

MODELOS CUANTITATIVOS PARA LA PREDICCIÓN DE TURNOS Y ASIGNACIÓN DE ESPACIOS FÍSICOS EN UN CENTRO MÉDICO.

**Alvarez José Emiliano - Condori Cordoba Adrián Enrique - Decima Tomas
Federico - Diaz Rodrigo Misael - González Facundo Ezequiel - Maidana Milagros.**

Josealvarez01444@gmail.com - condoriadrian0912@gmail.com -
diazrodrigodoc@gmail.com - Tomasdecima17@gmail.com -
Facugonzalez1ok@gmail.com - milimaidana21@gmail.com

Contenidos

Contenido

Resumen	2
Introducción.....	3
Situación Problemática	4
Preguntas de investigación	5
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos	6
Marco Metodológico	6
Marco Teórico	7
Aplicación.....	12
Pronostico	13
Programación Lineal Binaria.....	27
Recomendaciones	38
Conclusiones	39
Referencias.....	39
Anexo	41

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo mejorar la planificación operativa de un centro médico mediante la aplicación de herramientas cuantitativas orientadas al análisis de la demanda de turnos y la asignación eficiente de la asignación de consultorios médicos. En un contexto caracterizado por la variabilidad en la demanda de atención y la necesidad de aprovechar eficientemente los recursos físicos disponibles, se busca reducir la incertidumbre en la gestión de turnos y minimizar la capacidad ociosa de los espacios. La investigación adopta un enfoque cuantitativo, con alcance descriptivo y aplicado, y un diseño no experimental de tipo transversal, basado en el análisis de registros históricos de turnos del centro médico. Inicialmente se aplicó un Diagrama de Pareto para identificar las especialidades con mayor participación en la demanda, determinando que Neumología y Pediatría concentran más del 80% de los turnos registrados. Posteriormente, se utilizaron modelos de series de tiempo, entre ellos Promedio Móvil Simple, Suavizamiento Exponencial y Tendencia Lineal, para pronosticar la demanda futura de dichas especialidades. La evaluación de los modelos mediante indicadores de error permitió seleccionar la tendencia lineal como la alternativa más precisa. Finalmente, se formuló un modelo de programación lineal binaria para asignar de manera óptima los médicos ingresantes a los consultorios disponibles, considerando restricciones de disponibilidad, ubicación, turnos y demanda proyectada. Los resultados obtenidos permiten mejorar la planificación de recursos, optimizar la utilización de la infraestructura y contribuir a una gestión más eficiente del centro médico.

Palabras Clave: Pronósticos, asignación, análisis, Pareto, programación.

Introducción

En un contexto en el que las instituciones de salud deben responder de manera eficiente a una demanda cada vez más dinámica, la planificación adecuada de los recursos se convierte en un factor fundamental para garantizar la calidad del servicio y la sostenibilidad operativa. La variabilidad en la cantidad de pacientes y la disponibilidad limitada de espacios físicos generan desafíos constantes para la gestión de los centros médicos. Por este motivo, resulta necesario incorporar herramientas que permitan analizar la información disponible, anticipar escenarios futuros y optimizar la toma de decisiones.

El centro médico bajo análisis refleja claramente esta realidad. La organización debe gestionar una demanda de turnos que varía según la especialidad, el profesional, la obra social, el día de atención. A su vez, cuenta con consultorios distribuidos en distintas sedes, algunos de los cuales se encuentran ocupados y otros disponibles para la incorporación de nuevos médicos. La ausencia de una planificación basada en información cuantitativa puede generar períodos de sobrecarga operativa, capacidad ociosa, dificultades en la asignación de espacios y una utilización ineficiente de los recursos físicos disponibles.

Ante esta situación, el presente trabajo propone la aplicación de herramientas de análisis cuantitativo de negocios, tales como el diagrama de Pareto, los modelos de pronóstico de series de tiempo y la programación lineal binaria. En primer lugar, se analizarán los registros históricos de turnos con el objetivo de identificar las especialidades más relevantes y comprender el comportamiento de la demanda. Luego, se aplicarán métodos de pronóstico para estimar la demanda futura de turnos en dichas especialidades. Finalmente, se formulará un modelo de programación lineal binaria orientado a asignar los médicos ingresantes a los consultorios disponibles, considerando las restricciones operativas y la demanda proyectada.

De esta manera, el estudio busca contribuir a una gestión más eficiente de los recursos, transformando la información histórica en una herramienta útil para la planificación operativa. La combinación de análisis de demanda, pronósticos y optimización permitirá reducir la incertidumbre, mejorar el aprovechamiento de la capacidad instalada y apoyar la toma de decisiones dentro del centro médico.

Situación Problemática

Actualmente, el centro médico enfrenta dificultades vinculadas con la planificación y organización de sus recursos operativos, principalmente en dos aspectos: La gestión de la demanda de turnos y la asignación de consultorios a médicos que ingresarán a trabajar en el próximo mes. Estas situaciones pueden generar ineficiencias en el funcionamiento diario, afectar el aprovechamiento de la capacidad instalada y repercutir en la calidad del servicio brindado a los pacientes.

En primer lugar, la institución enfrenta incertidumbre respecto de la demanda futura de turnos, ya que esta puede variar según el día, la semana, el horario, la especialidad médica, el profesional interviniente o la obra social del paciente. Esta variabilidad puede provocar períodos de sobrecarga operativa, en los que la demanda supera la capacidad disponible, o momentos de baja utilización de los recursos es decir en una capacidad ociosa.

En segundo lugar, el centro médico cuenta con consultorios distribuidos en Tafí Viejo y San Miguel de Tucumán, que actualmente no se encuentran ocupados por profesionales. Tienen la necesidad de asignar de manera eficiente a los nuevos médicos que ingresarán a trabajar durante el próximo mes, considerando las restricciones vinculadas con la disponibilidad de espacio físicos, los días y turnos de atención, características físicas de los consultorios, las necesidades particulares de cada médico y la demanda de turnos

proyectada. Una asignación realizada sin una metodología cuantitativa puede generar subutilización de consultorios, conflictos en la organización de los turnos, dificultades para incorporar nuevos profesionales, un uso ineficiente de la capacidad física disponible y una pérdida en los ingresos provenientes del alquiler o uso de los espacios .

Ante esta situación, el trabajo propone la aplicación de herramientas cuantitativas que permitan mejorar la toma de decisiones operativas analizando la información histórica de turnos y la disponibilidad de consultorios con el fin de mejorar la planificación operativa, optimizar el uso de los recursos físicos y contribuir a una gestión más eficiente del centro médico.

Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son las especialidades médicas que concentran la mayor cantidad de turnos en el centro médico?
- ¿Qué método de pronóstico permite estimar con mayor precisión la demanda futura de turnos para las especialidades seleccionadas?
- ¿Qué relación existe entre la demanda semanal pronosticada y el nivel habitual de atención de las especialidades analizadas?
- ¿Cómo pueden asignarse los médicos ingresantes a los espacios físicos disponibles, respetando las restricciones operativas del centro médico y considerando el nivel de demanda proyectado?

Objetivo general

Aplicar herramientas cuantitativas para analizar el comportamiento de la demanda de turnos, estimar su evolución futura y formular un modelo de asignación de médicos ingresantes a los espacios físicos disponibles, con el fin de mejorar la planificación operativa, evaluar la suficiencia de la capacidad de atención y optimizar el aprovechamiento de los consultorios del centro médico.

Objetivos específicos

- Identificar las especialidades médicas con mayor participación en la demanda total de turnos del centro médico.
- Aplicar y comparar modelos de pronóstico de series de tiempo para estimar la demanda futura de turnos en las especialidades seleccionadas.
- Estudiar la relación entre la demanda semanal pronosticada y el promedio semanal de turnos atendidos, con el fin de determinar si la capacidad habitual resulta suficiente frente al nivel de demanda proyectado.
- Formular un modelo de programación lineal binaria que permita asignar los médicos ingresantes a los espacios físicos disponibles, respetando las restricciones de capacidad, sede, demanda de turnos proyectadas, consultorio y condiciones operativas del centro médico.

Marco Metodológico

La investigación se enmarca dentro de un enfoque cuantitativo, que se basa en el análisis de datos del sistema de gestión de un centro médico, identificando el comportamiento de los turnos. Este enfoque permite representar de forma objetiva el centro médico a través del uso de herramientas estadísticas y modelos que aporten soluciones al problema de la planificación y la organización de los recursos operativos.

