17.7	***	2.7	***
Martes	6.9	***	3.4	***
Miércoles	3.8	***	4.2	***
Jueves	1.8		2.9	***
Viernes	Ref	Ref	Ref	Ref
Enero	6.4	***	0.8	
Febrero	Ref	Ref	Ref	Ref
Marzo	6.1	***	-0.2	
Abril	2.6		0.8	
Mayo	4.1	*	0.1	
Junio	4.7	**	0.5	
Julio	5.0	**	0.1	
Agosto	4.5	*	0.2	
Septiembre	5.6	**	0.5	
Octubre	4.5	*	0.1	
Noviembre	5.2	**	1.2	*
Diciembre	4.6	**	1.4	*

Ref = Variable de referencia. Significancia: *** 99.9%, ** 99%, * 95%, . 90%, " " < 90%.

Fuente: Resultados software R.

Consistente con los datos históricos, en el modelo de adultos los coeficientes le otorgan un mayor peso al lunes que al resto de los días, disminuyendo hasta llegar al viernes, que fue tomado como referencia en este caso. En el modelo de pediátricos los coeficientes también capturan lo observado en los datos, siendo el miércoles el día con mayor demanda. Los coeficientes de los meses del año también guardan relación con lo observado en la demanda real, siendo los meses de enero y marzo los que presentan mayor aumento de demanda en adultos, y noviembre junto a diciembre los meses de mayor demanda de pediátricos.

La variable feriado tiene un gran peso en la demanda, disminuyendo en 24 los pacientes pronosticados para un día feriado en comparación a un día hábil. Esto podría deberse a que en esos días el registro de los datos tampoco es tan estricto al igual que en los fines de semana. Sin embargo, los días inter feriados son días hábiles y también presentan una disminución importante en la demanda.

Esta información es particularmente relevante para asignación de camas, pues sin duda actualmente se percibe una menor demanda desde admisión los días inter feriados, pero el pronóstico permite entregar una estimación cuantitativa. Si antes tenían una percepción de menor demanda, ahora sabrán que se pronostican 17 pacientes menos esos días, por lo tanto, esos días se tendrán más camas disponibles para asignar otro tipo de solicitudes.

Por último, resulta interesante que la variable de eventos deportivos relevantes aporte al pronóstico. Si bien no es significativa, tanto para el modelo de adultos como para el modelo de pediátricos permite mejores ajustes de predicción. Esto también entregará información adicional que antes no se tenía, pues se podrá estimar cuánto disminuirá la demanda los días de partidos de fútbol de la selección chilena.

9.4 Pronóstico de traslados internos

9.4.1 Datos

Este pronóstico se realizó con una base de datos que tiene el mismo período de tiempo que el modelo de Admisión: desde el 1 de enero de 2017 hasta el 22 de febrero de 2018. De igual forma, se utilizó el primer año de datos para ajustar los modelos y luego los dos últimos meses de datos para evaluar la capacidad de pronóstico. Estos datos corresponden a cantidades diarias de traslados internos solicitados, desde unidades clínicas de alta y mediana complejidad a unidades de baja complejidad. Estos datos incluyen todos los días de la semana; sin embargo, esta es la única base de datos que no distingue si los pacientes son adultos o pediátricos, motivo por el cual solo se realizará un modelo de predicción para esta fuente de demanda.

9.4.2 Resultados

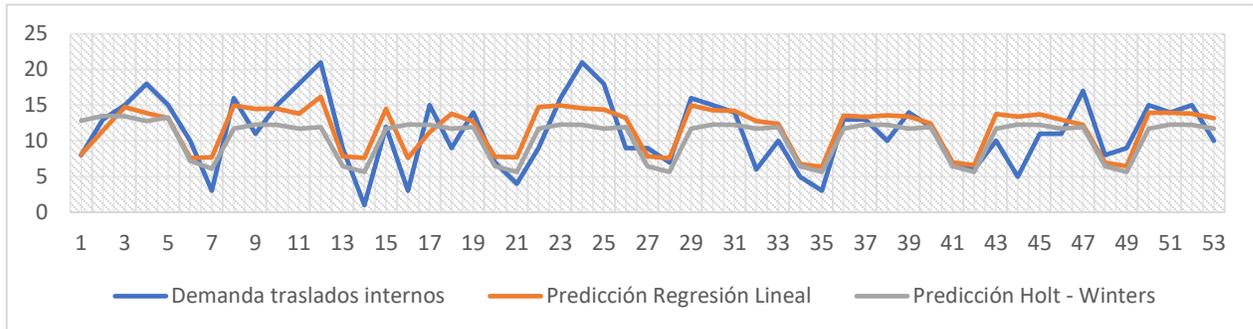
Los métodos de regresión lineal y alisamiento exponencial fueron calculados para pronosticar la demanda de camas de traslados internos, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla N° 18: Error de pronóstico (RMSE) modelos traslados internos

Modelo	Regresión Lineal	Holt - Winters
Traslados internos	3.26	3.69

Fuente: Resultados software R.

Gráfico N° 29: Ajuste modelos traslados internos



Fuente: Resultados software R. Datos del período de prueba.

Ambos modelos presentan ajustes similares a la demanda real, mostrando un error promedio entre 3 y 4 pacientes por día. De todas maneras, el método de regresión lineal sigue siendo el que mejor ajusta, al igual que para las demás fuentes de demanda de camas.

9.4.3 Análisis de resultados

Analizando las formas del gráfico de ajuste, si bien en la caracterización de la demanda se observa que los promedios semanales no presentan mayores variaciones, en el gráfico de ajuste se ve que día a día la demanda varía mucho, teniendo días en que hay 21 traslados y otros en que hay 3. Aun así, los métodos logran seguir de cerca a la demanda en ciertos tramos.

Al igual que las demás fuentes de demanda, siguen siendo los días de la semana las variables que más peso tienen en la demanda. Resultaron ser todas estas significativas al 99% salvo el sábado, lo que es lógico pues no presenta diferencias significativas con respecto al domingo que es el día de referencia. Por otro lado, el mejor modelo de todas las regresiones que se probaron fue el que no incluía todos los meses del año, quedando los meses marzo, noviembre y diciembre como el caso de base. Esto es similar a los gráficos de caracterización de la demanda del capítulo anterior.

Las variables que tienen que ver con los feriados también resultaron significativas, disminuyendo casi en 7 los traslados internos los días feriados. Con respecto a los días pre feriados y post feriados, a diferencia de Urgencia y Admisión, en un día pre feriado este tipo de demanda de camas aumenta y para un post feriado disminuye. Esto tiene sentido, pues como se les ha dado poca prioridad a los traslados, estos aprovechan los días de menor demanda para reordenar a la mayor cantidad de pacientes, y los días donde la demanda de Urgencia, Admisión y de los pabellones quirúrgicos es alta, hay menos holgura para traslados internos.

La variable vacaciones de invierno también fue incluida, la que a pesar de no presentar diferencias significativas (pues su efecto también está incorporado en las

variables de los meses de invierno) aportó a una mejor precisión del pronóstico, indicando una disminución de los traslados internos los meses de invierno. Esto también tiene la misma explicación, pues son estos los meses de mayor demanda de hospitalizaciones.

Las variables climáticas no se encuentran en el modelo elegido, debido a que empeoraban el pronóstico. Por otro lado, las variables de demanda pasada no empeoraban el pronóstico, pero al mismo tiempo no aportaban significativamente a la calidad del pronóstico, por lo que se decidió excluirlas. La tendencia nuevamente no se incluye al no aportar a la predicción, quizás porque solo se cuenta con un año dos meses de datos en este caso.

Tabla N° 19: Coeficientes modelo de regresión lineal traslados internos

Traslados internos Variable	Modelo Adultos y Pediátricos	
	Coeficiente	Significancia
Intercepto	5.7	***
Feriado	-5.9	***
Pre feriado	3.2	**
Post feriado	-3.4	**
Vacaciones invierno	-0.5	
Eventos deportivos	3.5	*
Lunes	7.0	***
Martes	6.9	***
Miércoles	7.1	***
Jueves	6.6	***
Viernes	5.7	
Sábado	0.4	
Domingo	Ref	Ref
Enero	2.0	**
Febrero	0.6	
Marzo	Ref	Ref
Abril	0.7	
Mayo	1.4	.
Junio	0.9	
Julio	0.9	
Agosto	0.8	
Septiembre	1.5	*
Octubre	0.6	
Noviembre	Ref	Ref
Diciembre	Ref	Ref

Ref = Variable de referencia. Significancia: *** 99.9%,
** 99%, * 95%, . 90%, " " < 90%.

Fuente: Resultados software R.

Por último, resulta interesante observar que a pesar de ser estas solicitudes de traslados una demanda interna del hospital, las regresiones que mejor ajustaron incluyeron la variable de eventos deportivos relevantes, aumentando el nivel de traslados internos los días en que juega la selección de fútbol, nuevamente aprovechando la baja

que esto significa en el resto de la demanda de camas del hospital. El análisis de este pronóstico en contraste con los demás demuestra que existirá una mayor cantidad de demanda de traslados internos los días y meses de menor demanda de camas desde Urgencia, Admisión y desde los pabellones quirúrgicos.

9.5 Pronóstico de traslados externos

9.5.1 Datos

La base de datos de los traslados externos es distinta a las anteriores, debido a que los gestores de traslados trabajan con su propio registro. En este caso se cuenta con un año y tres meses de datos, desde el 4 de abril de 2017 hasta el 4 de julio de 2018. Los métodos de pronóstico se calcularán con el primer año de datos, y los últimos 3 meses de datos se evaluará la capacidad de predicción de datos futuros.

Los datos están diferenciados por tipo de paciente (adulto o pediátrico) y corresponden al número de hospitalizaciones diarias que provienen de otros centros de salud. Además, se cuenta con la cantidad total de solicitudes de traslado por día, también diferenciadas por tipo de paciente. Esta demanda es particularmente distinta a las demás, pues está sujeta a la disponibilidad de camas que tenga el hospital en comparación con otras clínicas y hospitales del sistema de salud del país, y estas pueden aceptarse o no según diversos factores. Se modelarán las hospitalizaciones efectivas solicitadas por traslados externos y el total de solicitudes diarias.

9.5.2 Resultados

Se realizaron modelos para predecir el total de solicitudes de adultos y de pediátricos, pero estas resultaron tener un mayor error que los modelos predictivos de hospitalizaciones efectivas de adultos y pediátricos. Además, al ser las hospitalizaciones un porcentaje del total de solicitudes, ambos modelos resultaron muy similares y no aportaron información adicional. Por lo tanto, se detallarán exclusivamente los resultados de los modelos de hospitalizaciones.

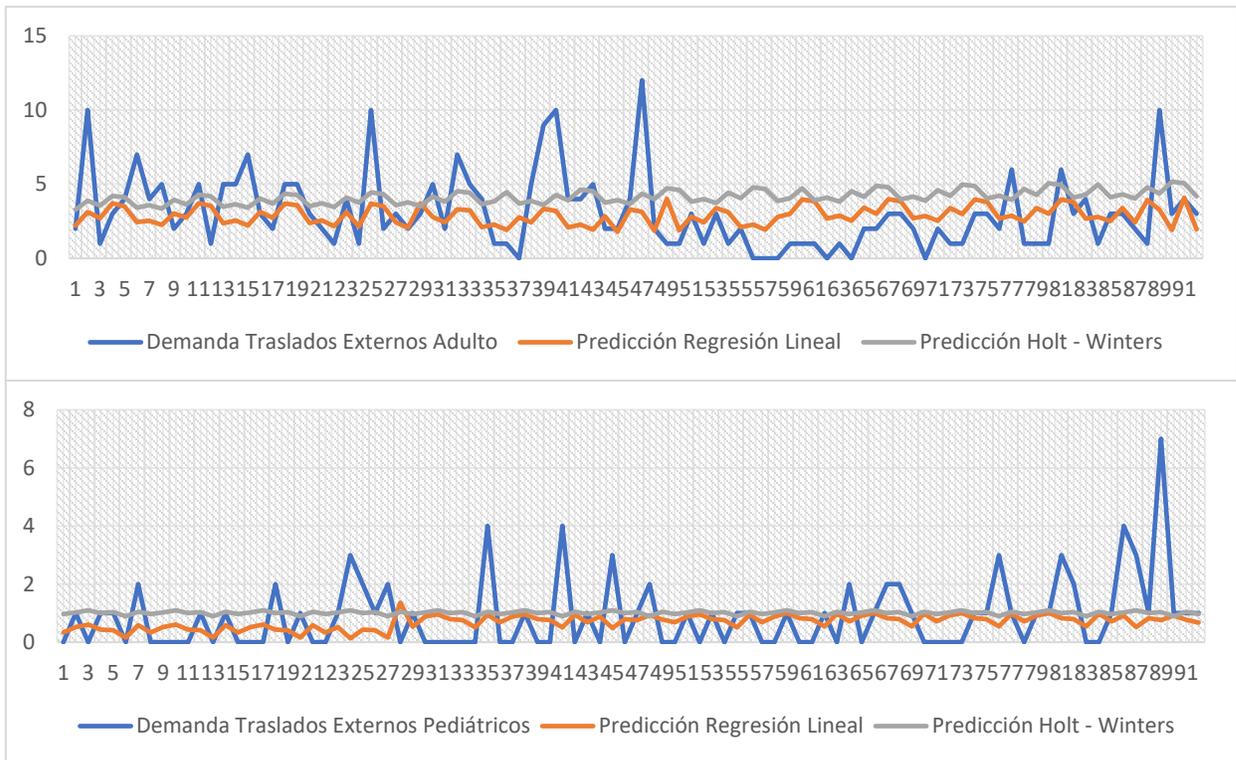
Tabla N° 20: Error de pronóstico modelos traslados externos

Modelo	Regresión Lineal	Holt - Winters
Hospitalización Adultos	2.52	2.65
Hospitalización Pediátricos	1.27	1.08

Fuente: Resultados software R.

Ambos métodos presentaron ajustes similares, resultando por primera vez el método de Holt – Winters el que mejor ajusta en el caso de los pacientes pediátricos. Sin embargo, en términos prácticos ambos tienen un error diario de 1 paciente en promedio.

Gráfico N° 30: Ajuste métodos traslados externos



Fuente: Resultados software R. Datos del período de prueba.
Arriba adultos y abajo pediátricos.

9.5.3 Análisis de resultados

Analizando la forma de los gráficos, en general los modelos de traslados externos tienden a ser un promedio con pequeñas variaciones a medida que pasan los días. Esto se ve más claro en el modelo de pacientes pediátricos, donde el pronóstico varía entre 0 y 1 paciente diario. El modelo de adultos captura una mayor variación de la demanda, pero aun así se comporta como un promedio con una pequeña oscilación.

Con respecto al detalle de los coeficientes de las ecuaciones de regresión lineal, al igual que los modelos con un año y dos meses de datos, la variable tendencia resultó no aportar a una mejora en el pronóstico. Un año pareciera no ser suficiente para identificar una tendencia clara. Las variables de demanda pasada, las variables climáticas y las variables de eventos masivos y eventos deportivos tampoco fueron incluidas en el modelo, ambas por no presentar mejoras al ajuste del pronóstico.

A diferencia de los demás modelos, la ecuación de adultos presenta una menor cantidad de variables de los días de la semana significativas, pues la demanda aumenta los fines de semana, siendo el sábado y el domingo los días que muestran un aumento significativo.

Tabla N° 21: Coeficientes de modelos de regresión lineal traslados externos

Traslados externos Variable	Modelo Adultos		Modelo Pediátricos	
	Coefficiente	Significancia	Coefficiente	Significancia
Intercepto	1.8	***	1.2	***
Feriado	-0.2		0.4	
Pre feriado	-0.6		-0.5	.
Post feriado	1.8	**	-0.2	
Vacaciones invierno			-0.1	
Lunes	0.2		-0.2	
Martes	0.4		0.2	
Miércoles	Ref	Ref	Ref	Ref
Jueves	0.8	*	0.2	
Viernes	0.5		0.3	
Sábado	1.4	***	0.1	
Domingo	1.3	***	0.1	
Enero	1.1	*	-0.4	
Febrero	1.3	**	-0.7	**
Marzo	1.4	**	-0.4	.
Abril	0.3		-0.8	***
Mayo	0.1		-0.5	*
Junio	0.7		-0.5	.
Julio	0.1		-0.5	.
Agosto	0.3		-0.3	
Septiembre	0.7		-0.5	*
Octubre	Ref	Ref	Ref	Ref
Noviembre	0.5		-0.7	**
Diciembre	0.7		-0.5	*

Ref = Variable de referencia. Significancia: *** 99.9%, ** 99%, * 95%, . 90%, " " < 90%.

Fuente: Resultados software R.

Resulta interesante que las variables post feriado y pre feriado en adultos demuestran que, luego de un fin de semana largo las hospitalizaciones aumentan y antes disminuyen. Si bien aumentan las hospitalizaciones de traslados externos cuando hay menor actividad en el hospital, los fines de semana extendidos influyen de la misma manera que a la demanda de Urgencia.

Los coeficientes demuestran, al igual que los gráficos, que este pronóstico de traslados externos es más bien un promedio con ciertas variaciones, lo que en parte puede ocurrir por los valores pequeños de esta demanda de camas. El intercepto es aproximadamente 2 en los adultos y 1 en los pediátricos, y los coeficientes aplican variaciones pequeñas a este caso base. De todas formas, recordemos que el 18% de las solicitudes de traslados externos son de baja complejidad, por lo tanto, para efectos del modelo de pronóstico diario en la Unidad C3, este pronóstico indicará que en la mayoría de los casos habrá que considerar una cama diaria para solicitudes de traslados externos. Sin embargo, para los gestores de traslados resulta relevante estimar la demanda diaria de todas las complejidades, información que será de ayuda en la operación diaria.

CAPÍTULO 10: ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA PROGRAMADA

En este capítulo se mostrará la estimación de la demanda programada para pabellones quirúrgicos. La idea es utilizar la información disponible de la programación de las cirugías junto a los pronósticos de demanda calculados para contar con un panorama completo de las solicitudes de camas que recibe la Unidad C3.

Como se explicó en capítulos anteriores, los pabellones quirúrgicos corresponden a una demanda casi en su totalidad programada. Existe una oficina de agendamiento de pabellones que coordina la utilización de los pabellones día a día, para que se lleven a cabo de forma correcta las cirugías en el hospital. Todos los días, esta oficina envía a la Unidad C3 (y a otras unidades que lo requieren) la tabla quirúrgica, que consiste en una planilla Excel que contiene toda la información acerca de las cirugías programadas para el día siguiente: los datos personales del paciente, su diagnóstico, el médico cirujano a cargo de la operación y sus ayudantes, el tipo de operación, los medicamentos e instrumentos necesarios, el pabellón donde se llevará a cabo la cirugía, la hora de inicio y la duración estimada.

A pesar de contar con esta información, las ejecutivas de asignación no la utilizan para asignar camas. Como se comentó anteriormente, una de las causas de los altos tiempos de asignación es que la información acerca de la demanda es deficiente. Incluso de la demanda programada, pues ésta llega a través de distintos canales, siendo algunos más completos que otros. Actualmente las ejecutivas digitan a mano en su planilla Excel de registro de asignación la información enviada por correo desde otras oficinas hacia la Unidad C3. Esta información contiene el listado de pacientes que se operarán el día siguiente, lo que les toma entre 30 y 45 minutos cada día.

Además del tiempo valioso de trabajo que se pierde, esta información es menos completa que la entregada por la oficina de agendamiento, pues solo tiene la hora de inicio de la cirugía, y en varios solo la hora de citación al paciente. Esto les entrega un panorama diario de la demanda de pabellón que tendrán durante el día, pero al no tener la hora de término de la cirugía no saben a qué hora les solicitarán la cama desde la recuperación, pues esta puede durar entre 15 minutos y 6 horas.

Con el fin de estimar la hora de solicitud de la cama, se programó una macro en Microsoft Excel, que utiliza como input la tabla quirúrgica de la oficina de agendamiento. Inicialmente el archivo Excel se encuentra como se muestra la Ilustración N°8, junto a otras columnas que contienen información personal del paciente. La macro en primer lugar ordena las columnas de manera de tener la información más relevante para la asignación de camas, como el Rut del paciente, el nombre, la edad, el médico cirujano, la descripción de la cirugía y el pabellón donde se realizará. Todo esto les sirve a las ejecutivas para poder comunicarse con las unidades de recuperación de los pabellones y las unidades clínicas de destino de los pacientes, coordinando la asignación de habitaciones y camas. En segundo lugar, la macro estima la hora de solicitud de la cama, simplemente sumando la hora de inicio de la cirugía y la duración estimada por la oficina de agendamiento, que se encuentra separada en duración en horas y duración en minutos.

Ilustración N° 8: Macro para archivo Excel programación cirugías

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	FECHA	SERVICIOPA	PABTXT	ESTADO	HRCITACION	HORA INICIO	DURACIONH	DURACIONM	INGRESO	PRIORIDAD
2	07-12-2018	Pabellón 1P	2 1P	CONFIRMADO	10:30	12:30:00	2		Admisión	3° - UPO 1°PISO
3	07-12-2018	Pabellón 2P	1 2P	CONFIRMADO	7:00	8:30:00	4		Admisión	CTEV
4	07-12-2018	Pabellón 2P	2 2P	CONFIRMADO		8:30:00	1		Admisión	CAMA
5	07-12-2018	Pabellón 2P	2 2P	CONFIRMADO	8:30	10:30:00	1		Admisión	CTEV
6	07-12-2018	Pabellón 2P	3 2P	CONFIRMADO	7:00	9:00:00	1		Admisión	CTEV
7	07-12-2018	Pabellón 2P	3 2P	CONFIRMADO	8:30	10:30:00	1		Admisión	CTEV
8	07-12-2018	Pabellón 2P	3 2P	CONFIRMADO		12:00:00	1		Admisión	CAMA
9	07-12-2018	Pabellón 3P	1 3P	CONFIRMADO		8:00:00	3		Admisión	CAMA
10	07-12-2018	Pabellón 3P	1 3P	CONFIRMADO		12:30:00	1	30	Admisión	CAMA
11	07-12-2018	Pabellón 3P	2 3P	CONFIRMADO	7:00	8:00:00	1	30	UPO	1° - UPO 1°PISO
12	07-12-2018	Pabellón 3P	2 3P	CONFIRMADO	8:00	10:30:00	3	30	Admisión	2° - UPO 1°PISO
13	07-12-2018	Pabellón 3P	2 3P	CONFIRMADO	17:30	19:30:00	1	30	Admisión	CAMA
14	07-12-2018	Pabellón 3P	3 3P	CONFIRMADO	7:00	8:00:00	1		UPO	1° - UPO 1°PISO
15	07-12-2018	Pabellón 3P	3 3P	CONFIRMADO	8:00	9:30:00	2		UPO	2° - UPO 1°PISO

	A	F	H	I	J	K
1	FECHA	SERVICIOPA	HORA INICIO	DURACIÓN	HORA SOLICITUD	¿NECESITA CAMA?
2	07-12-2018	Pabellón 3P	8:00:00	1:00:00	9:00:00	
3	07-12-2018	Pabellón 3P	8:00:00	1:00:00	9:00:00	
4	07-12-2018	Pabellón 3P	8:00:00	1:30:00	9:30:00	
5	07-12-2018	Pabellón 6P	8:00:00	1:30:00	9:30:00	
6	07-12-2018	Pabellón 3P	8:00:00	2:00:00	10:00:00	
7	07-12-2018	Pabellón 3P	8:00:00	2:00:00	10:00:00	
8	07-12-2018	Pabellón 3P	8:00:00	2:00:00	10:00:00	
9	07-12-2018	Pabellón 6P	8:00:00	2:00:00	10:00:00	
10	07-12-2018	Pabellón 3P	8:00:00	5:00:00	13:00:00	
11	07-12-2018	Pabellón 3P	9:30:00	1:00:00	10:30:00	
12	07-12-2018	Pabellón 3P	9:00:00	2:00:00	11:00:00	
13	07-12-2018	Pabellón 3P	9:30:00	2:00:00	11:30:00	
14	07-12-2018	Pabellón 6P	10:00:00	1:30:00	11:30:00	
15	07-12-2018	Pabellón 3P	10:30:00	2:00:00	12:30:00	

Fuente: Oficina de agendamiento de pabellones.
Arriba antes y abajo después de activar la macro.

Finalmente, la macro crea una columna llamada “¿necesita cama?”, para que en ella las ejecutivas de asignación de camas realicen el filtro de las cirugías que solicitarán cama a la Unidad C3. Esto es necesario debido a que en el listado de todas las cirugías de un día se incluyen pacientes que ingresaron el día anterior y ya están hospitalizados en sus habitaciones, u otros que solicitarán la cama desde admisión antes de realizar su cirugía o simplemente recibirán un tratamiento ambulatorio que no requiere hospitalización luego de su cirugía.

El filtro se realiza como muestra la Ilustración N°9, donde para cada cirugía se registra “sí” o “no” en la columna creada, en base a la información de las dos columnas que se encuentran a la derecha, que indican donde llegará el paciente (si directamente a la cama desde admisión o por la Unidad Peri Operatoria) y si el paciente ya se encuentra hospitalizado o es parte del programa ambulatorio, casos en los cuales no habrá una nueva solicitud de cama.

Ilustración N° 9: Filtro de solicitudes de cama por cirugías

J	K	L	M
HORA SOLICITUD	¿NECESITA CAMA?	PRIORIDAD	DESCRIPCIÓN CITACIÓN
9:00:00	NO	1° - UPO 1°PISO	programa ambulatorio
9:00:00	SI	1° - UPO 1°PISO	
9:30:00	NO	1° - UPO 1°PISO	programa ambulatorio
9:30:00	SI	1° - UPO 1°PISO	
10:00:00	NO	1° - UPO 1°PISO	PREADMISIÓN 06/12 EN LA TARDE.
10:00:00	SI	1° - UPO 1°PISO	
10:00:00	NO	1° - UPO 1°PISO	PREADMISIÓN 6-12 EN LA TARDE
10:00:00	NO	1° - UPO 1°PISO	PREADMISIÓN 6/12 EN LA TARDE
13:00:00	SI	1° - UPO 1°PISO	
10:30:00	SI	2° - UPO 1°PISO	
11:00:00	SI	2° - UPO 1°PISO	
11:30:00	NO	2° - UPO 1°PISO	programa ambulatorio
11:30:00	NO	CAMA	HOSPITALIZADO 2E03
12:30:00	NO	CAMA	hospitalizado 7a17

Fuente: Oficina de agendamiento de pabellones.

De esta forma, utilizando la macro y realizando el filtro de las cirugías que solicitarán cama, las ejecutivas cuentan con un listado ordenado con toda la información de la demanda programada de pacientes quirúrgicos, incluyendo la hora estimada de solicitud de la cama. Cabe destacar que el hito calculado es cuándo termina la cirugía y el paciente es trasladado a la recuperación. Por lo tanto, en estricto rigor el paciente pasa un tiempo en recuperación hasta que el anestesista determina que el paciente se encuentra preparado para ser trasladado a su habitación. Ese es el momento exacto de la solicitud de la cama, y en promedio el paciente permanece dos horas en recuperación hasta que el anestesista solicita la cama.

Sin embargo, en conjunto con la Unidad C3, se ha definido la estimación del momento de solicitud de cama como la hora de término de las cirugías, de manera que las ejecutivas tengan 2 horas para asignar una cama a estos pacientes. Esta es una medida de seguridad que busca seguir cumpliendo la meta de asignación de camas a pesar de no reservar las camas para pacientes quirúrgicos al inicio del día, y a su vez, promueve la eliminación de esta práctica de reserva de camas, pues busca mantener la confianza que las unidades de recuperación tienen en la Unidad C3 con respecto al cumplimiento de los tiempos.

Por último, este listado queda ordenado de tal forma que las ejecutivas pueden copiarlo y pegarlo en el archivo Excel que utilizan para registrar todas las solicitudes de camas del día. La utilidad inmediata que entrega esta herramienta en ahorro de tiempo junto a su sencillo uso en la operación diaria motivó a la unidad a implementarla inmediatamente luego de su elaboración. Fue muy bien recibida por la Unidad C3 y actualmente las ejecutivas de asignación la utilizan diariamente para generar el listado de las solicitudes de cama de los pacientes quirúrgicos del día siguiente y para estimar la hora de cada solicitud.