El alcance es descriptivo y aplicado ya que busca estudiar el comportamiento de variables operativas y proponer soluciones orientadas a mejorar la toma de decisiones de la organización, mientras que el diseño es no experimental, transversal ya que se trabajara con datos históricos ya existentes en la base de datos del centro médico, donde el estudio se centrará en un periodo de tiempo ya transcurrido lo que permite trabajar con datos

históricos de la demanda de turnos y pronosticar decisiones futuras basadas en ese comportamiento

La unidad de análisis se compone por los registros de turnos médicos incluyendo la información relacionada a las especialidades, profesionales, pacientes, obras sociales, etc. Para los modelos de asignación se tendrá en cuenta los consultorios disponibles y los médicos que ingresaron a la institución.

La recolección de datos se realizó mediante el acceso a registros administrativos ya existentes en la organización. Posteriormente los datos fueron organizados para corregir inconsistencias, eliminar registros incompletos y preparar la información para su correcto análisis mediante técnicas de Pareto, pronósticos de demanda y Programación Lineal Binaria.

El análisis de datos se llevará a cabo mediante técnicas cuantitativas orientadas a identificar patrones de comportamiento, estimar la demanda futura de turnos y optimizar la asignación de recursos al centro médico. En primer lugar, organizamos la base de datos para garantizar la calidad de la información y un correcto análisis. En segundo lugar, se utilizará un gráfico de Pareto para identificar las especialidades que concentran la mayor proporción de turnos y cancelaciones, permitiendo focalizar el estudio en ellas. En tercer lugar, sobre esas variables se aplicarán herramientas de pronóstico utilizando los modelos de promedio móvil simple, suavizamiento exponencial y tendencia lineal, para simular la demanda futura de turnos. Y por último, se desarrollará un modelo de programación lineal binaria para determinar la asignación óptima de los nuevos médicos a los consultorios disponibles.

Marco Teórico

Análisis Cuantitativo

Según Render et al. (2016), definen el análisis cuantitativo como el enfoque científico de la toma de decisiones administrativas. Este enfoque comienza con datos. Al igual que con la materia prima para una fábrica, los datos se manipulan o se procesan para convertirlos en información para quienes toman decisiones. Este proceso y manipulación de los datos convertidos en información significativa son la esencia del análisis cuantitativo.

El enfoque del análisis cuantitativo consiste en definir un problema, desarrollar un modelo, obtener los datos de entrada, desarrollar una solución, probar la solución, analizar los resultados e implementarlos. No es necesario que un paso termine por completo antes de comenzar el siguiente; en la mayoría de los casos, uno o más de dichos pasos se modificarán en alguna medida antes de implementar los resultados finales.

Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es una herramienta gráfica utilizada para representar visualmente los problemas o causas que tienen el mayor impacto en un sistema, basándose en el principio de Pareto o la regla 80/20. Esta regla establece que, en muchas situaciones, aproximadamente el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas (Juran & Gryna, 1993).

El principio de Pareto fue desarrollado por el economista italiano Vilfredo Pareto en el siglo XIX. Observó que, en la economía, una pequeña proporción de la población poseía una gran parte de la riqueza. En términos generales, su ley se ha extendido a muchos campos, como la calidad, la gestión de proyectos, el control de inventarios, la administración de empresas, y otros sectores. En su aplicación práctica, el Diagrama de Pareto ayuda a identificar los problemas más críticos que deben ser tratados en primer lugar, para maximizar la eficiencia y los recursos.

El Diagrama de Pareto se compone de dos elementos principales:

1. Barras: Representan las diferentes categorías o causas, y se ordenan de mayor a menor en función de su impacto o frecuencia.
2. Curva acumulada: Una línea que muestra el porcentaje acumulado de las categorías a medida que se avanza de izquierda a derecha. Este gráfico permite visualizar cuántos de los efectos totales se deben a una pequeña cantidad de causas.

Pronósticos

Según Render et al. (2016), pronosticar es la predicción de la evolución de un proceso o de un hecho futuro a partir de criterios lógicos y científicos. Existen muchas formas de pronosticar el futuro. En muchas empresas (sobre todo las pequeñas), el proceso completo es subjetivo e incluye los métodos improvisados, la intuición y los años de experiencia. También existen diversos modelos de pronósticos cuantitativos, como promedios móviles, suavizamiento exponencial, proyecciones de tendencias y análisis de regresión por mínimos cuadrados.

Pocas veces existe un único método de pronósticos que sea superior. Una organización podría encontrar que la regresión es efectiva, otra tal vez aplique varios enfoques, y una tercera quizá combine técnicas cuantitativas y subjetivas. Cualquiera que sea la herramienta que funcione para una empresa, esa es la que debería usarse.

Modelos de series de tiempo

Los modelos de series de tiempo intentan predecir el futuro usando datos históricos. Estos modelos suponen que lo que ocurra en el futuro es una función de lo que haya sucedido en el pasado. En otras palabras, los modelos de series de tiempo ven qué ha pasado durante un periodo y usan una serie de datos históricos para realizar un pronóstico.

Cuando se analizan varios modelos de pronósticos diferentes para saber qué tan bien funciona un modelo o para comparar un modelo con otros, los valores pronosticados se comparan con los valores reales u observados. El error del pronóstico (o desviación) se define como: Error de pronóstico = valor real - valor pronosticado Una medida de exactitud es la desviación media absoluta (DMA), que se calcula tomando la suma de los valores absolutos de los errores de pronósticos individuales y, luego, dividiendo entre el número de errores.

Modelos de pronósticos de series de tiempo

Una serie de tiempo se basa en una secuencia de datos igualmente espaciados (semanales, mensuales, trimestrales, etcétera).

Componentes de una serie de tiempo

1. **Tendencia (T)**: es el movimiento gradual hacia arriba o hacia abajo de los datos en el tiempo.
2. **Estacionalidad (S)**: es el patrón de la fluctuación de la demanda arriba o abajo de la recta de tendencia que se repite a intervalos regulares.
3. **Ciclos (C)**: son patrones en los datos anuales que ocurren cada cierto número de años. Suelen estar vinculados al ciclo de negocios.
4. **Variaciones aleatorias (R)**: son “saltos” en los datos ocasionados por el azar y por situaciones inusuales; no siguen un patrón discernible.

Descomposición multiplicativa

En estadística existen dos formas generales de los modelos de series de tiempo. Una de ellas es un **modelo multiplicativo** que supone que la demanda es el producto de las cuatro componentes y se establece como:

$$\text{Demanda: } T \times S \times C \times R$$

Promedios móviles

Los promedios móviles son útiles si podemos suponer que las demandas del mercado permanecerán bastante estables en el tiempo. Un promedio móvil de cuatro meses, por ejemplo, se encuentra simplemente sumando la demanda durante los últimos cuatro meses y dividiéndola entre 4. Con cada mes que pasa, los datos del mes más reciente se suman a los datos de los tres meses anteriores y se elimina el mes más lejano. Esto tiende a suavizar las irregularidades de corto plazo en la serie de datos.

Suavizamiento exponencial

El suavizamiento exponencial es un método de pronósticos de uso sencillo y se maneja con eficiencia en computadora. Aunque es un tipo de técnica de promedio móvil, necesita llevar un registro de los datos pasados. La fórmula básica para el suavizamiento exponencial es:

Nuevo pronóstico = pronóstico del último periodo + α (demanda real del último periodo – pronóstico del último periodo)

Donde α es un peso (o constante de suavizamiento) que tiene un valor entre 0 y 1, inclusive. Permite asignar un peso a los datos recientes. Se puede modificar para dar más peso a los datos recientes con un valor alto o a los datos pasados cuando es bajo. Se pueden tratar varios valores de la constante de suavizamiento y se seleccionará aquel que dé la menor DMA.

Programación lineal Binaria

La Programación Lineal Binaria (PLB) constituye una herramienta analítica de alta relevancia para la resolución de problemas complejos de toma de decisiones. Mientras que los modelos tradicionales de programación lineal asumen la propiedad de divisibilidad (permitiendo que las variables de decisión adopten cualquier valor real continuo), existen escenarios corporativos y operativos donde las decisiones son, por su propia naturaleza, indivisibles y mutuamente excluyentes. Un modelo de programación lineal binaria restringe el dominio de sus variables de decisión de manera estricta al conjunto discreto $\{0, 1\}$. En

este esquema formal, el valor 1 típicamente representa la aceptación, ejecución o selección de una alternativa determinada, mientras que el valor 0 codifica la exclusión o el rechazo de dicha alternativa.

Aplicación

Para comenzar con el trabajo, se analizó las bases de datos que contiene el registro de los turnos diarios proporcionados por el centro médico desde diciembre de 2025 hasta junio de 2026. Esta información, de naturaleza cuantitativa y discreta, fue el punto de partida para el análisis del trabajo. En primera instancia, se presenta una visualización de los datos en su formato original.

Tabla N°1: Base de datos de los turnos brindados por día del centro médico

Fecha	Hora	Estado	Nombre medico	Especialidad	ObraSocial
5/12/2025	18:00	ATENDIDO	B	Neumonología	OBRA SOCIAL DE EJECUTIVOS Y DEL PERSONAL DE DIRECCION DE EMPRESAS
5/12/2025	18:00	CANCELADO	I	Pediatría	Red de Seguro Medico S.R.L.
5/12/2025	18:10	ATENDIDO	B	Neumonología	SANCOR SALUD
5/12/2025	18:20	ATENDIDO	B	Neumonología	SANCOR SALUD
5/12/2025	18:30	ATENDIDO	B	Neumonología	SANCOR SALUD
5/12/2025	18:40	ATENDIDO	B	Neumonología	PARTICULAR
5/12/2025	18:50	CANCELADO	B	Neumonología	PARTICULAR
5/12/2025	19:00	ATENDIDO	B	Neumonología	INSTITUTO NACIONAL DE SERVICIOS SOCIALES PARA JUBILADOS Y PENSIONADOS
5/12/2025	19:00	ATENDIDO	B	Neumonología	INSTITUTO NACIONAL DE SERVICIOS SOCIALES PARA JUBILADOS Y PENSIONADOS
5/12/2025	19:10	CANCELADO	B	Neumonología	Red de Seguro Medico S.R.L.
5/12/2025	19:20	CANCELADO	B	Neumonología	Red de Seguro Medico S.R.L.
5/12/2025	19:20	ATENDIDO	B	Neumonología	INSTITUTO NACIONAL DE SERVICIOS SOCIALES PARA JUBILADOS Y PENSIONADOS
5/12/2025	19:20	ATENDIDO	B	Neumonología	INSTITUTO NACIONAL DE SERVICIOS SOCIALES PARA JUBILADOS Y PENSIONADOS
5/12/2025	19:20	ATENDIDO	B	Neumonología	INSTITUTO NACIONAL DE SERVICIOS SOCIALES PARA JUBILADOS Y PENSIONADOS
8/12/2025	17:00	CANCELADO	C	Cardiología	PARTICULAR
8/12/2025	18:00	ATENDIDO	I	Pediatría	SUBSIDIO DE SALUD
9/12/2025	17:00	ATENDIDO	F	Neumonología	OBRA SOCIAL DE EJECUTIVOS Y DEL PERSONAL DE DIRECCION DE EMPRESAS
9/12/2025	17:20	ATENDIDO	F	Neumonología	SUBSIDIO DE SALUD
9/12/2025	17:40	ATENDIDO	F	Neumonología	SUBSIDIO DE SALUD
9/12/2025	20:00	ATENDIDO	I	Pediatría	PARTICULAR
10/12/2025	11:00	CANCELADO	L	Técnica respiratoria	Red de Seguro Medico S.R.L.

Fuente: Centro médico

Con el propósito de identificar las líneas de acción prioritarias dentro del sistema de gestión de turnos, se procedió a un análisis estadístico descriptivo utilizando la base de datos suministrada. Tras la categorización de las variables y la construcción de la respectiva tabla de frecuencias (Tabla N°2), se estructuró un Diagrama de Pareto (ver Gráfico N°1). Esta herramienta analítica permite segmentar las especialidades médicas en función de su volumen de demanda e identificar los componentes críticos del servicio.

Tabla N°2: Distribución de turnos, niveles de ausentismo y participación acumulada por especialidad médica.

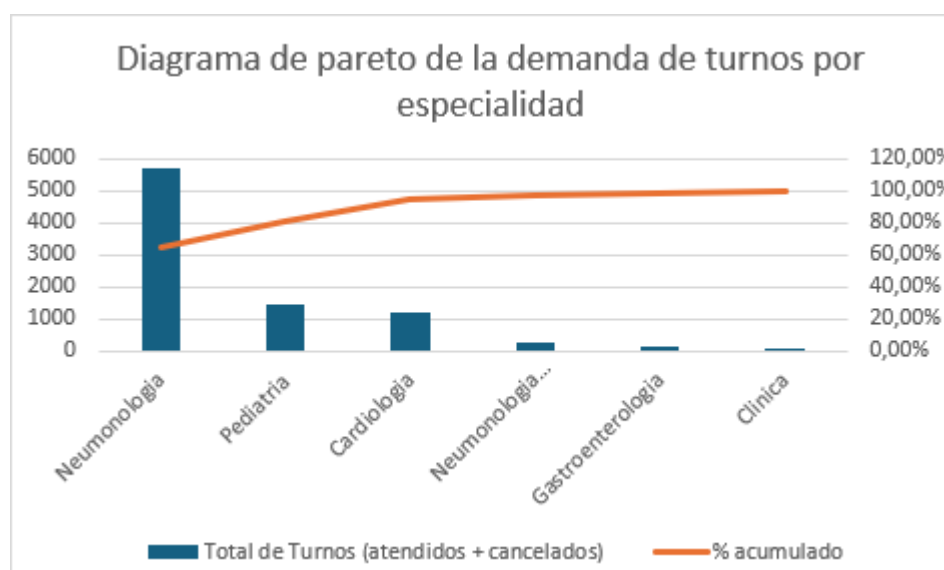
Especialidad	Total de Turnos	% Turnos por especialidad	% Acumulados
Neumonología	5714	64,89 %	64,89 %
Pediatría	1440	16,35 %	81,24 %
Cardiología	1195	13,57 %	94,81 %
Neumonología infantil	236	2,68 %	97,49 %
Gastroenterología	126	1,43 %	98,92 %
Clínica	95	1,08 %	100,00 %

TOTAL	8806	%	100,00
-------	------	---	--------

Fuente: Elaboración Propia

Estas tablas de distribución por especialidad constituyen la justificación estratégica del proyecto, aplicando un principio de Pareto implícito para la optimización de recursos. Los datos demuestran con claridad que **Neumología** y **Pediatría** no solo representan las áreas de mayor volumen individual, sino que de manera conjunta concentran más del **81% del total de los turnos acumulados** de la institución (64,89% y 16,35% respectivamente).

Gráfico N°1: Diagrama de Pareto de la demanda de turnos por especialidad



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el Gráfico N°1, la distribución de la demanda evidencia un comportamiento alineado con el principio de Pareto. Las especialidades de Neumología y Pediatría concentran la mayor carga operativa, acumulando de forma conjunta aproximadamente el 81.5% del total de turnos registrados en el periodo bajo estudio.

Desde la perspectiva de la administración de operaciones, este hallazgo resulta fundamental: intervenir y optimizar el pronóstico y asignación de estas dos unidades críticas permite mitigar la incertidumbre sobre la gran mayoría del flujo operativo global. Por consiguiente, este diagnóstico fundamenta la delimitación del alcance del proyecto, estableciendo que los modelos predictivos de demanda se concentraron de forma exclusiva en los servicios de Neumología y Pediatría, garantizando así un impacto significativo con un uso eficiente de los recursos analíticos.

Con el objetivo de aplicar modelos de pronóstico de series de tiempo, fue necesario realizar una transformación previa de la base de datos original. Los registros proporcionados por el centro médico se encontraban organizados a nivel diario, por lo que se procedió a agrupar y consolidar la información en períodos semanales.

Esta elección como unidad de análisis responde a que, desde el punto de vista metodológico, la agregación semanal permite reducir la variabilidad propia de los datos diarios, facilitando la identificación de patrones, tendencias y fluctuaciones en la demanda de turnos. Asimismo, este nivel de agregación resulta adecuado para la aplicación de modelos cuantitativos de pronóstico, ya que genera una serie temporal más estable y representativa del comportamiento real de la demanda de los turnos.

Por otra parte, desde una perspectiva de gestión, la planificación de agendas médicas, la asignación de recursos humanos y la disponibilidad de consultorios suelen realizarse sobre horizontes semanales, por lo que trabajar con esta unidad temporal permite obtener resultados más útiles para la toma de decisiones operativas. Para ello, se organizaron los registros históricos comprendidos entre diciembre de 2025 y junio de 2026, agrupando la cantidad total de turnos de cada especialidad por semana calendario. Posteriormente, a cada período se le asignó una numeración correlativa (Semana 1, Semana 2, ..., Semana 25), permitiendo construir una serie temporal continua que sirvió

como base para la aplicación de los modelos de promedio móvil simple, suavizamiento exponencial y tendencia lineal.