CAPÍTULO 11: PRONÓSTICO DIARIO DE DEMANDA UNIDAD C3

En este capítulo se utilizarán los pronósticos calculados para cada una de las fuentes de demanda no programadas y la estimación de la demanda programada para obtener un pronóstico de toda la demanda del Comando Central de Camas.

Como se revisó en el capítulo de análisis de la demanda, tanto la lista diaria de pacientes quirúrgicos que envía la oficina de agendamiento como la demanda de Urgencia y la demanda de traslados externos incluyen pacientes de todas las complejidades. La Unidad C3 administra exclusivamente las camas de las unidades de baja complejidad, por lo tanto, se aplicarán porcentajes históricos a las cantidades pronosticadas para estimar la demanda de camas que tendrá la Unidad C3.

En primer lugar, en el capítulo anterior se mostró el proceso de estimación de la demanda programada, el que termina con la lista definitiva de pacientes adultos y pediátricos que se operarán durante el día. A pesar de que el archivo Excel de programación de cirugías tiene bastante información acerca de las cirugías, no cuenta con el dato del tipo de cama que requerirá el paciente. Es por esto que utilizando los datos de la lista y aplicando los porcentajes de la Tabla N°7 del Capítulo 8, se puede estimar la demanda de camas de baja complejidad que proviene de los pabellones quirúrgicos. Adicionalmente, según estos mismos porcentajes y la distribución de pacientes adultos y pediátricos, se considerarán diariamente tres emergencias de pacientes adultos y una de pacientes pediátricos, del total de 7 emergencias diarias que existen en promedio. A continuación, se muestra un ejemplo de estimación para un miércoles de agosto.

Tabla N° 22: Ejemplo estimación de demanda programada para la Unidad C3

Paciente	Cirugía General		Cirugía Cardio Neuro Tórax		CTEV	
	Ad	Ped	Ad	Ped	Ad	Ped
Programación pabellones	25	3	1	0	3	0
Filtro baja complejidad	75%	30%	20%	0%	20%	100%
Pronóstico baja complejidad	19	1	0	0	1	0
Emergencias estimadas	3	1	0	0	0	0
Pronóstico Unidad C3	22	2	0	0	1	0

Fuente: Resultados software R y archivo Excel programación cirugías.

En segundo lugar, para pronosticar la demanda no programada de un día es necesario preparar una base de datos con las variables que utilizan las regresiones, que son principalmente las variables calendario y la variable tendencia. Para esto, simplemente revisando los días festivos y las fechas programadas de eventos deportivos, se pueden construir las variables calendario para todo un año (o el período que se quiera). Luego de calcular el pronóstico para un día específico, se realiza un filtro para obtener solo la demanda de baja complejidad según un porcentaje histórico para las fuentes que lo requieren. Por ejemplo, si el pronóstico indica para un día en particular 4 hospitalizaciones de pacientes pediátricos desde Urgencia, históricamente un 85% de

estas son solicitudes de baja complejidad. Por lo tanto, el pronóstico para esta demanda para la Unidad C3 indicará 3 solicitudes de estos pacientes para ese día. A modo de ejemplo, se muestra la estimación de demanda para el mismo día miércoles de agosto.

Tabla N° 23: Ejemplo estimación de demanda diaria para la Unidad C3

Paciente	Tabla Quirúrgica		Urgencia		Admisión		Traslados internos		Traslados Externos	
	Ad	Ped	Ad	Ped	Ad	Ped	Ad	Ped	Ad	Ped
Pronóstico / Estimación	29	3	21	4	18	5	14		2	1
Filtro baja complejidad	% Pabellones		60%	85%	100%				19%	32%
Pronóstico Unidad C3	23	2	13	3	18	5	12	2	0	0

Fuente: Resultados software R y archivo Excel programación cirugías.

Desde julio de 2018 las ejecutivas de asignación comenzaron a registrar las solicitudes en una base de datos propuesta por el autor, donde es posible revisar la demanda real de cada día para las cuatro fuentes de demanda no programadas. Se compararon estos datos de demanda real con el pronóstico de la Unidad C3, con el fin de estimar el error del pronóstico diario para la unidad. Esto se hizo con una muestra de 4 semanas, algunas de ellas incluyen feriados y fueron seleccionadas semanas de altas y bajas ocupaciones de distintos meses. Debido a la forma en que se registran los datos de la tabla quirúrgica, no es posible comparar dicha estimación. Sin embargo, al ser demanda programada se espera un bajo error de estimación.

Tabla N° 24: Error de predicción de pacientes por día de la semana

Demanda	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
Promedio demanda diaria	90	86	82	73	69	80
Promedio de error diario	13	20	13	14	11	14
Error porcentual	14%	23%	15%	18%	16%	17%

Fuente: Datos Comando Central de Camas y resultados software R.

Los resultados que se obtuvieron muestran que el error promedio es de 14 pacientes por día, lo que indica que el error porcentual (MAPE) corresponde a un 17% del total de la demanda diaria. Si se compara con los estudios de consultas en servicios de Urgencia que concluyen que un 14% indica un buen nivel de predicción, (Wargon, Guidet, Hoang, & Hejblum, 2008), el pronóstico logra un buen desempeño el día lunes y un nivel similar de predicción el miércoles y el viernes. Sin embargo, el resto de los días el error es mayor, llegando a un alto porcentaje de error el día martes.

Las fuentes de demanda con mayor cantidad de solicitudes diarias son las que aportan con un mayor error en cantidad de pacientes, lo que es esperable. El día martes los modelos de Admisión y Urgencia presentan sus mayores errores (Anexo N°8),

provocando que estos sean los dos días de mayor error del modelo global. A su vez, el lunes el modelo de Urgencia presenta un error promedio del 2 pacientes adultos y dos pacientes pediátricos por día, lo que provoca que sea el día de mejor ajuste del pronóstico agregado. En general en los feriados el ajuste es bastante bueno y en los días post feriados aumenta el error.

De todas formas, el pronóstico sigue entregando información valiosa a pesar de mostrar un error considerable algunos días de la semana. Se ha logrado pronosticar la demanda diaria de camas con un rango de error conocido, información que antes no se tenía en la Unidad C3. Pero ¿cómo esta información ayudaría a disminuir los tiempos de espera?

Sabemos que el pronóstico diario por sí solo ayudará a solucionar el problema de los altos tiempos de espera, en cuanto las ejecutivas utilicen la información adicional que entrega para planificar la asignación de camas disponibles en función de la demanda de las distintas fuentes. El panorama diario que entrega la Tabla N°23 advierte que existirán cuatro fuentes de la demanda que solicitarán entre 12 y 25 camas cada una, por lo tanto, será necesario planificar la asignación de camas disponibles para cumplir la meta de asignación en dos horas. Más aún, el modelo de pronóstico captura variabilidad en la demanda según el día de la semana, el mes del año, si el día es festivo, próximo a un festivo o si durante la jornada ocurre algún evento relevante. Por consiguiente, el pronóstico entrega la estimación diaria para los distintos escenarios posibles, donde en cada día la asignación podrá planificarse en función a la demanda.

Esta información resulta aún más útil si se estiman los horarios del día en que habrá una mayor cantidad de solicitudes de Urgencia y las horas en que Admisión solicitará más camas. Esto afina aún más la planificación, permitiendo en ciertos horarios tener como prioridad asignar a algunas fuentes de demanda por sobre otras, logrando así menores tiempos. Sin embargo, si la planificación de asignación de camas en base a pronósticos de demanda no toma en cuenta la cantidad de camas disponibles que se tienen para asignar, podría no hacer sentido en la operación en momentos de alta ocupación. El pronóstico podría indicar que durante la mañana se solicitarán un cierto número de camas, pero podría ocurrir que no existiera el número suficiente de camas disponibles para lograr asignar a tiempo y cumplir la planificación de asignación.

Es por esto que surge la oportunidad de diseñar un modelo de asignación de camas, que analice la oferta y la demanda de camas en conjunto y entregue una propuesta de asignación que mejore los tiempos de asignación. Con este modelo se aprovecha aún más la información de los pronósticos, diseñando una herramienta que sea más aplicable a la operación diaria e influya directamente en la forma en que se asignan las camas.

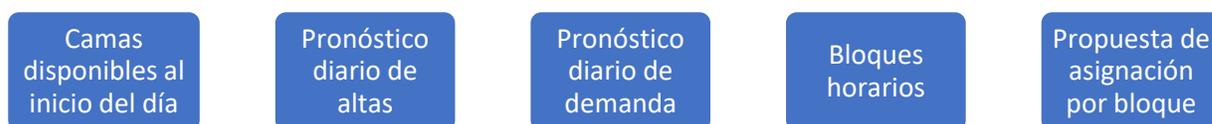
CAPÍTULO 12: MODELO DE ASIGNACIÓN DE CAMAS

A continuación, se mostrará el diseño de un modelo de asignación de camas, que en base a los pronósticos de demanda y a la información disponible de la oferta de camas, propone una guía para asignar de manera óptima en distintos bloques horarios durante un día.

12.1 Diseño del modelo

Se diseñó un modelo de asignación de camas en conjunto con las ejecutivas de asignación de camas, la jefe de la Unidad C3 y las enfermeras y enfermeros que la integran. Se realizaron varias propuestas y se hicieron los ajustes necesarios para que hiciera sentido con la operación diaria y pudiera implementarse correctamente.

Ilustración N° 10: Componentes del modelo de asignación de camas



Fuente: Elaboración propia.

El modelo de asignación de camas consiste en un archivo Excel que contiene todos los pronósticos y cálculos necesarios para realizar propuestas de asignación, a través del cual el usuario podrá ingresar los datos del día a pronosticar y recibir una guía de asignación diaria. El modelo está diseñado para ser utilizado por las ejecutivas de asignación de camas, quienes mediante una sencilla interacción con el modelo podrán utilizarlo día a día en la operación. A su vez, está pensado para ser administrado por el analista de la Unidad C3, quien será capaz apoyar a las ejecutivas de asignación en la utilización y realizar modificaciones de los cálculos en caso de ser necesario⁷.

Para comenzar, el modelo requiere la información de las camas disponibles al comienzo del día, dato que se obtiene con el censo que realizan los gestores de traslados todos los días a las 7 de la mañana. Esto queda registrado en un archivo Excel al que pueden acceder las ejecutivas de asignación para ingresarlo en el modelo. De todas las camas que registran los gestores de traslados, se deben ingresar la cantidad de camas de adultos y pediátricos de las unidades de baja complejidad, excluyendo las unidades de maternidad y las de pacientes oncológicos (como se explicó en el alcance).

En segundo lugar, el modelo requiere la dotación total de camas de baja complejidad, que consiste en todas las camas aptas para hospitalización de pacientes, número que puede variar por el bloqueo de camas en mantención o la remodelación de las unidades clínicas. Este dato es entregado a la Unidad C3 todas las mañanas en una reunión y por lo tanto conocido por las usuarias del modelo.

⁷ Se elaboró un manual de uso para el usuario y para el programador. Esto capacita a los integrantes que actualmente son parte de la Unidad C3 y a los que en un futuro la integren.

En tercer lugar y último lugar, el modelo requiere la fecha del día que se está pronosticando, lo que automáticamente gatilla el pronóstico de las altas⁸ que se tendrán durante el día y el pronóstico de la demanda no programada.

Por otro lado, el pronóstico de la demanda no programada se realiza tal y como se mostró en el capítulo anterior. La base de datos de todo un año se encuentra integrada en el Excel del modelo de asignación de camas, al igual que todas las ecuaciones de los modelos de hospitalizaciones calculadas previamente en el software R. De esta forma, el modelo pronostica la demanda en función de la fecha y realiza el filtro de baja complejidad para obtener la demanda que recibe la Unidad C3.

En cuarto y último lugar, el modelo requiere la estimación de la demanda programada de pabellones quirúrgicos. Como posteriormente se trabajará con bloques horarios y para esta fuente particular se estima la hora de cada solicitud, es necesario ingresar en el modelo la cantidad de solicitudes de adultos y pediátricos que se realizarán por cada bloque horario y desde cada pabellón quirúrgico. Para esto, las ejecutivas deben aplicar la macro de la tabla quirúrgica (que actualmente lo hacen todos los días con un día de anticipación), la que además de entregarles el listado ordenado de pacientes del día con la hora estimada de solicitud, entrega una tabla resumen con todas las solicitudes de cada pabellón por bloque horario (Anexo N°9). Por lo tanto, el usuario debe simplemente copiar y pegar esa tabla resumen en el modelo de asignación de camas, el cual utiliza los mismos porcentajes históricos de la Tabla N° 22 del capítulo anterior para estimar la demanda de baja complejidad para cada bloque y para cada pabellón. En el Anexo N°10 se muestra un ejemplo de este cálculo.

De esta forma, al ingresar estos cuatro datos el modelo obtiene el pronóstico de demanda y el pronóstico de la oferta de camas, integrado por las camas disponibles para asignar al inicio del día y el pronóstico de las altas. Al analizar la demanda junto a la oferta total de un día, es posible averiguar cuántas solicitudes será posible satisfacer al final del día. Este mismo análisis se hace para cuatro bloques horarios durante el día: desde las 7:00 hasta las 12:00, desde las 12:00 hasta las 16:00, desde las 16:00 hasta las 20:00 y desde las 20:00 hasta las 7:00 del día siguiente. El modelo de asignación reparte la demanda y la oferta diaria en estos bloques utilizando porcentajes históricos de la distribución horaria de las demandas y de las altas. La definición de los bloques horarios y la distribución de la demanda y oferta en cada uno de ellos se explican en la siguiente sección de este capítulo.

Por último, las ejecutivas podrán ver una propuesta de asignación para cada bloque según la demanda y las camas disponibles para cada fuente de demanda. Si para un bloque la demanda supera la cantidad de camas disponibles, las solicitudes no asignadas quedan pendientes para el próximo bloque. La propuesta de asignación, que

⁸ El hospital cuenta con un pronóstico de altas por unidad clínica que utiliza diariamente para estimar la cantidad de camas disponibles que tendrá por día. Está calculado en base a promedios históricos, y según el día de la semana, el mes del año y la cantidad de camas, estima la cantidad de altas por unidad. Este pronóstico está integrado en el modelo de asignación de camas, el cual solo toma en cuenta las altas de las camas de baja complejidad.

se explica en detalle en la tercera sección de este capítulo, se realiza resolviendo un problema de optimización lineal diseñado en base a ciertas prioridades de asignación, las que son distintas para cada bloque y fueron definidas en conjunto con la Unidad C3. Finalmente, en la sección 12.4 se muestran las vistas del modelo de asignación de camas para del usuario.