Como resultado de este proceso, los datos originales diarios fueron transformados en una estructura semanal consolidada, facilitando el análisis del comportamiento de la demanda y la generación de pronósticos para las semanas futuras.

Tabla N° 3: Desagregación del flujo semanal de turnos para Neumología y Pediatría

Semana	Nro semana	Neumología	Pediatría	Pediatría Ajustado
2025-S50	sem. 1	108	16	16
2025-S51	sem. 2	200	70	70
2025-S52	sem. 3	153	53	53
2026-S01	sem. 4	89	43	43
2026-S02	sem. 5	118	60	60
2026-S03	sem. 6	69	73	73
2026-S04	sem. 7	219	4	30
2026-S05	sem. 8	241	54	54
2026-S06	sem. 9	237	60	60
2026-S07	sem. 10	251	68	68
2026-S08	sem. 11	159	2	30
2026-S09	sem. 12	259	111	111
2026-S10	sem. 13	217	67	67
2026-S11	sem. 14	262	109	109
2026-S12	sem. 15	285	99	99
2026-S13	sem. 16	201	40	40
2026-S14	sem. 17	247	34	34
2026-S15	sem. 18	308	63	63
2026-S16	sem. 19	329	73	73
2026-S17	sem. 20	265	38	38
2026-S18	sem. 21	229	56	56
2026-S19	sem. 22	291	67	67
2026-S20	sem. 23	356	67	67
2026-S21	sem. 24	333	82	82
2026-S22	sem. 25	275	30	30
		5714	1440	1493

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla presenta una consolidación temporal de la demanda de turnos agrupada de forma **semanal** (cubriendo 25 semanas entre finales de 2025 y mediados de 2026) para las dos especialidades principales: Neumología con un total histórico de 5.714 turnos y Pediatría con 1.440 turnos. Con respecto a la última, al examinar cronológicamente la serie

de tiempo, se detectaron datos atípicos, puntualmente en la semana 7 (4 turnos) y en la semana 11 (2 turnos). Su origen se atribuye a factores externos al mercado o fallas en el registro de información, tales como paros gremiales, asuetos administrativos, fallas sistémicas en la plataforma de turnos Y ausencias de médicos por motivos personales.

La inclusión de estos valores atípicos en las herramientas a utilizar posteriormente habría generado un sesgo negativo artificial. Como consecuencia matemática, los modelos predictivos habrían subestimado de manera sistemática la demanda futura, arrojando proyecciones de capacidad inferiores a las necesidades reales de atención médica, lo que comprometería la planificación de recursos humanos y físicos del establecimiento.

Para subsanar esta distorsión sin sobreestimar la capacidad del centro médico, se adoptó un criterio de imputación conservadora basado en el límite inferior de la serie de tiempo. Este procedimiento consiste en aislar las semanas ruidosas y reemplazar sus valores atípicos por un valor de 30 turnos, el cual representa el piso o mínimo histórico real más adecuado registrado por la especialidad bajo condiciones operativas normales.

A través de esta técnica de ajuste, se logró neutralizar el impacto del ruido administrativo. Cabe destacar que este tratamiento fue aplicado de manera estrictamente posterior al análisis de Pareto, resguardando la integridad de los datos históricos reales para la fase diagnóstica global, y limitando la manipulación de la serie de tiempo respecto a la fase analítico-predictiva. El resultado es una base de datos normalizada que refleja la demanda potencial real del servicio de Pediatría.

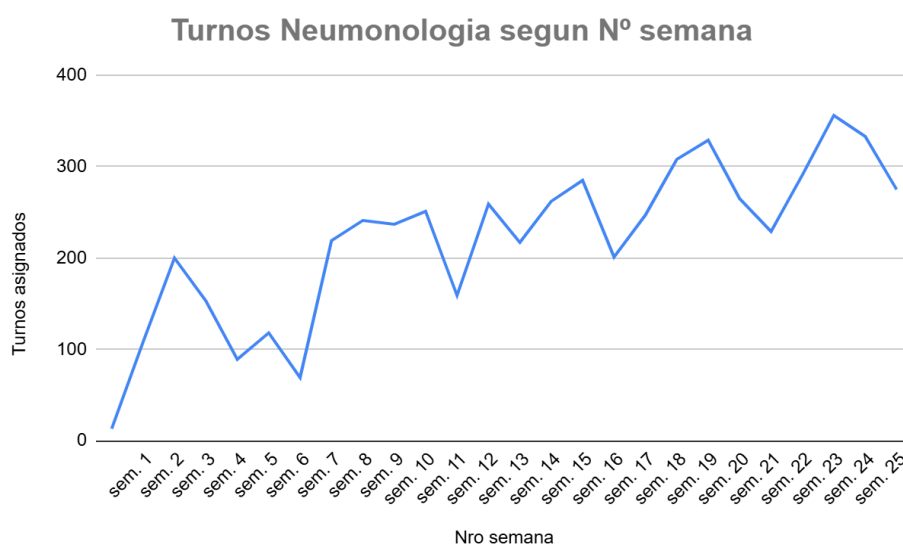
Luego de esta observación se sigue con el análisis, en el cual los datos muestran fluctuaciones marcadas entre semanas. Neumología pasa de 69 turnos (sem. 6) a picos de 356 (sem. 23). Esta inestabilidad evidencia científicamente la existencia de "períodos de sobrecarga" y "capacidad ociosa", justificando la necesidad matemática de un modelo predictivo. Al estar estructurada por semanas correlativas (sem. 1 a sem. 25), la tabla

precedente es el insumo directo ideal para aplicar modelos de pronóstico basados en series de tiempo para proyectar el comportamiento del próximo mes.

La marcada diferencia de volumen entre especialidades (Neumología cuadruplica la demanda de Pediatría) aporta el sustento objetivo que el trabajo plantea: los nuevos médicos de Neumología requerirán mayor disponibilidad de tiempos o consultorios prioritarios (como los de planta baja) debido al alto flujo de pacientes que movilizan.

Previo a realizar el pronóstico de la demanda se realizaron gráficos de los turnos de las especialidades relevantes para conocer el comportamiento de cada una de ellas y elegir el mejor método para realizar los pronósticos.

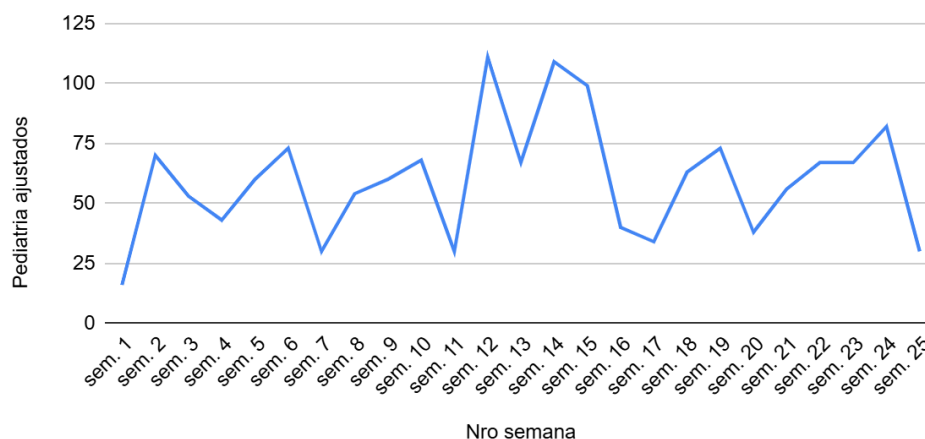
Gráfico N°2: Turnos de Neumología según número de semana.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°3: Turnos de pediatría (ajustados) según n° de semana.

Turnos de Pediatría (ajustados) según Nro semanas



Fuente: Elaboración propia

Para las especialidades principales del centro médico se observa que en la serie histórica de Neumología presenta una tendencia creciente a lo largo del período analizado, mientras que Pediatría muestra picos y baches. La identificación de estos componentes en los datos disponibles a la fecha constituye el insumo fundamental para la posterior selección y calibración de los parámetros de pronóstico.

Utilizando el software QM for Windows se pasaron los 25 datos semanales correspondientes a los turnos de diciembre 2025 a junio 2026, para realizar los pronósticos de ambas especialidades mediante la utilización de los modelos: Promedio móvil simple, suavizamiento exponencial y el modelo de tendencia lineal; obteniendo los siguientes resultados:

Tabla N°4: Pronóstico y métricas de error en Neumología.

PMS (n = 2)	
Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	8,152
MAD (Mean Absolute Deviation)	49,413
MSE (Mean Squared Error)	3.721,71
Standard Error (denom=n-2=21)	63,845
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	0,2438
Forecast	
next period	304

Suavizamiento Exponencial (Alfa = 0,49)	
Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	16,294
MAD (Mean Absolute Deviation)	49,916
MSE (Mean Squared Error)	3.342,72
Standard Error (denom=n-2=22)	60,387
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	24,76%
Forecast	
next period	299,613

Modelo de línea de Tendencia Lineal			
Measure	Value	Future Period	Forecast
Error Measures		26	335
Bias (Mean Error)	0	27	343
MAD (Mean Absolute Deviation)	41	28	352
MSE (Mean Squared Error)	2.118	29	360
Standard Error (denom=n-2=23)	47,981	30	368
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	24,14%	31	376
Regression line		32	385
Demand(y) = 120,89		33	393
#N/A		34	401
Statistics		35	409
Correlation coefficient	1	36	418
Coefficient of determination (r ²)	1	37	425,855
		38	434
		39	442

Fuente: Elaboración Propia.

El análisis comparativo de errores identifica al **Modelo de Tendencia Lineal** como el óptimo para predecir el comportamiento de Neumología. Desde el punto de vista metodológico, este modelo mitiga las deficiencias de los métodos de suavizado al registrar el menor error absoluto medio (**MAD = 41**) y un sesgo nulo (**Bias = 0**), lo que garantiza proyecciones estadísticamente insesgadas. La proyección obtenida para el próximo bloque mensual (semanas 26 a 29) revela una tendencia al alza sostenida, con una demanda que se incrementa de **335 a 360 turnos semanales**. Esta información es clave para la planificación del centro médico, ya que transforma la incertidumbre en certeza operativa. Cuantitativamente, el flujo proyectado aporta el sustento técnico definitivo para justificar la incorporación de los nuevos profesionales médicos, permitiendo anticipar la sobrecarga de la agenda antes de su ejecución.

Tabla N° 5: Pronóstico y métricas de error en Pediatría

PMS (n=2)	
Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	-0,3
MAD (Mean Absolute Deviation)	22,87
MSE (Mean Squared Error)	805,8
Standard Error (denom=n-2=21)	29,71
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	48%
Forecast	
next period	56

suavizado exponencial (alfa=0,57)	
Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	4,86
MAD (Mean Absolute Deviation)	22,25
MSE (Mean Squared Error)	775,35
Standard Error (denom=n-2=22)	29,08
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	43%
Forecast	
next period	55,65

Modelo de línea de tendencia lineal			
Measure	Value	Future Period	Forecast
Error Measures		26	66
Bias (Mean Error)	0	27	67
MAD (Mean Absolute Deviation)	18,25	28	67
MSE (Mean Squared Error)	557,75	29	67
Standard Error (denom=n-2=23)	24,62	30	68
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	42%	31	68
Regression line		32	69
Demand(y) = 53,42		33	69
0,485 * NSHORA(x)		34	70
Statistics		35	70
Correlation coefficient	0	36	71
Coefficient of determination (r^2)	0	37	71
		38	72
		39	72

Fuente: Elaboración Propia

A diferencia del comportamiento exponencial observado en otras áreas, la ecuación de regresión obtenida proyecta para el próximo bloque mensual (semanas 26 a 29) una demanda sumamente estable y amesetada, situándose en 66 y 67 turnos semanales.

El análisis comparativo de errores identifica al **Modelo de Tendencia Lineal** como el óptimo para predecir el comportamiento de Pediatría. Desde el punto de vista metodológico, este modelo mitiga las deficiencias de los métodos de suavizado al registrar el menor error absoluto medio (**MAD = 18,25**) y un sesgo nulo (**Bias = 0**), lo que garantiza proyecciones estadísticamente insesgadas. La proyección obtenida para el próximo bloque mensual (semanas 26 a 29) revela una tendencia al alza sostenida, con una demanda que se incrementa de **66 a 67 turnos semanales**. Esta información es clave para la planificación

del centro médico, ya que transforma la incertidumbre en certeza operativa.

Cuantitativamente, el flujo proyectado aporta el sustento técnico definitivo para justificar la incorporación de los nuevos profesionales médicos, permitiendo anticipar la sobrecarga de la agenda antes de su ejecución.

Una vez seleccionado el modelo de pronóstico más adecuado para cada especialidad, se procedió a comparar la demanda semanal proyectada con el nivel habitual de atención del centro médico. Esta comparación resulta necesaria porque el pronóstico, por sí solo, indica la cantidad estimada de turnos futuros, pero no permite determinar si dicho valor representa un aumento, una disminución o una estabilidad respecto del comportamiento histórico.

Para realizar esta evaluación, se tomó como referencia el promedio semanal de turnos asignados durante el período analizado. Este promedio representa el nivel habitual de atención de cada especialidad, es decir, la cantidad de turnos que el centro médico suele gestionar semanalmente. Luego, dicho valor se comparó con el pronóstico semanal obtenido mediante el modelo seleccionado.

La diferencia se calcula de la siguiente manera:

Diferencia = Demanda semanal pronosticada - Promedio semanal de turnos asignados

Esta diferencia permite interpretar la relación entre la demanda futura esperada y el nivel habitual de atención. Si el resultado es positivo, significa que la demanda pronosticada se ubica por encima del promedio semanal asignado. Si el resultado es cercano a cero, se interpreta que la demanda proyectada se mantiene en niveles similares al comportamiento histórico. En cambio, si el resultado es negativo, significa que la demanda esperada sería menor al promedio semanal asignado.

A partir de los resultados obtenidos, la comparación para las especialidades analizadas es la siguiente:

Tabla Nº 6: Pronóstico por especialidad con mayor cantidad de turnos registrados

Especialidad	Pronóstico semanal	Promedio semanal de turnos asignados	Diferencia	Interpretación
Neumología	335	208	127	La demanda proyectada se ubica por encima del nivel habitual de atención
Pediatría	66	60	6	La demanda proyectada se ubica levemente por encima del nivel habitual de atención

Fuente: Elaboración Propia

En el caso de Neumología, el pronóstico semanal estimado es de 335 turnos, mientras que el promedio semanal de turnos asignados es de 208. La diferencia entre ambos valores es de 127 turnos, lo que indica que la demanda proyectada se encuentra por encima del nivel habitual de atención de la especialidad.

En Pediatría, el pronóstico semanal estimado es de 66 turnos, mientras que el promedio semanal de turnos asignados es de 60. En este caso, la diferencia es de 6 turnos, por lo que la demanda proyectada también se ubica por encima del promedio histórico, aunque con una variación menor en comparación con Neumología.

A partir de esta comparación, se observa que ambas especialidades presentan una demanda proyectada superior al nivel habitual de atención, siendo esta diferencia más significativa en el caso de Neumología. Esta situación permite interpretar que, para responder adecuadamente al volumen de turnos esperado, el centro médico deberá evaluar si cuenta con capacidad operativa suficiente para acompañar dicho nivel de demanda.

Para ello, resulta necesario analizar la capacidad física disponible de la institución. El centro médico cuenta con espacios distribuidos en dos sedes: Tafí Viejo y San Miguel de Tucumán. Cada sede posee una determinada cantidad de consultorios disponibles para ser alquilados por médicos que desean brindar atención en la institución.

En el caso del centro médico de Tafí Viejo, la sede cuenta con 9 consultorios y atiende únicamente en el turno tarde, de lunes a viernes. La modalidad de alquiler consiste en que cada médico utiliza un consultorio durante todo el turno de trabajo, es decir, no se alquila por hora, sino por bloque completo de atención. Dentro de esta sede, los consultorios del 1 al 4 se encuentran en planta baja, mientras que los consultorios del 5 al 9 se ubican en planta alta, aspecto relevante para determinadas especialidades o profesionales que atienden pacientes con movilidad reducida.

Por otro lado, la sede de San Miguel de Tucumán cuenta con 3 consultorios en turno mañana y 3 consultorios en turno tarde. En el turno mañana atiende de lunes a viernes, mientras que en el turno tarde actualmente solo se encuentra habilitada la atención los días lunes y miércoles. Al igual que en Tafí Viejo, la modalidad de uso se realiza por turno completo: un médico puede alquilar un consultorio durante toda la mañana o toda la tarde.