12.2 Bloques horarios

Durante un día, las solicitudes de camas tienen un comportamiento horario específico para cada fuente de la demanda. En ciertas horas hay una mayor cantidad de solicitudes desde Admisión y en otras horas la demanda proviene principalmente desde Urgencia. Esto motiva la definición de cuatro bloques horarios, donde en cada uno de ellos la asignación tiene distintas prioridades. El modelo estima para cada bloque la cantidad de camas demandada por Urgencia, Admisión, traslados internos, traslados externos y la tabla quirúrgica. A su vez, estima la cantidad de camas disponibles que se tendrá en cada bloque para satisfacer la demanda.

Los cuatro bloques se han definido en conjunto con las ejecutivas de asignación y están pensados para cuatro momentos distintos del día. El primer bloque comienza a las 7:00, hora en que la unidad de Admisión comienza a recibir a los pacientes que han agendado sus operaciones a primera hora del día y donde se solicitan la mayor cantidad de los traslados internos del día. Este bloque termina a las 12:00, dando paso al segundo, donde comienzan a salir la mayor cantidad de pacientes luego de sus cirugías y la mayor cantidad de habitaciones de las altas dadas en la mañana terminan su aseo, quedando disponibles para nuevos pacientes. El tercer bloque comienza a las 16:00, donde la tabla quirúrgica sigue siendo la fuente con mayor demanda, seguida por Urgencia. Por otro lado, Admisión comienza a disminuir su actividad paulatinamente. Este bloque termina a las 20:00, dando paso al cuarto y último bloque la jornada: desde las 20:00 del día pronosticado hasta las 7:00 de la mañana del día siguiente. Este último bloque coincide casi totalmente con el turno de noche de asignación de camas, donde Urgencia y traslados externos son las principales fuentes de demanda.

Es importante destacar que el cuarto bloque incluye horas de dos días distintos: desde las 20:00 hasta las 23:59 del día pronosticado, y desde las 0:00 hasta las 7:00 del día siguiente. Es por esto que el modelo de asignación pronostica para ambos días. Siguiendo con el ejemplo del miércoles de agosto, el modelo pronostica la demanda del miércoles y del jueves, calculando la demanda del miércoles de 7:00 a 23:59 y las solicitudes del jueves de 0:00 a 7:00. Esto, da como resultado la demanda de una jornada completa desde las 7:00 del día pronosticado hasta las 7:00 del día siguiente.

En la Tabla N°25 se muestra el cálculo de la demanda por bloques para pacientes adultos en este mismo ejemplo, en base a porcentajes históricos aplicados al pronóstico de la demanda diaria. En la Tabla N°26 se encuentra el resultado final de la estimación por bloques, que suma la demanda y la oferta de los bloques del miércoles y del jueves.

Como se puede ver, se tiene tanto la estimación de las altas como la de la demanda para cada bloque. Los bloques horarios de Urgencia y de ambos traslados

fueron calculados con datos históricos de distribución horaria de la demanda durante un día, con distintas bases de datos para cada fuente y con períodos de un año. Para Admisión se utilizó con una muestra de un mes de datos que comenzaron a medirse en octubre de 2018. Los bloques horarios de las altas se calcularon con datos entregados por la Gestión de Altas de la Unidad C3, considerando que las camas estarían disponibles una hora después del alta del paciente según los tiempos de aseo.

Cada uno de los porcentajes que dan origen a los bloques se calculó por día de la semana, de manera que para un lunes en Urgencia el primer bloque concentra el 24% de la demanda del día, y el domingo en el mismo bloque se recibe el 17% (Anexo N°11).

Tabla N° 25: Cálculo de demanda por bloques horarios

Bloque	Horario	Tabla						Traslados		Traslados			
		Altas		Quirúrgica	Urgencia	Admisión		Internos	Externos				
Día	Miércoles	100%	56	-	23	100%	13	100%	18	100%	12	100%	0
B1	7:00 - 12:00	23%	13	-	4	21%	3	59%	11	52%	6	15%	0
B2	12:00 - 16:00	46%	26	-	13	26%	3	27%	5	32%	4	23%	0
B3	16:00 - 20:00	28%	15	-	5	24%	3	10%	2	15%	2	19%	0
B4.1	20:00 - 23:59	3%	2	-	1	18%	2	3%	1	1%	0	22%	0
Día	Jueves	100%	65	-	15	100%	13	100%	16	100%	11	100%	1
B4.2	0:00 *- 7:00*	0%	0	-	0	12%	2	1%	0	0%	0	17%	0

Fuente: Modelo de asignación de camas. Pronóstico para un miércoles de agosto.

Tabla N° 26: Resultado estimación de demanda por bloques horarios

Bloque	Horario	Tabla				Traslados		Traslados
		Altas	Quirúrgica	Urgencia	Admisión	Internos	Externos	
Jornada	7:00 – 7:00*	56	22	13	19	12	0	
B1	7:00 - 12:00	13	4	3	11	6	0	
B2	12:00 - 16:00	26	12	3	5	4	0	
B3	16:00 - 20:00	15	5	3	2	2	0	
B4	20:00 - 7:00*	2	1	4	1	0	0	

Fuente: Modelo de asignación de camas. Pronóstico para un miércoles de agosto.

() Del día siguiente (jueves).*

Notar que la tabla quirúrgica no cuenta con porcentajes para el cálculo de solicitudes por bloque, debido a que la macro de la tabla quirúrgica entrega una tabla resumen con todas las solicitudes de cada pabellón por bloque horario, las que posteriormente el modelo de asignación filtra para obtener exclusivamente la demanda de baja complejidad de los pabellones quirúrgicos.

12.3 Propuesta de asignación

Calculadas la demanda y la oferta para cada uno de los bloques horarios, el modelo propone una asignación para cada bloque según las prioridades que poseen cada una de las fuentes de demanda y ciertos mínimos de asignación que se han definido para algunas fuentes. Es importante destacar que, en los casos en que se tenga una oferta de camas suficiente para satisfacer toda la demanda de un bloque, estas prioridades no toman relevancia. Sin embargo, cuando no se tiene la cantidad suficiente de camas para responder a todas las solicitudes de demanda, las prioridades indican a qué fuentes de demanda se sugiere asignar las escasas camas con las que se cuenta en estos casos.

Tabla N° 27: Prioridades de asignación por fuente de demanda

Prioridad	Fuente de demanda
1	Pabellones quirúrgicos
2	Admisión
3	Urgencia
4	Traslados internos
5	Traslados externos

Fuente: Comando Central de Camas.

Las prioridades que se muestran en esta tabla son las que actualmente imperan al momento de asignar. Por el momento tiene sentido que siga siendo así, pero no es obligación que lo sea para siempre. El objetivo del modelo de asignación es mejorar los tiempos de asignación utilizando la información que entrega el pronóstico para anticiparse a la demanda. En este sentido, está diseñado para entregar dicha información al proceso de asignación actual, buscando adaptarse para ser bien recibido en la operación diaria. A medida que la unidad se adapte al uso de esta herramienta, se pueden replantear las prioridades de asignación para obtener un mejor desempeño global de asignación. El modelo está diseñado para modificar las prioridades y adaptarse a los cambios que la experiencia en la Unidad C3 sugiera.

Actualmente, la demanda de pabellones quirúrgicos es la que tiene la mayor prioridad, pues si se tienen muchos pacientes quirúrgicos sin cama asignada esto podría provocar que las salas de recuperación post quirúrgica no tengan capacidad para recibir más pacientes, obligando a los pabellones a suspender cirugías. Esto genera un costo altísimo para el hospital y para el paciente que debe reprogramar su cirugía.

En segundo lugar, se encuentra Admisión, que tiene prioridad por sobre Urgencia debido a que este último servicio tiene boxes de atención inmediata donde se atienden a los pacientes antes de ser hospitalizados. Por lo tanto, si se comparan dos solicitudes de llevan esperando dos horas y con el mismo estado de salud, una de Admisión y otra de Urgencia, se le da prioridad a Admisión. Luego se encuentra Urgencia que, a pesar de tener la capacidad de brindar atención inmediata a sus pacientes, los pacientes más graves requieren atención lo antes posible en las unidades críticas. Además, como se ha mencionado, las consecuencias de tener boarding times altos produce efectos negativos en la seguridad del paciente.

Finalmente se encuentran los traslados internos y externos, respectivamente. Cuando hay escasez de camas, se asignan los traslados internos que son estrictamente necesarios para abrir cupos a otras solicitudes de camas, y los traslados externos no se aceptan pues se le da prioridad a los pacientes que ya están en el hospital por sobre a los pacientes de otros hospitales. Esto último salvo en los casos en que la UGCC solicite hospitalización de pacientes que requieran tratamientos en los cuales el Hospital Clínico y la Clínica UC sean los principales y a veces únicos proveedores.

Estas prioridades se mantienen para casi todos los bloques del día, exceptuando el primero donde en primera prioridad se sitúa Admisión y en segunda los pabellones quirúrgicos, debido a que Admisión concentra la mayor cantidad de solicitudes en este bloque y los pacientes quirúrgicos comienzan a aumentar sus solicitudes casi al llegar al segundo. Entonces, si las prioridades de asignación se mantienen, ¿en qué se diferencian la asignación propuesta por el modelo y la asignación actual?

Actualmente se reservan las camas para los pacientes quirúrgicos al comienzo del día, lo que disminuye considerablemente la cantidad de camas disponibles al comienzo del día para otros tipos de solicitudes. Por lo tanto, el simple hecho de que para cada bloque se intente asignar la mayor cantidad de camas siguiendo estas mismas prioridades les entrega una mayor posibilidad a Urgencia y traslados internos de satisfacer sus solicitudes en mejores tiempos.

Sin embargo, asignando de esta forma existen casos en que las camas disponibles solo alcanzan para asignar a las fuentes de mayor prioridad: la tabla quirúrgica y Admisión. Esto motiva la definición de porcentajes mínimos de la demanda por bloque que deben ser asignados para cada una de las fuentes⁹. En estos porcentajes se les da una mayor importancia a las fuentes de menor prioridad: Urgencia y traslados internos, con el fin de equiparar la asignación entre las fuentes para cada bloque. A los traslados externos no se les ha asignado un mínimo por bloque, debido a que en casos de escasez de camas no se aceptan traslados externos, salvo excepciones.

Tabla N° 28: Mínimo porcentaje de demanda a asignar por bloque

Bloque	Tabla Quirúrgica	Urgencia	Admisión	Traslados internos	Traslados externos
Bloque 1	25%	30%	25%	25%	0%
Bloque 2	25%	30%	25%	40%	0%
Bloque 3	25%	30%	25%	30%	0%
Bloque 4	25%	30%	25%	30%	0%

Fuente: Elaboración propia.

⁹ Estos mínimos fueron definidos por el autor en base a pruebas de asignaciones propuestas, logrando con ellos obtener propuestas equilibradas según el comportamiento de la demanda por bloque. Al igual que las prioridades, estos porcentajes son modificables y pueden adaptarse cambios en la asignación.

Como base se ha definido que la tabla quirúrgica y Admisión tengan un mínimo de 25% de la demanda por bloque, y que Urgencia y traslados internos un 30% por bloque, por tener estos dos últimos una menor prioridad global. Solo varían el primer y el segundo bloque, donde en el primero se ha dejado el mayor mínimo exclusivamente a Urgencia aprovechando que la tabla quirúrgica tiene una menor actividad. En el caso del segundo bloque, el mínimo de los traslados internos aumenta a 40%, debido a que aumentan la cantidad de dichas solicitudes en este bloque y es el momento del día en que se requieren una mayor cantidad de camas libres en las unidades críticas, lo que se consigue trasladando a los pacientes que lo requieran desde unidades de alta complejidad a unidades de baja complejidad.

Recapitulando, el modelo propuesto asigna en función de la demanda pronosticada para cada bloque, manteniendo las mismas prioridades globales de asignación, pero estableciendo porcentajes mínimos de demanda que deben ser satisfechos dentro de un bloque para cada fuente de demanda. El hacerlo de esta manera provoca que la asignación sea más pareja para las fuentes de demanda y que se priorice en cada bloque a la fuente de demanda que históricamente ha sido más fuerte en ese bloque. Todo esto, guardando siempre las prioridades globales de la Tabla N°27. La optimización que está detrás de esta propuesta de asignación es realizada por la herramienta Solver de Excel y está incluida dentro del archivo Excel del modelo de asignación de camas.

A continuación, se muestra un ejemplo del modelo de asignación aplicado a pacientes adultos. En la Tabla N°29 se encuentra el pronóstico para una jornada completa de asignación. Las 3 camas disponibles al inicio del día más las altas pronosticadas dan un total estimado de 68 camas disponibles, suficientes para satisfacer la demanda pronosticada de 56 camas en todo el día y terminar la jornada con 12 camas disponibles.

Tabla N° 29: Pronostico día jornada completa ejemplo asignación

JORNADA COMPLETA (07:00 - 07:00)

Libres	Altas	Tabla Qx	Urgencia	Adm	Tras Int	Tras Ext	Término de la jornada
3	65	14	12	18	12	0	12

Fuente: Modelo de asignación de camas.

Luego, en base a estos datos, el modelo calcula la oferta y la demanda para los cuatro bloques de la jornada. En la Tabla N°30 se muestran los dos primeros bloques de la jornada. Según los porcentajes mínimos para cada fuente de demanda, la asignación propuesta entrega como mínimo 1 cama a la tabla quirúrgica y a Urgencia, 2 camas a traslados internos y 3 camas a Admisión. Luego de satisfacer dichos mínimos, las 2 camas que quedan disponibles se las asigna a Admisión, por ser la fuente de mayor prioridad para el primer bloque. Esto da como resultado que al término del bloque no queden camas disponibles y existan 11 solicitudes que quedan pendientes para el próximo bloque.

Tabla N° 30: Ejemplo de propuesta de asignación de camas

BLOQUE 1 (07:00 - 12:00)							
Camas disponibles = 9		Solicitudes de camas MQ = 20					Término del bloque
Inicio bloque	Altas	Tabla Qx	Urgencia	Adm	Tras Int	Tras Ext	Disponibles = 0
3	6	2	2	10	6	0	Solic. Pendientes = 11
Propuesta asignación		1	1	5	2	0	Camas asignadas = 9

Fuente: Modelo de asignación de camas.