A partir de la matriz de ocupación actual, brindada por el centro médico, se observa que no se utiliza el 100% de la capacidad física disponible. Esto significa que existen espacios ociosos que podrían ser asignados a nuevos profesionales, generando un mejor aprovechamiento de los consultorios y aumentando los ingresos provenientes del alquiler de espacios.

Tabla N° 7: matriz de ocupación actual

cmr TAFI VIEJO										
Días / consultorios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
Lunes	OCUPADO	OCUPADO	OCUPADO	OCUPADO			OCUPADO		OCUPADO	6
Martes	OCUPADO	OCUPADO		OCUPADO	OCUPADO	OCUPADO	OCUPADO	OCUPADO		7
Miercoles	OCUPADO	OCUPADO	OCUPADO	OCUPADO	OCUPADO	OCUPADO	OCUPADO			7
Jueves		OCUPADO	OCUPADO	OCUPADO	OCUPADO	OCUPADO	OCUPADO	OCUPADO		7
Viernes	OCUPADO	OCUPADO	OCUPADO			OCUPADO	OCUPADO		OCUPADO	6
Total	4	5	4	4	3	4	5	2	2	33

CMR SMT mañana				
Días / consultorios	1	2	3	
Lunes	OCUPADO	OCUPADO		2
Martes	OCUPADO	OCUPADO		2
Miercoles	OCUPADO	OCUPADO		2
Jueves	OCUPADO	OCUPADO		2
Viernes	OCUPADO	OCUPADO		2
	5	5	0	10

CMR SMT tarde				
Días / consultorios	1	2	3	
Lunes	OCUPADO		OCUPADO	2
Miercoles	OCUPADO	OCUPADO	OCUPADO	3
	2	1	2	5

Fuente: Elaboración Propia

La matriz muestra la ocupación actual de los consultorios por sede y turno. A partir de ella, se obtiene la siguiente situación:

Tabla Nº 8: matriz de ocupación actual por sede y turno

Sede / turno	Consultorios	Días de trabajo	Capacidad total semanal	Espacios ocupados	Utilización actual
Tafí Viejo	9	5 días	45	33	0,73
SMT (mañana)	3	5 días	15	10	0,67
SMT (tarde)	3	2 días	6	5	0,83

Fuente: Elaboración Propia

En total, el centro médico cuenta con 66 espacios físicos semanales habilitados, de los cuales 48 se encuentran ocupados. Por lo tanto, existen 18 espacios disponibles que podrían ser utilizados para incorporar médicos ingresantes. Esta disponibilidad se concentra principalmente en Tafí Viejo y en San Miguel turno mañana.

La existencia de espacios disponibles representa una oportunidad para incorporar nuevos profesionales que contribuyan a responder a la demanda proyectada. Sin embargo, esta incorporación no debe analizarse únicamente desde la disponibilidad de consultorios, sino también desde la necesidad de asignarlos de manera eficiente, respetando las condiciones operativas reales del centro médico.

En este caso, el problema no consiste en decidir qué médicos aceptar o rechazar, ya que los profesionales interesados ya manifestaron su intención de ocupar un espacio físico para brindar atención. El verdadero problema operativo consiste en determinar en qué sede, día, turno y consultorio debe ubicarse cada médico ingresante, respetando la capacidad actual, la ocupación existente, las condiciones solicitadas por cada profesional y evitando superposiciones.

A su vez, esta asignación debe considerar los resultados obtenidos en los pronósticos, ya que estos permiten identificar el nivel de demanda esperado para las especialidades analizadas. De esta manera, la programación lineal binaria permite vincular la demanda proyectada con la disponibilidad real de consultorios, buscando mejorar la utilización de la capacidad instalada, reducir espacios ociosos y contribuir a la cobertura del volumen de turnos esperado.

Por lo tanto, se plantea un modelo de programación lineal binaria orientado a asignar los médicos ingresantes a los espacios físicos disponibles del centro médico. La decisión principal del modelo será determinar si un médico debe ser asignado o no a un determinado espacio físico, compuesto por sede, día, turno y número de consultorio.

Programación Lineal Binaria

Para formular el modelo de asignación, primero se identifican y describen los espacios físicos disponibles en los cuales pueden ser ubicados los médicos ingresantes. Cada espacio físico corresponde a una combinación específica de día, sede, turno y consultorio. Con el fin de facilitar la representación matemática del problema, se utilizará una nomenclatura abreviada para cada uno de estos elementos. La nomenclatura utilizada en el modelo es la siguiente:

L: lunes

MA: martes

MI: miércoles

J: jueves

V: viernes

TV: Tafí Viejo

SM: San Miguel de Tucumán

M: turno mañana

T: turno tarde

C: consultorio

Los 18 espacios físicos disponibles son:

Tabla N° 9: Espacios físicos disponibles con su abreviación y significado

Número	Abreviación	Significado
1	L TV 5	Lunes, Tafí Viejo, turno tarde, consultorio 5
2	L TV 6	Lunes, Tafí Viejo, turno tarde, consultorio 6
3	L TV 8	Lunes, Tafí Viejo, turno tarde, consultorio 8
4	MA TV 3	Martes, Tafí Viejo, turno tarde, consultorio 3
5	MA TV 9	Martes, Tafí Viejo, turno tarde, consultorio 9
6	MI TV 8	Miércoles, Tafí Viejo, turno tarde, consultorio 8
7	MI TV 9	Miércoles, Tafí Viejo, turno tarde, consultorio 9
8	J TV 1	Jueves, Tafí Viejo, turno tarde, consultorio 1
9	J TV 9	Jueves, Tafí Viejo, turno tarde, consultorio 9
10	V TV 4	Viernes, Tafí Viejo, turno tarde, consultorio 4
11	V TV 5	Viernes, Tafí Viejo, turno tarde, consultorio 5
12	V TV 8	Viernes, Tafí Viejo, turno tarde, consultorio 8
13	L SM M 3	Lunes, San Miguel, turno mañana, consultorio 3
14	MA SM M 3	Martes, San Miguel, turno mañana, consultorio 3
15	MI SM M 3	Miércoles, San Miguel, turno mañana, consultorio 3
16	J SM M 3	Jueves, San Miguel, turno mañana, consultorio 3
17	V SM M 3	Viernes, San Miguel, turno mañana, consultorio 3
18	L SM T 2	Lunes, San Miguel, turno tarde, consultorio 2

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, el conjunto de espacios físicos disponibles puede representarse como: $j = \{1, 2, 3, \dots, 18\}$.

A partir de estos espacios, se define la variable de decisión binaria como:

$X_{\{m,j\}}$ 1 si el médico m es asignado al espacio físico j

0 si el médico m no es asignado al espacio físico j

Donde:

(m) representa cada médico ingresante.

(j) representa cada espacio físico disponible.

Por ejemplo: $X_{\{1,2\}}=1$ Significa que el Médico 1 fue asignado al espacio 2, es decir, lunes en Tafí Viejo, turno tarde, consultorio 6.

En cambio: $X_{\{1,2\}}=0$ Significa que el Médico 1 no fue asignado a ese espacio físico.

Como existen 5 médicos que solicitan ingresar y 18 espacios físicos disponibles, el modelo evalúa un total de: $5 \cdot 18 = 90$ variables binarias de decisión.

La función objetivo se plantea como una maximización del ingreso esperado por la asignación de consultorios, considerando que el alquiler de los espacios físicos constituye la única fuente directa de ingresos para el centro médico. Por este motivo, la utilización eficiente de los consultorios disponibles no solo permite reducir la capacidad ociosa, sino también incrementar los recursos económicos generados por la infraestructura existente. De esta manera, el modelo busca seleccionar aquellas asignaciones que aporten mayor valor económico, respetando al mismo tiempo las restricciones operativas de capacidad, disponibilidad y demanda proyectada.

Funcion Objetivo: $\text{Max } Z = \text{CO.FO}$

En este caso, los coeficientes objetivos serán los ingresos de alquiler:

Tabla N° 10: Sede con su respectivo valor por turno

Sede	Valor por turno
Tafí Viejo	\$ 15.000
San Miguel de Tucumán	\$ 20.000

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, si un médico es asignado a un espacio de Tafí Viejo, la función objetivo suma \$15.000. Si es asignado a un espacio de San Miguel, suma \$20.000.

De esta manera, el modelo evalúa todas las posibles combinaciones de asignación y selecciona aquellas que permiten obtener el mayor ingreso posible sin incumplir las restricciones.