Si comparamos esta asignación que propone el modelo con la asignación actual para el mismo ejemplo, se notará la diferencia entre ambos casos. Actualmente, se asigna de la siguiente forma.

Tabla N° 31: Ejemplo de asignación actual

BLOQUE 1 (07:00 - 12:00)							
Camas disponibles = 9		Solicitudes de camas MQ = 20					Término del bloque
Inicio bloque	Altas	Tabla Qx	Urgencia	Adm	Tras Int	Tras Ext	Disponibles = 0
3	6	2	2	10	6	0	Solic. Pendientes = 16
Propuesta asignación		7	0	2	0	0	Camas asignadas = 9

Fuente: Simulación en base a la forma de asignación actual.

A pesar de estar programadas solo dos solicitudes de la tabla quirúrgica para el primer bloque, se reservan la mayor cantidad de camas posibles para la tabla quirúrgica y se asignan algunas a Admisión. Esto da como resultado que en el primer bloque se reserven 7 camas para la tabla quirúrgica y solo dos para admisión, sin asignar para Urgencia ni para traslados internos, lo que deja un total de 16 solicitudes pendientes para el próximo bloque.

Al comparar la asignación actual con la propuesta por el modelo para el día completo en este mismo ejemplo, la asignación actual terminó el día completo con 19 solicitudes pendientes y la asignación propuesta con 11, es decir, una disminución del 42%. Las solicitudes que quedan pendientes de un bloque a otro demoran mucho más que las que se satisfacen en el mismo bloque, por lo tanto, se estima para ese ejemplo que el promedio del tiempo de asignación para las solicitudes de Urgencia disminuyó de 2:27 a 1:48 con el modelo de asignación y el promedio de los tiempos de traslados internos de 2:32 a 1:34¹⁰.

El principal cambio consiste en dejar de reservar las camas al comienzo del día y asignar por bloque en función de la demanda pronosticada. La estimación de la demanda por bloques permite anticiparse a las solicitudes de todas las fuentes, mejorando los tiempos para las fuentes que tienen menor prioridad manteniendo la respuesta a los pacientes quirúrgicos tiempos razonables. Es probable que el porcentaje de cumplimiento de la meta del 92% a los pacientes quirúrgicos disminuya, pero esto se mantendrá siempre dentro de lo razonable. Si hay escasez de camas y el modelo propone dejar dos

¹⁰ Esta estimación se explica en detalle en el pie de la página 90.

solicitudes de la tabla quirúrgica pendientes para el próximo bloque, aún podría cumplirse la meta de las dos horas y eventualmente algunas solicitudes podrían demorar 3 y 4 horas¹¹, lo que no sería muy distinto a lo que actualmente ocurre. Esto usualmente no genera retraso en los pabellones, pues esto ocurre cuando las unidades de recuperación post quirúrgica colapsan, lo que sucede pocas veces al año por sobrecapacidad. Con esta propuesta de asignación, habrá más camas disponibles al inicio del día para responder solicitudes de otras fuentes y las altas de la mañana entregarán camas disponibles en el segundo bloque para poder satisfacer la demanda de la tabla quirúrgica y del resto del día en buenos tiempos.

Es importante destacar que la propuesta del modelo está pensada como una guía para que las ejecutivas planifiquen la asignación de camas durante el día. Sin embargo, es natural que existan solicitudes de camas más urgentes que otras independiente de la fuente de la demanda que provengan, por el estado de salud del paciente o por otras razones que solicite el médico tratante. En estos casos, la decisión del personal clínico siempre es la que predominará al momento de asignar, independiente de lo que proponga el modelo.

12.4 Usabilidad del modelo

A continuación, se muestran imágenes de la interacción del usuario con el modelo de asignación. Los datos son los mismos que en el ejemplo anterior. La primera vista que entrega el modelo consiste en el ingreso de los datos necesarios para obtener una propuesta de asignación. Se deben ingresar la fecha, las camas disponibles de las unidades de Médico Quirúrgico adulto y pediátrico (unidades de baja complejidad), la dotación total de camas aptas para hospitalización de pacientes y la estimación de la tabla quirúrgica de adultos y pediátricos por bloque. Esta se obtiene aplicando la macro sobre la tabla quirúrgica del día que envía la oficina de agendamiento, por lo que solamente es necesario copiar y pegar esta tabla ahí.

Ilustración N° 11: Vista 1 usuario modelo de asignación

MODELO DE ASIGNACIÓN DE CAMAS

Datos a ingresar		
Fecha	jueves, 2 de agosto de 2018	
	MQ Adulto	MQ Pediátrico
Camas disponibles	3	4
	MQ Adulto	MQ Pediátrico
Dotación total de camas	216	30
Limpiar datos		

Adultos		Tabla quirúrgica			
Pabellón	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	
3°	3	7	5		
6°	2	1	1		
CTEV	2	1	1	1	

Pediátricos		Tabla quirúrgica			
Pabellón	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	
3°	1	1	1		
6°					
CTEV					

Fuente: Modelo de asignación de camas.

¹¹ Según observaciones del comportamiento del modelo de asignación.

A continuación, el usuario pasa a la segunda vista que corresponde a la asignación de camas de pacientes adultos, donde luego de apretar el botón “propuesta de asignación” el modelo elabora una propuesta, quedando a la vista el pronóstico de la jornada completa y el de cada uno de los bloques. El usuario puede editar las celdas de la propuesta de asignación y las que indican los pronósticos de la demanda si lo considera necesario, por si la realidad de la operación en fuera muy distinta y actualizar el primer bloque con los datos de lo que realmente ocurrió permite que los bloques siguientes tengan sentido. El usuario puede deshacer los cambios de usuario para volver a la propuesta inicial oprimiendo el botón “deshacer cambios de usuario”.

Ilustración N° 12: Vista 2 modelo de asignación

Pronóstico MQ Adulto	Propuesta de asignación	Deshacer cambios
jueves, 2 de agosto de 2018		

JORNADA COMPLETA (07:00 - 07:00)

Libres	Altas	Tabla Qx	Urgencia	Adm	Tras Int	Tras Ext	Término de la jornada
3	65	14	12	18	12	0	12

BLOQUE 1 (07:00 - 12:00)

Camas disponibles = 9		Solicitudes de camas MQ = 20					Término del bloque
Inicio bloque	Altas	Tabla Qx	Urgencia	Adm	Tras Int	Tras Ext	Disponibles = 0
3	6	2	2	10	6	0	Solic. Pendientes = 11
Propuesta asignación		1	1	5	2	0	Camas asignadas = 9

BLOQUE 2 (12:00 - 16:00)

Camas disponibles = 32		Solicitudes de camas MQ = 31					Término del bloque
Inicio bloque	Altas	Tabla Qx	Urgencia	Adm	Tras Int	Tras Ext	Disponibles = 1
0	32	9	5	9	8	0	Solic. Pendientes = 0
Propuesta asignación		9	5	9	8	0	Camas asignadas = 31

BLOQUE 3 (16:00 - 20:00)

Camas disponibles = 23		Solicitudes de camas MQ = 11					Término del bloque
Inicio bloque	Altas	Tabla Qx	Urgencia	Adm	Tras Int	Tras Ext	Disponibles = 12
1	22	4	3	2	2	0	Solic. Pendientes = 0
Propuesta asignación		4	3	2	2	0	Camas asignadas = 11

BLOQUE 4 (20:00 - 07:00)

Camas disponibles = 17		Solicitudes de camas MQ = 5					Término del bloque
Inicio bloque	Altas	Tabla Qx	Urgencia	Adm	Tras Int	Tras Ext	Disponibles = 12
12	5	0	3	2	0	0	Solic. Pendientes = 0
Propuesta asignación		0	3	2	0	0	Camas asignadas = 5

Fuente: Modelo de asignación de camas.

Finalmente se encuentra la tercera vista, que es idéntica a la anterior, pero con el modelo aplicado a pacientes pediátricos.

Ilustración N° 13: Vista 3 modelo de asignación

Pronóstico MQ Pediátrico	Propuesta de asignación	Deshacer cambios
jueves, 2 de agosto de 2018		

JORNADA COMPLETA (07:00 - 07:00)

Libres	Altas	Tabla Qx	Urgencia	Adm	Tras Int	Tras Ext	Término de la jornada
4	6	1	4	3	2	0	0

BLOQUE 1 (07:00 - 12:00)

Camas disponibles = 5		Solicitudes de camas MQ = 4					Término del bloque
Inicio bloque	Altas	Tabla Qx	Urgencia	Adm	Tras Int	Tras Ext	Disponibles = 1
4	1	0	1	2	1	0	Solic. Pendientes = 0
Propuesta asignación		0	1	2	1	0	Camas asignadas = 4

BLOQUE 2 (12:00 - 16:00)

Camas disponibles = 4		Solicitudes de camas MQ = 4					Término del bloque
Inicio bloque	Altas	Tabla Qx	Urgencia	Adm	Tras Int	Tras Ext	Disponibles = 0
1	3	1	1	1	1	0	Solic. Pendientes = 0
Propuesta asignación		1	1	1	1	0	Camas asignadas = 4

BLOQUE 3 (16:00 - 20:00)

Camas disponibles = 2		Solicitudes de camas MQ = 1					Término del bloque
Inicio bloque	Altas	Tabla Qx	Urgencia	Adm	Tras Int	Tras Ext	Disponibles = 1
0	2	0	1	0	0	0	Solic. Pendientes = 0
Propuesta asignación		0	1	0	0	0	Camas asignadas = 1

BLOQUE 4 (20:00 - 07:00)

Camas disponibles = 1		Solicitudes de camas MQ = 1					Término del bloque
Inicio bloque	Altas	Tabla Qx	Urgencia	Adm	Tras Int	Tras Ext	Disponibles = 0
1	0	0	1	0	0	0	Solic. Pendientes = 0
Propuesta asignación		0	1	0	0	0	Camas asignadas = 1

Fuente: Modelo de asignación de camas.

CAPÍTULO 13: BENEFICIO POTENCIAL DE IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se realizará una estimación del impacto que tendrían la implementación del modelo de asignación de camas en base a pronósticos de demanda en la Unidad C3, teniendo foco en la resolución del problema planteado en la definición de este proyecto.

Tal como se mostró en el capítulo anterior, se utilizó el modelo de asignación para tres semanas distintas. Esto se hizo con datos de la dotación total de camas, la cantidad de camas disponibles al inicio del día de adultos y pediátricos de baja complejidad para esos días y la programación de los pacientes quirúrgicos. De esta manera fue posible contar con todos los datos necesarios para utilizar el modelo de asignación, los que estaban disponibles para la segunda mitad del año 2018. Las semanas escogidas fueron de tres meses distintos y cada una con distintos niveles de ocupación. Además, una de ellas contaba con un día festivo, con el fin de tener datos de semanas diferentes.

Para cada uno de los días pronosticados, se simuló una asignación de camas de la forma en que se asigna actualmente y se comparó con la propuesta de asignación del modelo. De la misma manera en que se mostró en la Tabla N°31 de la sección 12.3, la asignación actual se simuló reservando las camas de pabellones quirúrgicos al principio del día y asignando a las demás fuentes a medida que se tenían camas disponibles. Para ambas formas de asignación, se contó cuántos bloques demoraba cada solicitud en ser resuelta. Por ejemplo, una solicitud recibida en el segundo bloque y asignada en el tercero, demora dos bloques en ser resuelta, y si se hubiera asignado en el segundo bloque solo habría demorado un bloque en ser resuelta.

Luego, utilizando los tiempos históricos de asignación de traslados internos y datos históricos del boarding time de urgencia, se estimó el tiempo promedio que demoraría cada solicitud según la cantidad de bloques que demora en ser asignada¹². En promedio, una solicitud de Urgencia que se resuelve en un bloque demora una hora y 39 minutos en ser resuelta, y un traslado interno resuelto en dos bloques demora tres horas y 33 minutos.

Tabla N° 32: Tiempo promedio de asignación por cantidad de bloques

Bloques*	Urgencia	Traslados internos
1	1:39:24	0:36:00
2	3:22:57	3:30:07
3	7:46:36	7:44:41
4	11:23:08	17:18:50

*Fuente: Sistema informático Alert y base de datos Admisión.
(* Cantidad de bloques que se requieren para asignar.*

¹² Con los mismos datos históricos de asignación de Urgencia y Traslados internos que se utilizaron para declarar el problema, se promediaron los tiempos de asignación de las solicitudes que se resolvían en un bloque, en dos bloques, en tres bloques y en cuatro bloques.

Por lo tanto, en promedio las solicitudes que se resuelven dentro de un bloque cumplen la meta de asignación en menos de dos horas, y las que se asignan en dos bloques o más no la cumplen. Utilizando estos datos como supuesto, se estimó para cada día el cumplimiento de la meta de traslados internos y de Urgencia para la asignación actual y la propuesta por el modelo¹³. Además, se estimó el promedio de ambos tiempos de asignación para cada día, realizando un promedio ponderado según la cantidad de solicitudes resueltas en un bloque, en dos bloques, en tres bloques o en cuatro bloques¹⁴. Para poder realizar estas estimaciones en base a los bloques, fue necesario dejar fuera tiempos de asignación que demoraron más de 24 horas, haciendo más conservadora la estimación.

Los resultados indican que en los pacientes pediátricos el modelo de asignación presenta leves mejoras. Esto se debe principalmente a que el número de camas de estos pacientes es pequeño, y cuando existe falta de camas hay menor holgura para asignar de otra forma. Entendiendo una solicitud pendiente como una que no es resuelta dentro de un mismo bloque, la asignación propuesta presenta una disminución de un 5% de las solicitudes pendientes de Urgencia y un 14% en Admisión. Sin embargo, en los traslados internos no presenta variación.

A diferencia de los pediátricos, en los adultos la asignación en base a pronósticos de demanda presenta bastantes mejoras en contraste con la asignación actual. Las solicitudes pendientes de Urgencia disminuyen un 53%, las de los traslados internos en 48% y las de admisión en un 61%. Por otro lado, ahora los pabellones quirúrgicos presentan solicitudes pendientes, lo que antes no ocurría debido a la reserva de camas. Sin embargo, esto solo ocurrió en cuatro de los 15 días analizados y el promedio fue de 2 solicitudes pendientes por día. De todas formas, el total de las solicitudes pendientes de todas las fuentes disminuye en un 34% con el modelo de asignación.

Tabla N° 33: Mejora de tiempos de asignación según estimación por bloques

Escenario	Urgencia		Traslados internos	
	Tiempo promedio [h]	Cumplimiento de la meta	Tiempo promedio [h]	Cumplimiento de la meta
Asignación actual estimada	2:12:04	81%	2:00:34	56%
Asignación propuesta	1:52:40	91%	1:14:33	81%
Mejora	15%	11%	38%	25%

Fuente: Modelo de asignación de camas.

Con respecto a los tiempos promedio de asignación y a los porcentajes del cumplimiento de meta de asignación de camas, en la Tabla N°33 se muestran las diferencias entre ambos escenarios, mostrando mejoras significativas la asignación

¹³ Si para un día 9 solicitudes de Urgencia se resolvieron en un bloque (cumplen la meta) y 3 solicitudes en dos o más bloques (no cumplen la meta), el porcentaje de cumplimiento es $9 / 12 = 75\%$.

¹⁴ Si para un día 8 solicitudes de traslados internos se resolvieron en un bloque y 4 en dos bloques, el promedio diario de los tiempos de asignación es $(00:36:00 * 8 + 03:30:07 * 4) / 12 = 1:34:02$.

propuesta. Los valores de la asignación actual estimada difieren a los datos de la asignación actual, debido a que la estimación por bloques es una muestra de tres semanas que deja fuera a los casos de asignación en más de 24 horas. Por lo tanto, para estimar la mejora que el modelo provocaría en los tiempos de asignación actuales¹⁵, se aplicaron correcciones sobre los porcentajes de mejora de la Tabla N°33.

Considerando que las mejoras que se muestran corresponden al modelo aplicado en pacientes adultos, que corresponden al 85% de los pacientes del hospital, y que además el modelo de pronóstico de la demanda diaria de la Unidad C3 tiene un error promedio del 17%, se estima que la implementación del modelo de asignación mejorará en la misma medida en que mejoraron los tiempos según la estimación por bloques corregidos por estos porcentajes¹⁶. Finalmente, se obtienen los tiempos promedio de asignación y el cumplimiento de la meta que se obtendrían si se utilizara la asignación propuesta por el modelo.

Tabla N° 34: Beneficio de implementación modelo de asignación

Escenario	Urgencia		Traslados internos	
	Tiempo promedio [h]	Cumplimiento de la meta	Tiempo promedio [h]	Cumplimiento de la meta
Asignación actual	2:36	48%	3:38	44%
Mejora estimada	10%	8%	27%	18%
Asignación propuesta	2:19	56%	2:39	62%

Fuentes: Modelo de asignación de camas, Admisión y sistema informático Alert.

Por lo tanto, de implementarse el modelo, el boarding time de urgencia disminuiría un 10% y el promedio de los tiempos de asignación a traslados internos disminuiría en una hora. A su vez, el cumplimiento de la meta para Urgencia aumentaría de 48% a 56%, y en los traslados internos aumentaría de 44% a 62%, lo que se traduce en un ahorro de 60 millones de pesos de los 360 anuales que se pierden por altos tiempos de asignación. Por lo tanto, la asignación propuesta en base a los pronósticos de demanda estimados ayudaría a disminuir en parte el problema que ha motivado este trabajo, aportando en mejorar el cumplimiento de la meta de asignación de camas para los traslados internos y las solicitudes provenientes del Servicio de Urgencia.

¹⁵ Los mismos tiempos que declaran el problema de esta memoria y que se encuentran en la Tabla N°34 en la fila "Asignación actual".

¹⁶ Las mejoras estimadas corresponden al $85\% * 83\% = 71\%$ de las mejoras de la Tabla N°33.

CAPÍTULO 14: GESTIÓN DEL CAMBIO

En este capítulo se revisarán los ocho pasos de la gestión del cambio que propone John Kotter en su libro para lograr transformaciones en las organizaciones. En este caso, serán los pasos necesarios para lograr cambiar la actual asignación implementando el modelo propuesto.

El primer paso consiste en generar un sentido de urgencia en las personas del equipo. Sin una motivación real y la necesidad de realizar un cambio en un equipo, los esfuerzos de apoyarlo se agotan fácilmente en la mayoría de los casos (Kotter, 1995). Es necesario comunicarle al equipo del Comando Central de Camas y a las áreas a las que esta unidad depende directamente (Subdirección médica y Gerencia de Procesos y Proyectos) los altos tiempos de asignación que existen para las solicitudes de camas solicitadas por traslados internos y desde el servicio de Urgencia. Es necesario explicarles las consecuencias negativas que tienen estos tiempos, tanto en la seguridad del paciente de Urgencia como en las pérdidas de dinero por cobro de cama en traslados tardíos. De esta forma, el equipo entenderá que el problema existe y depende de la unidad y su trabajo en conjunto con las demás unidades clínicas lograr solucionarlo.

El segundo paso consiste en formar una coalición conductora poderosa, es decir, ensamblar un grupo con suficiente poder para liderar el cambio e influir en el resto de las personas de la organización. En el caso de la Unidad C3, la jefe de gestión de altas y camas y la jefe de proyecto de la Unidad C3 son las personas que tienen más poder dentro de la unidad. Ambas, junto al practicante de ingeniería y analista de la unidad, deben ser las líderes de la implementación de este modelo para lograr transmitir su importancia al resto del equipo, la primera desde el punto de vista clínico y la segunda desde el punto de vista de la gestión de operaciones. A pesar de que el analista no cuenta con mucho poder, debe ser uno de los principales líderes al ser quien conocerá al revés y al derecho cómo utilizar el modelo de asignación y cómo modificar el archivo Excel para realizar los ajustes o las mejoras que se requieran. Además de estas personas, deben incluirse el subdirector médico y la gerente de procesos y proyectos, a quienes reporta la unidad. Ambos tienen un alto poder sobre la unidad y el hospital en general, por lo que resultan clave para comunicar al resto de las unidades clínicas el aporte que ellas pueden hacer a la Unidad C3 para que logren cambiar con éxito la manera en que se asigna actualmente. Por último, se sugiere que al menos uno de los gestores de traslado y una de las ejecutivas de asignación también formen parte de la coalición conductora, pues independiente de no contar con un poder alto en términos de las jerarquías de su cargo, es necesario que sean líderes y conduzcan el cambio dentro la Unidad C3.

El paso número tres consiste en crear una visión para ayudar a dirigir el esfuerzo del cambio y estrategias para lograr alcanzarla. La visión debe ser clara y fácil de comunicar, para que el proyecto de cambio tenga un enfoque definido y todos en la organización sepan qué pueden hacer para ayudar conseguir el objetivo. La red cuenta con una visión y misión declaradas que van en la línea de la excelencia y la entrega de un servicio de calidad, por lo que se propone que la visión de la Unidad Comando Central de Camas sea “ser la unidad centralizada de gestión de camas hospitalarias líder en eficiencia y calidad de servicio al paciente y a las unidades clínicas que solicitan

hospitalización de pacientes”. Se sugiere redefinir en conjunto con los integrantes de la unidad una visión y misión clara de unidad, para que todos se contagien con esta visión. A su vez, definir como estrategia para alcanzarla la utilización de herramientas de gestión y optimización de recursos, como el modelo de asignación de camas, y otras estrategias que se definan en conjunto para lograr responder de forma eficiente a todas las fuentes de demanda.

Luego, se encuentra el cuarto paso, que consiste en comunicar la visión y las estrategias que se llevarán a cabo para lograr alcanzarla. En primer lugar, se debe comunicar dentro de la unidad, mediante reuniones específicas para ello y ejemplos de casos exitosos en otros hospitales, como el Capacity Command Center del Johns Hopkins Hospital en Estados Unidos, institución reconocida por poseer una de las unidades de gestión centralizada de camas de mayor excelencia utilizando herramientas de la ingeniería y otras disciplinas. La comunicación dentro de la Unidad C3 logrará que cada integrante entienda cuál es su rol en ella y qué puede hacer para lograr la visión. Adicionalmente, la visión y sus estrategias deben comunicarse al hospital entero, mediante el correo corporativo y las reuniones de jefaturas clínicas. Así, la unidad se muestra frente a la organización con un objetivo claro, lo que permite que las unidades clínicas a quienes les afecta directamente entiendan y apoyen el cambio en la forma asignación.

Como quinto paso está el deshacerse de los obstáculos que existan para cumplir esta visión, los que a veces no son reales obstáculos, sino predisposiciones personales a no querer cambiar. Aquí lo importante es descartar la idea de que eliminar la reserva de camas impedirá responder en buenos tiempos a las solicitudes programadas de pacientes quirúrgicos. Es necesario comunicar y evidenciar que los pronósticos permitirán planificar de tal forma que sin reservar camas al inicio del día se tendrán las camas disponibles para asignar en buenos tiempos. Esto entregará confianza tanto dentro de la Unidad C3 como en las unidades de recuperación para que apoyen el cambio, entendiendo que si baja el nivel de servicio que actualmente reciben es para lograr una mejor calidad de servicio en tiempos de respuesta para el global del hospital.

El sexto paso consiste en planificar y crear ganancias a corto plazo que motiven a seguir mejorando en la dirección del cambio. En el caso del modelo de asignación, es necesario comenzar a medir semanalmente el cumplimiento de la meta de asignación para cada una de las fuentes de demanda, para lo cual se requiere el registro regular del tiempo de respuesta a todas las solicitudes de cama. Es importante destacar que ya se ha avanzado en esta dirección, pues junto a la implementación de la macro de la tabla quirúrgica, se modificó el archivo Excel donde las ejecutivas registran día a día las solicitudes que reciben, de manera que se diferencien por fuente y se registren los tiempos que harán posible medir el indicador. De esta manera, cuando se presenten aumentos del cumplimiento de la meta semana a semana, se podrá reconocer colectiva e individualmente a los integrantes de la unidad que más hayan aportado a la disminución de los tiempos de asignación.

El paso número siete corresponde a consolidar las mejoras y producir aún más cambios. Aquí es importante utilizar el aumento de la credibilidad de las mejoras que ha

traído el cambio para lograr cambiar los sistemas y las estructuras políticas que no encajan con la visión. En este paso se podría aprovechar de visibilizar las mejoras en los tiempos y el aumento de la credibilidad para solicitar incorporar el modelo de asignación con los pronósticos de demanda en el sistema informático SAP que almacena los datos de los pacientes del hospital. Esto aumentaría la usabilidad del modelo, pues las ejecutivas pasarán de utilizarlo en un archivo Excel a tenerlo en el sistema, lo que permitiría que asignar en función de los pronósticos de la demanda se convierta en un hábito difícil de cambiar en un futuro.

Finalmente, el octavo y último paso consiste en institucionalizar las nuevas formas de trabajar, estableciendo relaciones entre los éxitos de la organización y los nuevos cambios de comportamiento. En este paso es importante hacer la relación entre las encuestas de satisfacción de clientes y los estados financieros con la mejora de los tiempos de asignación de camas. Esto terminará por darle credibilidad al cambio y la importancia de haber reformulado la forma en que se asignan las camas a las solicitudes de hospitalizaciones y traslados. Este último paso también incluye desarrollar los medios para asegurar el desarrollo del liderazgo dentro de la Unidad C3 para que en una futura sucesión de las jefes del proyecto se transmita la visión y no se pierda cuando a los líderes tengan que dejar la unidad.

CAPÍTULO 15: CONCLUSIONES

Finalmente, en este capítulo se revisan los puntos más relevantes de la metodología y se exponen las conclusiones de este trabajo.

El análisis de la demanda previo al cálculo de los métodos de pronóstico ayudó bastante a la interpretación de los resultados y a la inclusión de las variables clave para cada una de las fuentes de demanda. Cada tipo de solicitud tiene sus particularidades, algunas con estacionalidad semanal más marcada, otras con estacionalidad mensual predominante y cada una con características diferentes para pacientes adultos y pediátricos. La caracterización de la demanda es un paso muy importante para comprender el fenómeno que se está estudiando.

En general, el método Holt – Winters y el de regresión lineal presentaron aproximaciones similares a los datos futuros, siendo la regresión lineal el método que resultó tener un menor error en todos los modelos salvo en uno. En promedio, los modelos predictivos para cada una de las fuentes por separado muestran un error de ajuste de 3 pacientes diarios en promedio, lo que se considera una buena capacidad de pronóstico dado el orden de magnitud de los datos. El error porcentual en algunos modelos exagera el error, siendo la raíz del error cuadrático de la media el estadístico más apropiado para interpretarlo en estos modelos predictivos.

El método de predicción de consultas en servicios de urgencia mediante regresión lineal resultó ser aplicable para estimar la hospitalización de pacientes, obteniéndose conclusiones similares a los estudios en otros hospitales del mundo. Las variables calendario resultaron ser las más predictivas de la demanda de camas hospitalarias, específicamente los días de la semana para los pacientes adultos y los meses del año para los pacientes pediátricos. Este resultado se obtuvo para todas las fuentes de demanda, cada una con días y meses distintos de mayor demanda. Las variables de los días feriados, pre feriados y post feriados también resultaron influir, consistente con la literatura revisada.

Resulta particularmente interesante la influencia que tienen los partidos de la selección chilena masculina de fútbol en la demanda de hospitalizaciones, disminuyendo las solicitudes de Admisión y aumentando las solicitudes de traslados internos, que aprovechan los días de menor demanda para reordenar a los pacientes en las unidades clínicas. Estos eventos deportivos también resultaron relevantes para la demanda de consultas de Urgencia. De todas formas, este es un fenómeno distinto al de las hospitalizaciones, donde las variables climáticas y los eventos masivos no influyen de la misma manera.

Con respecto a la demanda programada, la implementación de una herramienta simple de instrucciones automatizadas para ordenar la información y estimar el tiempo de solicitud fue muy bien recibida por la Unidad C3. Soluciones simples que involucran pequeños cambios pueden ahorrar tiempos valiosos en la operación y aprovechar la información disponible. Ahora las ejecutivas de asignación demoran 10 minutos diarios en obtener la misma información que antes obtenían en 45 minutos.