Restricciones del modelo

1. Restricción de ocupación actual

El modelo solo puede utilizar espacios que actualmente se encuentran disponibles. Los espacios que ya figuran como ocupados en la matriz no pueden ser asignados a nuevos médicos.

$X_{\{m,j\}}=0$ Si el espacio (j) ya se encuentra ocupado.

Esta restricción garantiza que no haya superposición entre médicos actuales y médicos ingresantes.

2. Restricción de capacidad por consultorio

Cada espacio físico disponible puede ser asignado como máximo a un médico.

Es decir: $X_{\{1,j\}}+X_{\{2,j\}}+X_{\{3,j\}}+X_{\{4,j\}}+X_{\{5,j\}} \leq 1$, Para todo $j= 1,2,\dots,18$

Esto significa que un consultorio en una sede, día y turno determinado no puede ser asignado a dos médicos al mismo tiempo.

Como ejemplo, el espacio correspondiente al consultorio 6 de Tafí Viejo, el día lunes en el turno tarde, corresponde al espacio 2. Si se consideran los cinco médicos ingresantes, la restricción para ese espacio se expresa como:

$$X_{\{1,2\}}+X_{\{2,2\}}+X_{\{3,2\}}+X_{\{4,2\}}+X_{\{5,2\}} \leq 1$$

Esta expresión indica que, entre todos los médicos considerados, solo uno puede ocupar ese espacio físico. Si una de las variables toma valor 1, las demás necesariamente deberán tomar valor 0.

Restricciones según las condiciones solicitadas por cada médico ingresante

Médico 1: Neumólogo

El Médico 1 solicitó trabajar en Tafí Viejo los días lunes y miércoles por la tarde. Por lo tanto, debe ser asignado a un espacio disponible en Tafí Viejo el lunes y a un espacio disponible en Tafí Viejo el miércoles.

Los espacios compatibles son:

Lunes en Tafí Viejo: 1, 2, 3

Miércoles en Tafí Viejo: 6, 7

Restricciones:

$$X_{\{1,1\}} + X_{\{1,2\}} + X_{\{1,3\}} = 1$$

$$X_{\{1,6\}} + X_{\{1,7\}} = 1$$

Médico 2: Neumólogo

El Médico 2 solicitó atender 3 días a la semana por la mañana en San Miguel de Tucumán. Por lo tanto, solo puede ser asignado a espacios de San Miguel en turno mañana.

Los espacios compatibles son:

13: lunes, San Miguel, mañana, consultorio 3

14: martes, San Miguel, mañana, consultorio 3

15: miércoles, San Miguel, mañana, consultorio 3

16: jueves, San Miguel, mañana, consultorio 3

17: viernes, San Miguel, mañana, consultorio 3

Restricción:

$X_{\{2,13\}} + X_{\{2,14\}} + X_{\{2,15\}} + X_{\{2,16\}} + X_{\{2,17\}} = 3$. Esta restricción asegura que el Médico 2 sea asignado exactamente a 3 espacios en San Miguel durante el turno mañana.

Médico 3: Neumólogo

El Médico 3 solicitó cubrir 2 días en San Miguel por la mañana y 1 día en Tafí Viejo por la tarde. Por lo tanto, el modelo debe asignarle 2 espacios en San Miguel mañana y 1 espacio en Tafí Viejo tarde.

Los espacios compatibles en San Miguel mañana son:

13, 14, 15, 16, 17

Los espacios compatibles en Tafí Viejo tarde son:

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Restricciones:

$$X_{\{3,13\}} + X_{\{3,14\}} + X_{\{3,15\}} + X_{\{3,16\}} + X_{\{3,17\}} = 2$$

$$X_{\{3,1\}} + X_{\{3,2\}} + X_{\{3,3\}} + X_{\{3,4\}} + X_{\{3,5\}} + X_{\{3,6\}} + X_{\{3,7\}} + X_{\{3,8\}} + X_{\{3,9\}} \\ + X_{\{3,10\}} + X_{\{3,11\}} + X_{\{3,12\}} = 1$$

Estas restricciones garantizan que el Médico 3 reciba 3 espacios en total: 2 en San Miguel por la mañana y 1 en Tafí Viejo por la tarde.

Médico 4: Pediatra

El Médico 4 solicitó trabajar 1 día por la tarde en planta baja, debido a la dificultad de sus pacientes para subir escaleras. Por lo tanto, solo puede ser asignado a espacios disponibles en turno tarde y en planta baja.

Los espacios compatibles son:

4: martes, Tafí Viejo, tarde, consultorio 3

8: jueves, Tafí Viejo, tarde, consultorio 1

10: viernes, Tafí Viejo, tarde, consultorio 4

18: lunes, San Miguel, tarde, consultorio 2

$$\text{Restricción: } X_{\{4,4\}} + X_{\{4,8\}} + X_{\{4,10\}} + X_{\{4,18\}} = 1$$

Esta restricción asegura que el Médico 4 sea asignado exactamente a un espacio compatible con su condición de atención en turno tarde y planta baja.

Médico 5: Neumólogo

El Médico 5 solicitó trabajar en Tafí Viejo los días martes y jueves por la tarde. Por lo tanto, debe ser asignado a un espacio disponible en Tafí Viejo el martes y a un espacio disponible en Tafí Viejo el jueves.

Los espacios compatibles son:

Martes en Tafí Viejo: 4, 5

Jueves en Tafí Viejo: 8, 9

Restricciones:

$$X_{\{5,4\}} + X_{\{5,5\}} = 1$$

$$X_{\{5,8\}} + X_{\{5,9\}} = 1$$

Estas restricciones garantizan que el Médico 5 sea asignado a dos espacios en Tafí Viejo, uno el martes y otro el jueves.

Restricción de cobertura de la demanda proyectada por especialidad

El modelo incorpora restricciones vinculadas con la demanda proyectada de las especialidades analizadas. Se considera que cada módulo de atención asignado a un médico permite atender aproximadamente 15 pacientes. Este valor fue definido a partir del análisis de los promedios observados en la base de datos y de la información aportada por médicos del centro, quienes indicaron que un profesional puede atender aproximadamente esa cantidad de pacientes durante un bloque de trabajo.

Cobertura de la demanda adicional para Neumología

Los médicos ingresantes pertenecientes a la especialidad de Neumología son:

- Los médicos 1, 2, 3, 5.

La diferencia entre el pronóstico semanal y el promedio semanal de turnos asignados para Neumología es de 127 turnos asignados. Por lo tanto, la capacidad generada por los módulos de atención asignados a médicos neumólogos debe ser, como mínimo, suficiente para cubrir esa diferencia.

Como cada módulo de atención asignado permite atender aproximadamente 15 pacientes, la restricción se plantea de la siguiente manera:

$$15.(X_{\{1,1\}}+X_{\{1,2\}}+X_{\{1,3\}}+X_{\{1,6\}}+X_{\{1,7\}})+(X_{\{2,13\}}+X_{\{2,14\}}+X_{\{2,15\}}+X_{\{2,16\}}+X_{\{2,17\}})+(X_{\{3,1\}}+X_{\{3,2\}}+X_{\{3,3\}}+X_{\{3,4\}}+X_{\{3,5\}}+X_{\{3,6\}}+X_{\{3,7\}}+X_{\{3,8\}}+X_{\{3,9\}}+X_{\{3,10\}}+X_{\{3,11\}}+X_{\{3,12\}}+X_{\{3,13\}}+X_{\{3,14\}}+X_{\{3,15\}}+X_{\{3,16\}}+X_{\{3,17\}})+(X_{\{5,4\}}+X_{\{5,5\}}+X_{\{5,8\}}+X_{\{5,9\}}) \geq 127$$

Esta restricción indica que la cantidad de módulos de atención asignados a médicos neumólogos, multiplicada por la capacidad promedio de 15 pacientes por módulo, debe cubrir al menos la diferencia proyectada de 127 turnos asignados en Neumología.

Cobertura de la demanda adicional para Pediatría

El médico ingresante perteneciente a la especialidad de Pediatría es:

- Médico 4

La diferencia entre el pronóstico semanal y el promedio semanal de turnos asignados para Pediatría es de 6 turnos asignados. Por lo tanto, la capacidad generada por el módulo de atención asignado al médico pediatra debe ser suficiente para cubrir dicha diferencia.

La restricción se plantea de la siguiente manera:

$$15(X_{\{4,4\}}+X_{\{4,8\}}+X_{\{4,10\}}+X_{\{4,18\}}) \geq 6$$

Esta restricción indica que el módulo de atención asignado al Médico 4 debe aportar una capacidad estimada suficiente para cubrir la diferencia proyectada de Pediatría. Como cada módulo permite atender aproximadamente 15 pacientes, la asignación de un módulo al

pediatra resulta suficiente para cubrir los 6 turnos asignados proyectados por encima del nivel habitual.