La estimación diaria de la demanda diaria que recibe la Unidad C3, que incluye la estimación de la demanda programada y los modelos de predicción de las demás fuentes, obtuvo un error promedio de 17%. Los días lunes, miércoles y viernes el error es cercano al 14% razonable indicado por otros estudios, obteniendo un muy buen desempeño del pronóstico de Urgencia el día lunes, logrando predecir los cambios en la demanda que provocan los días festivos. Sin embargo, el martes la estimación diaria presenta un error promedio de 23%. Esto provocará que la asignación propuesta no sea la adecuada en ciertos días, debido a una estimación de la demanda errónea, lo que a su vez podría aumentar los tiempos de espera de algunas fuentes de demanda al sobre estimar la demanda de otras. El equipo de la Unidad C3 debe ser consciente del error promedio que tiene el modelo en cada día de la semana, para interpretar correctamente la estimación de la demanda con un rango de error y no como una estimación exacta, con una mayor atención los martes, lo que podría mitigar los efectos negativos de obtener una predicción errónea.

Por otro lado, el pronóstico de demanda por sí solo entrega información que permite anticiparse a la demanda y planificar la asignación de camas para obtener mejores desempeños. Sin embargo, aplicar el pronóstico en la operación diaria sin la información de la oferta de camas podría no hacer sentido en la operación en momentos de alta ocupación, sugiriendo asignaciones que no fuesen posibles debido a la falta de camas disponibles. El análisis conjunto de la demanda y la oferta mediante el modelo de asignación de camas permitieron aprovechar mejor la información que entregan los pronósticos al proponer una planificación de la asignación que se aproxima más a la realidad de la operación. Esto hace más factible la implementación de una nueva forma de asignar en función de la demanda pronosticada.

El modelo de asignación de camas está diseñado para adaptarse al proceso de asignación actual, entregando una propuesta que mantiene las prioridades actuales de asignación y asignando en función de la demanda pronosticada. El objetivo de adaptarse inicialmente al proceso actual es lograr que el equipo se acomode a una nueva herramienta de asignación, para que ésta logre ser parte fundamental de la operación diaria a medida que se va ajustando. Esto deja abierta la posibilidad de replantearse las prioridades de asignación y los mínimos porcentajes de asignación por fuente de demanda, pudiendo darle una mayor prioridad a Urgencia sobre Admisión, por ejemplo. El diseño incorpora la posibilidad de modificar las prioridades a medida que la experiencia en la implementación lo sugiera.

La propuesta de asignación que se propone en base bloques horarios busca equilibrar la asignación entre todas las fuentes para satisfacer la mayor cantidad de solicitudes posibles en cada uno de los cuatro momentos en que se divide la jornada. La principal diferencia con la asignación actual consiste en dejar de reservar las camas de la demanda programada al inicio del día y asignar en función del pronóstico de la demanda. No basta solo con dejar de reservar y asignar a medida que se reciban las solicitudes sin planificación, pues esto podría provocar altos tiempos de espera de pacientes quirúrgicos, lo que traería consecuencias graves como la saturación de las unidades de recuperación post quirúrgica y la cancelación de cirugías programadas por falta de camas. Utilizar los pronósticos de demanda para planificar asignaciones permite

anticiparse a las solicitudes de todas las fuentes, mejorando los tiempos para las que actualmente tienen muy poca prioridad sin dejar de responder en tiempos adecuados a los pacientes quirúrgicos. Con esta propuesta de asignación, habrá más camas disponibles al inicio del día para responder solicitudes de otras fuentes y las altas de la mañana permitirán seguir respondiendo bien a las solicitudes de la tabla quirúrgica. Si bien la meta de asignación en dos horas para la tabla quirúrgica podría disminuir, según las estimaciones realizadas esto no generaría un retraso en los pabellones, lo que sucede pocas veces al año por sobrecapacidad de las unidades de recuperación post quirúrgica.

Con respecto a los objetivos de este trabajo propuestos en un inicio, estos se han cumplido satisfactoriamente, elaborando un modelo de predicción de demanda diaria de camas que incluye tanto las fuentes de demanda programada como la demanda programada de pacientes quirúrgicos. Además, se diseñó un modelo de asignación de camas, que utiliza estos pronósticos en la operación diaria y mejora el desempeño actual de la Unidad C3.

La implementación del modelo de asignación ayudaría a solucionar en parte el problema que busca resolver esta memoria: los altos tiempos de asignación para solicitudes de Urgencia y traslados internos. Se estima que el cumplimiento de la meta de asignación para Urgencia aumentaría de 48% a 56%, y que el promedio del boarding time disminuiría de 2:36 a 2:19. Esto aumentaría la seguridad del paciente y disminuiría el estrés del personal de Urgencia. A su vez, el tiempo promedio de asignación de traslados internos decaería de 3:38 a 2:39, y el cumplimiento de la meta para estas solicitudes aumentaría de 44% a 62%, lo que permitiría ahorrar 62 millones de pesos anuales por concepto de cobro a los pacientes.

Si bien esto es una mejora no sustantiva en los tiempos de asignación de Urgencia, el modelo de pronóstico de demanda constituye un aporte relevante para el hospital que va más allá de la asignación de camas. Estimar la demanda de camas y conocer su estacionalidad permite planificar una serie de esfuerzos que ayudarían a mejorar el desempeño de la Unidad C3. Será posible focalizar los aseos habitaciones de adultos o de pediátricos en función de sus demandas y así aumenta la disponibilidad de camas para asignar en mejores tiempos. Lo mismo con los mantenimientos de las habitaciones de las unidades clínicas. Incluso utilizando la información del pronóstico se podría agendar las cirugías tomando en cuenta los días de la semana en que las demás fuentes de demanda presentan una menor cantidad de solicitudes. Con el pronóstico de demanda de camas del hospital, es posible atacar al problema desde distintas aristas.

Por otro lado, la gestión del cambio es sumamente importante para lograr que la implementación de este modelo logre impactar positivamente en la organización y cumpla su objetivo. Todos los pasos son importantes para lograr una buena gestión del cambio, sin embargo, resultan particularmente relevantes para este caso la transmisión de una visión que contagie a todo el equipo, eliminar el obstáculo de la práctica de reserva de camas que podría impedir alcanzar esta visión y planificar ganancias a corto plazo para reforzar el avance en dirección al cambio. Este último paso permitirá medir semana a semana el desempeño de los tiempos de asignación de una manera más rigurosa a como se hace actualmente, lo que permitirá gestionar el cumplimiento de la meta.

En un futuro el Comando Central de Camas gestionará todas las camas del hospital, las que podrían incorporarse en el modelo. De la misma manera que se tienen una propuesta para pediátricos y otra para adultos, se pueden incorporar nuevas propuestas para pacientes de otras complejidades, calculando pronósticos de demanda con datos históricos de solicitudes de cama para estos pacientes. Por último, un próximo paso sería realizar un pronóstico para cada tipo de cama según el tipo de habitación. Estos datos ya están comenzando a registrarse, lo que permitiría a fines del 2019 tener una cantidad suficiente de datos para afinar el pronóstico y seguir mejorando aún más los tiempos de asignación.

Bibliografía

- Batal, H., Tench, J., McMillan, S., Adams, J., & Mehler, P. S. (2001). Predicting patient visits to an urgent care clinic using calendar variables. *Academic Emergency Medicine*.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2009). *Administración de operaciones*. Ciudad de México: McGraw - Hill / Interamericana Editores .
- FONASA. (2017). *Boletín de estudios 2017, FONASA y seguros adicionales de salud*.
- INE. (2017). *Compendio estadístico 2017*.
- Jones, S. S., Thomas, A., Evans, R. S., Welch, S. J., Haug, P. J., & Snow, G. L. (2008). Forecasting Daily Patient Volumes in the Emergency Department. *Academic Emergency Medicine*.
- Kotter, J. P. (1995). *Liderando el cambio: Por qué los esfuerzos de transformación fracasan*.
- La Tercera. (2018). *ProCalidad 2018*.
- McClain, J. O. (2018). *Bed planning using queuing theory models of hospital occupancy: A sensitivity analytics*.
- OCHISAP. (2015). *Marco normativo, políticas y planes*. Obtenido de Observatorio Chileno de la Salud Pública: <http://www.ochisap.cl/index.php/organizacion-y-estructura-del-sistema-de-salud/marco-normativo-politicas-y-planes>
- OCHISAP. (13 de Mayo de 2018). *Estructura organizacional del sistema de salud*. Obtenido de sitio web del Observatorio Chileno de la Salud Pública: <http://www.ochisap.cl/index.php/organizacion-y-estructura-del-sistema-de-salud/estructura-organizacional>
- OCHISAP. (13 de mayo de 2018). *Estructura organizacional del SNSS*. Obtenido de sitio web del Observatorio Chileno de la Salud Pública: <http://ochisap.cl/index.php/organizacion-y-estructura-del-sistema-de-salud/estructura-organizacional-del-snss>
- Rabin, E., Kocher, K., McClelland, M., Pines, J., Hwang, U., Rathlev, N., . . . Weber, E. (2012). Solutions to emergency department boarding and crowding are underused and may need to be legislated. *Health Affairs*.
- RAE. (27 de diciembre de 2018). *Macro*. Obtenido de Real Academia Española: <http://lema.rae.es/dpd/srv/search?key=macro>
- Red de Salud UC CHRISTUS. (2017). *Mapa de la Red*. Obtenido de Red de Salud UC CHRISTUS: http://redsalud.uc.cl/ucchristus/mapa_de_la_red.act

- Red de Salud UC CHRISTUS. (2017). *Misión y visión*. Obtenido de Red de Salud UC CHRISTUS: http://redsalud.uc.cl/ucchristus/QuienesSomos/mision_y_vision.act
- Red de Salud UC CHRISTUS. (2017). *Nuestros inicios*. Obtenido de Red de Salud UC CHRISTUS: <http://redsalud.uc.cl/ucchristus/Hospital/hospital-clinico/historia.act>
- Reveco, C. (2011). *Pronóstico y análisis de demanda de la sala de urgencia del Hospital Luis Calvo Mackenna y metodología para el cálculo de recursos críticos*. Santiago.
- Ríos, G. (2008). *Series de tiempo*.
- Salway, R., Valenzuela, R., Shoenberger, J., & Mallon, W. V. (2017). Congestión en el servicio de urgencia: Respuestas basadas en evidencias a preguntas frecuentes. *Revista Médica Clínica Las Condes*. Obtenido de Science Direct.
- UGCC. (2018). *Informe Unidad de Gestión Centralizada de Camas 2014 - 2018*. Santiago.
- Wargon, M., Guidet, B., Hoang, T. D., & Hejblum, G. (2008). A systematic review of models for forecasting the number of emergency department visits.

ANEXOS

Anexo N°1: Unidades clínicas del hospital.

Unidad Clínica	Complejidad	Paciente	Ubicación	Piso	Camas
Neonatología 1C	Alta	Neonatólogo	Hospital Clínico	1°	12
Intensivo Pediátrico 6A	Alta	Pediátrico	Hospital Clínico	6°	17
Intensivo Adulto 3H	Alta	Adulto	Hospital Clínico	3°	16
Intensivo Adulto 4H	Alta	Adulto	Hospital Clínico	4°	16
Recuperación Cardiovascular 6E	Alta	Adulto	Hospital Clínico	6°	9
Unidad Coronaria 7H	Alta	Adulto	Hospital Clínico	7°	14
Neonatología 2C	Mediana	Neonatólogo	Hospital Clínico	2°	24
Intermedio Pediátrico 6B	Mediana	Pediátrico	Hospital Clínico	6°	12
Intermedio Adulto 5EH	Mediana	Adulto	Hospital Clínico	5°	29
Intermedio Adulto 8H	Mediana	Adulto	Hospital Clínico	8°	16
Intermedio 4CUC	Mediana	Adulto	Clínica UC	4°	11
Pediatría 7A	Baja	Pediátrico	Hospital Clínico	7°	21
Pediatría 8CUC	Baja	Pediátrico	Clínica UC	8°	12
Maternidad 2A	Baja	Adulto	Hospital Clínico	2°	15
Médico Quirúrgico 2B	Baja	Adulto	Hospital Clínico	2°	18
Médico Quirúrgico 2DE	Baja	Adulto	Hospital Clínico	2°	16
Médico Quirúrgico 4A	Baja	Adulto	Hospital Clínico	4°	36
Médico Quirúrgico 4B	Baja	Adulto	Hospital Clínico	4°	12
Médico Quirúrgico 4C	Baja	Adulto	Hospital Clínico	4°	16
Médico Quirúrgico 4E	Baja	Adulto	Hospital Clínico	4°	29
Médico Quirúrgico 5A	Baja	Adulto	Hospital Clínico	5°	39
Médico Quirúrgico 5B	Baja	Adulto	Hospital Clínico	5°	12
Médico Quirúrgico 5C	Baja	Adulto	Hospital Clínico	5°	18
Médico Quirúrgico 2CUC	Baja	Adulto	Clínica UC	2°	11
Médico Quirúrgico 3CUC	Baja	Adulto	Clínica UC	3°	12
Médico Quirúrgico 5CUC	Baja	Adulto	Clínica UC	5°	12
Maternidad 6CUC	Baja	Adulto	Clínica UC	6°	12
Médico Quirúrgico 7CUC	Baja	Adulto	Clínica UC	7°	12
Oncología 9CUC	Baja	Adulto	Clínica UC	9°	12
Oncología 10CUC	Baja	Adulto	Clínica UC	10°	12

Fuente: Dirección Médica, período año 2018.

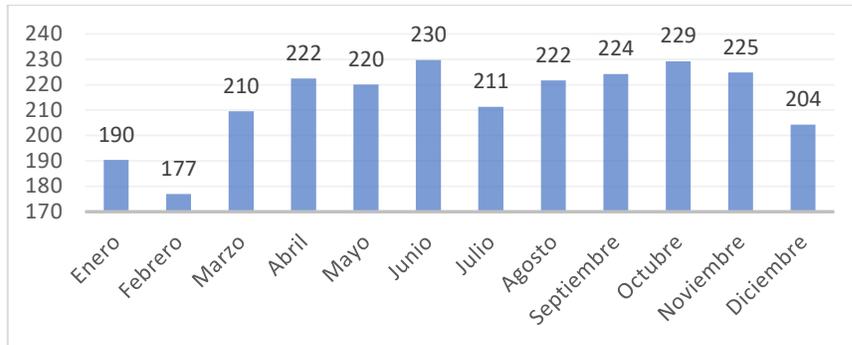
Anexo N°2: Tiempos de aseo por unidad durante el mes de julio de 2018.

Servicios Baja Complejidad	Promedio tiempo de aseo	Cantidad de aseos
2° Médico Quirúrgico E-D	1:38:33	35
2° MULTI	1:02:32	28
4° B Médico Quirúrgico	1:17:02	22
4° Cuidados Especiales	1:12:23	2
4° Medio Pen H	1:01:06	23
4° MULTI A	0:54:30	25
4° Pen E-1	2:00:04	14
4° Pen E-2	1:10:14	6
4° AIS CIR	1:08:30	1
4° Cirugía	1:02:58	52
5° B Médico Quirúrgico	1:14:43	25
5° CECV A	1:18:04	21
5° CECV B	2:13:54	2
5° Cuidados Especiales	1:17:55	12
5° AIS MED	1:07:47	2
5° MED A	0:55:07	38
7° PEDIATRIA	0:25:55	1
Hospital	1:11:54	309
2° MQ CUC	1:56:56	14
3° UPO CUC	1:46:38	26
5° Maternidad CUC	1:55:07	19
6° MATER CUC	1:53:37	16
7° Pediatría CUC	1:50:36	14
8° PED CUC	1:42:19	3
9° ONCO CUC	1:58:17	6
10° ONCO CUC	2:20:23	6
Clínica	1:53:40	104
Total Hospital y Clínica UC	1:22:25	413

Servicios Alta y Mediana Complejidad	Promedio tiempo de aseo	Cantidad de aseos
3° UPC QX	1:13:51	19
4° UPC MED	1:08:10	16
5° UTIMN 1	1:09:34	25
5° UTIMN 2	1:16:54	13
6° B Intermedio Pediátrico	1:27:43	26
6° RECUPERACION	1:26:27	15
6° UPC PED	0:59:54	5
7° PED MEDIO	0:55:31	2
7° UCO	1:05:12	18
8° INTER UCO	1:17:06	23
Hospital	1:15:07	162
4° INTER CUC	1:52:41	8
Clínica	1:52:41	8
Total AC y MC	1:16:53	170

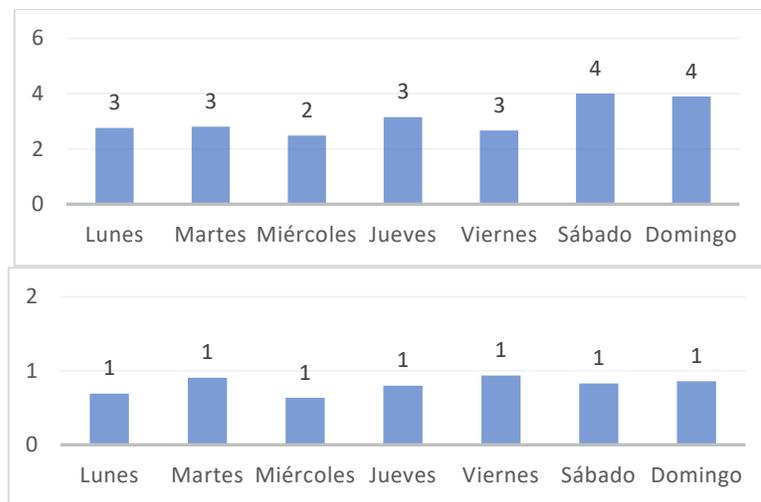
Fuente: Sistema informático Bedwatch, período junio 2018.

Anexo N°3: Gráfico promedio diario de consultas totales del hospital.



Fuente: Sistema informático Alert, período marzo 2013 – febrero 2018.

Anexo N°4: Hospitalizaciones de traslados externos por día de la semana.



*Fuente: Gestión de traslados, período abril 2017 – junio 2018.
Arriba adultos abajo pediátricos.*

Anexo N°5: Cálculo regresión lineal en software R.

The screenshot displays the RStudio interface with the following components:

- Source Editor:** Contains R code for fitting two linear regression models. The first model, `reg6_hospad`, uses `baseA` as data. The second model, `reg11_hospad`, uses `baseB` as data. Both models include predictors for hospitalization status and various demographic variables.
- Console:** Shows the output of the `lm` function, including the full regression formula, residuals, and a detailed table of coefficients with their standard errors, t-values, and p-values.
- Environment:** Lists the objects in the global environment, including the data frames `baseA` and `baseB`, and the fitted model objects `reg6_hospad` and `reg11_hospad`.

```
141 #Hospad
142 reg6_hospad<-lm(hospad ~ phospad1+fer+intfer+postfer+prefer+evdepre1+vacinv+lun+mar+mie+jue+vie+sab+ene+marz+
143 summary(reg6_hospad)
144 mape(base$`hospad`,predict(reg6_hospad,baseB))
145 rmse(base$`hospad`,predict(reg6_hospad,baseB))
146 #Hospad
147 reg11_hospad<-lm(hospad ~ tend+hospped7+tend+fer+intfer+postfer+prefer+evdepre1+vacinv+lun+mar+mie+jue+vie
148 summary(reg11_hospad)
149 mape(base$`hospad`,predict(reg11_hospad,baseB))
150 rmse(base$`hospad`,predict(reg11_hospad,baseB))
151 }
152 <
```

Call:
`lm(formula = hospad ~ phospad1 + fer + intfer + postfer + prefer + evdepre1 + vacinv + lun + mar + mie + jue + vie + sab + ene + marz + abr + may + jun + jul + ago + sep + oct + nov + dic + lluvia, data = baseA)`

Residuals:

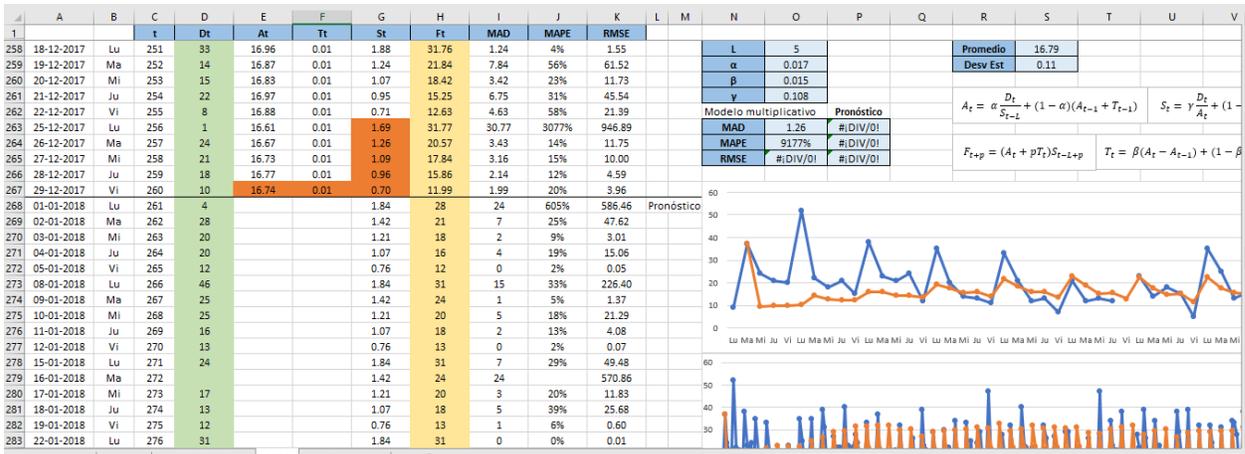
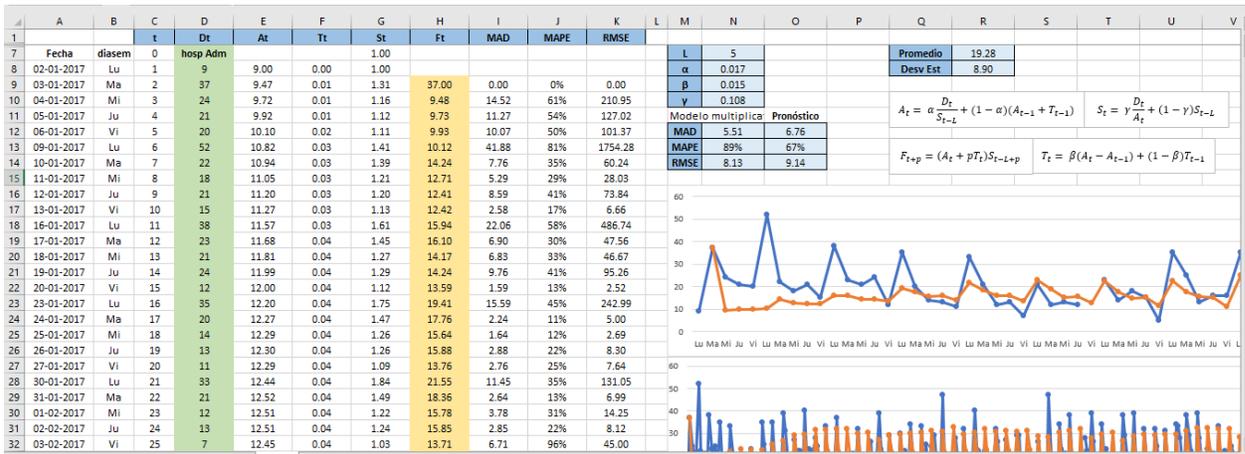
	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-20.5373	-3.1212	-0.1669	3.0074	16.6133

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	16.642094	0.715827	23.249	< 2e-16 ***
phospad1	0.080786	0.026264	3.076	0.00214 **
fer	-3.863774	0.723765	-5.338	1.09e-07 ***
intfer	2.535133	1.599541	1.585	0.11321
postfer	0.480108	0.796256	0.603	0.54663
prefer	-1.886055	0.788346	-2.392	0.01687 *
evdepre1	0.289425	0.989993	0.292	0.77006
vacinv	0.062082	0.850894	0.073	0.94185
lun	5.639084	0.466275	12.094	< 2e-16 ***
mar	3.206614	0.484523	6.618	5.13e-11 ***
mie	2.082461	0.470623	4.425	1.04e-05 ***

Fuente: Software R.

Anexo N°6: Cálculo Holt – Winters en Microsoft Excel.



Fuente: Microsoft Excel.

Anexo N°7: Tabla de coeficientes de regresión logarítmica consultas Urgencia

Urgencia Consultas Variable	Modelo Adultos		Modelo Pediátricos	
	Coefficiente	Significancia	Coefficiente	Significancia
Intercepto	4.6	***	3.4	***
Tendencia	0.0	*	0.0	*
Demanda 1	0.0	***	0.0	***
Demanda 7	0.0	.	0.0	***
Lluvia	-0.1	***	-0.1	***
Frío			0.0	
Feriado	-0.2	***	0.0	
Inter feriado	0.1	*	0.0	
Pre feriado	-0.1	**	0.1	**
Post feriado	0.1	***		
Vacaciones invierno	0.0		0.0	
Eventos deportivos	-0.1	**	0.0	
Eventos masivos	0.0			
Lunes	0.3	***	0.1	***
Martes	0.1	***	0.0	
Miércoles	0.1	***	0.0	
Jueves	0.1	***	0.0	
Viernes	0.1	***		
Sábado	0.0		0.1	***
Domingo	Ref	Ref	0.1	***
Enero	0.1	**	0.1	**
Febrero	Ref	Ref	Ref	Ref
Marzo	0.1	***	0.2	***
Abril	0.1	***	0.2	***
Mayo	0.1	***	0.2	***
Junio	0.1	***	0.3	***
Julio	0.1	***	0.2	***
Agosto	0.1	***	0.2	***
Septiembre	0.1	***	0.2	***
Octubre	0.1	***	0.3	***
Noviembre	0.1	***	0.3	***
Diciembre	0.1	**	0.2	***

Ref = Variable de referencia. Significancia: *** 99.9%, ** 99%, * 95%, . 90%, " " < 90%.
 (*) La variable Demanda n corresponde a la demanda de hace n días.

Fuente: Resultados software R.

Anexo N°8: Error de modelo de predicción diaria Unidad C3 por fuente.

Demanda	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
Urgencia Adultos	2	4	4	3	3	3
Urgencia Pediátricos	2	1	1	1	2	1
Admisión Adultos	5	8	3	7	1	5
Admisión Pediátricos	2	3	1	1	2	2
Tras. Internos Adultos	1	2	1	1	2	1
Tras. Internos Pediátricos	0	1	1	1	1	1
Tras. Externos Adultos	1	1	0	1	1	1
Tras. Externos Pediátricos	0	0	2	0	0	1
Suma Total	13	20	13	14	11	14

Fuente: Resultados software R, período tres semanas de estimación.

Anexo N°9: Resultado macro tabla quirúrgica.

Adultos

Pabellón	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Total
3°	4	13	7	1	18
6°	1	0	0	0	3
CTEV	3	0	0	0	4
Total	8	10	5	2	25

Pediátricos

Pabellón	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Total
3°	2	1	0	0	7
6°	0	0	0	0	0
CTEV	0	0	0	0	0
Total	2	3	1	1	7

Fuente: Archivo Excel Tabla quirúrgica.

Anexo N°10: Filtro de la demanda de baja complejidad de la tabla quirúrgica por bloque.

Adultos		Tabla Quirúrgica				Tabla hacia MQ Adulto					
%MQ	Pab	B1	B2	B3	B4	Total	B1%	B2%	B3%	B4%	Total
75%	3°	4	13	7	1	25	3	10	5	1	19
20%	6°	1				1	0	0	0	0	0
20%	CTEV	3				3	1	0	0	0	1
Total						29	4	13	5	1	22
Emergencias						3					

Pediátricos		Tabla Quirúrgica				Tabla hacia MQ Pediátrico					
%MQ	Pab	B1	B2	B3	B4	Total	B1%	B2%	B3%	B4%	Total
30%	3°	2	1			3	1	0	0	0	1
0%	6°					0	0	0	0	0	0
100%	CTEV					0	0	0	0	0	0
Total						3	1	1	0	0	1
Emergencias						1					

Fuente: Modelo de asignación de camas.

Anexo N°11: Bloques horarios por día para solicitudes desde Urgencia.

Bloque horario	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
00:00 - 07:00	9%	10%	11%	11%	10%	13%	13%
07:00 - 12:00	24%	18%	21%	19%	19%	21%	17%
12:00 - 16:00	25%	26%	26%	28%	25%	27%	26%
16:00 - 20:00	25%	26%	24%	25%	27%	21%	24%
20:00 - 23:59	17%	20%	18%	17%	19%	17%	20%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Sistema informático Alert, período año 2017.