De esta forma, las restricciones de cobertura permiten vincular los resultados del pronóstico con el modelo de asignación de consultorios. Los pronósticos muestran el volumen esperado de turnos asignados por especialidad, mientras que la programación binaria determina qué módulos de atención deben ocupar los médicos ingresantes para aportar capacidad suficiente, reducir la capacidad ociosa y mejorar el aprovechamiento de los consultorios disponibles.

Restricción binaria

Finalmente, todas las variables del modelo deben ser binarias: $X_{\{m,j\}}$ sea $\{0,1\}$. Esto significa que cada médico puede ser asignado o no a un espacio físico determinado, sin posibilidad de asignaciones parciales.

Resolución del problema

Una vez formulado el modelo de programación lineal binaria, se procedió a resolverlo en Excel mediante la herramienta Solver. La solución obtenida permitió asignar los cinco médicos ingresantes a los espacios físicos disponibles del centro médico, respetando las condiciones solicitadas por cada profesional, la disponibilidad de consultorios, los días y turnos habilitados, y las restricciones de cobertura de demanda proyectada.

Asignación obtenida

El Médico 1, especialista en Neumología, fue asignado a 2 espacios en Tafí Viejo, ambos en turno tarde:

Lunes, consultorio 6.

Miércoles, consultorio 8.

Esta asignación cumple con la solicitud del profesional de atender en Tafí Viejo los días lunes y miércoles por la tarde. Además, permite utilizar consultorios que se encontraban disponibles dentro de la sede.

El Médico 2, especialista en Neumología, fue asignado a 3 espacios en San Miguel de Tucumán, turno mañana:

Miércoles, consultorio 3.

Jueves, consultorio 3.

Viernes, consultorio 3.

Esta asignación responde a la condición de trabajar 3 días a la semana por la mañana en San Miguel. Si bien se utiliza el mismo número de consultorio, no existe conflicto porque corresponde a días distintos.

El Médico 3, especialista en Neumología, fue asignado a 3 espacios físicos:

Lunes, Tafí Viejo, consultorio 5, turno tarde.

Lunes, San Miguel de Tucumán, consultorio 3, turno mañana.

Martes, San Miguel de Tucumán, consultorio 3, turno mañana.

En este caso, el modelo combinó espacios disponibles en ambas sedes, respetando la condición solicitada por el médico: 2 días en San Miguel por la mañana y 1 día en Tafí Viejo por la tarde.

El Médico 4, especialista en Pediatría, fue asignado a 1 espacio en San Miguel de Tucumán, turno tarde:

Lunes, consultorio 2.

Esta asignación permite utilizar el único espacio disponible en San Miguel durante el turno tarde. Además, resulta compatible con la condición solicitada por el médico, ya que se trata de un espacio accesible para pacientes que pueden presentar dificultades de movilidad.

El Médico 5, especialista en Neumología, fue asignado a 2 espacios en Tafí Viejo, ambos en turno tarde:

Martes, consultorio 3.

Jueves, consultorio 1.

Esta asignación cumple con la solicitud del profesional de atender en Tafí Viejo los días martes y jueves por la tarde.

Ingreso total generado

La solución obtenida asignó un total de 11 espacios físicos. Considerando los valores semanales de alquiler por sede, el ingreso total estimado es: $Z = 195.000$

Este valor se compone de la siguiente manera:

Tabla N° 11: Sede con su respectiva asignación nueva y su valor semanal por turno

Sede	Nuevas asignaciones	Valor semanal por turno	Ingreso semanal
Tafí Viejo	5	\$ 15.000	\$ 75.000
San Miguel de Tucumán	6	\$ 20.000	\$ 120.000
Total	11	—	\$ 195.000

Elaboración: Fuente propia.

Por lo tanto, el modelo permite transformar espacios físicos disponibles en ingresos adicionales para el centro médico, reduciendo la capacidad ociosa y mejorando el aprovechamiento de la infraestructura existente.

Cobertura de la demanda proyectada

Además de maximizar el ingreso semanal, el modelo incorpora la relación con la demanda proyectada de las especialidades analizadas. Para ello, se consideró que cada médico asignado a un turno puede atender aproximadamente 15 pacientes.

En el caso de Neumología, los médicos asignados a esta especialidad son el Médico 1, Médico 2, Médico 3 y Médico 5. En total, estos profesionales reciben 10 turnos semanales.

Por lo tanto, la capacidad estimada generada para Neumología es de 150 turnos adicionales.

La diferencia entre la demanda semanal pronosticada y el promedio semanal de turnos asignados para Neumología era de 127 turnos. Como la capacidad generada por los médicos asignados es de 150 turnos, se cumple la condición de cobertura: $150 \geq 127$. Esto indica que la asignación obtenida permite cubrir la diferencia proyectada para Neumología.

En el caso de Pediatría, el Médico 4 recibe 1 turno semanal. Por lo tanto, la capacidad estimada generada para esta especialidad es de 15 turnos nuevos.

La diferencia proyectada para Pediatría era de 6 turnos. Como la capacidad generada es de 15 turnos, también se cumple la condición de cobertura: $15 \geq 6$.

Por lo tanto, el modelo no solo asigna médicos a consultorios disponibles, sino que también verifica que dichas asignaciones contribuyan a cubrir la demanda proyectada de las especialidades analizadas.

Impacto sobre la utilización de la capacidad instalada

Antes de aplicar el modelo, el centro médico contaba con 66 espacios físicos semanales habilitados, de los cuales 48 se encontraban ocupados. Esto representaba una utilización general del 73%.

Luego de la asignación de los 11 nuevos espacios físicos, la ocupación total aumentó de 48 a 59 espacios utilizados. Como resultado, la utilización general de la capacidad instalada pasa del 73% al 89%.

Tabla N° 12: Sede con su respectiva utilización final

Sede / turno	Capacidad total	Ocupación inicial	Nuevas asignaciones	Ocupación final	Disponibles finales	Utilización final
Tafí Viejo	45	33	5	38	7	84%
SMT mañana	15	10	5	15	0	100%
SMT tarde	6	5	1	6	0	100%
Total	66	48	11	59	7	89%

Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados muestran que el modelo permite mejorar significativamente el aprovechamiento de los espacios físicos disponibles. En Tafí Viejo, la utilización aumentó de 73% a 84%. En San Miguel turno mañana, la ocupación alcanza el 100%, al igual que en San Miguel turno tarde.

Interpretación final

La programación lineal binaria permitió transformar el problema de asignación de consultorios en un modelo cuantitativo de decisión. A partir de la matriz de ocupación actual, los valores semanales de alquiler, las condiciones solicitadas por los médicos ingresantes y la demanda proyectada por especialidad, el modelo determinó una asignación eficiente de los espacios disponibles.

La solución obtenida permite asignar 11 espacios físicos, generar un ingreso semanal estimado de \$195.000, cubrir la diferencia proyectada de demanda en Neumología y Pediatría, y aumentar la utilización general de la capacidad instalada del 73% al 89%.

De esta manera, el modelo contribuye a reducir la capacidad ociosa, evitar superposiciones entre médicos, respetar las condiciones solicitadas por cada profesional, ordenar la incorporación de nuevos médicos y mejorar la planificación operativa del centro médico para el próximo período semanal.

Recomendaciones

- Implementar de forma periódica los modelos de pronóstico de demanda de turnos para las especialidades de Neumología y Pediatría. Dado que estas concentran más

del 80% de la demanda total del centro médico, se recomienda actualizar semanal los pronósticos utilizando la información más reciente para anticipar períodos de alta demanda y planificar adecuadamente los recursos disponibles.

- Incorporar los resultados de los pronósticos en la planificación de agendas médicas. Las proyecciones obtenidas mediante el modelo de tendencia lineal permiten estimar la cantidad esperada de turnos futuros, por lo que se recomienda utilizarlas para organizar horarios de atención, distribuir la carga de trabajo entre profesionales y evitar situaciones de sobrecarga o capacidad ociosa.
- Utilizar de manera permanente el modelo de programación lineal binaria para la asignación de consultorios. La herramienta demostró ser eficaz para asignar médicos a los espacios disponibles respetando restricciones operativas y maximizando el aprovechamiento de la infraestructura física. Su aplicación permitirá reducir conflictos de asignación y mejorar la utilización de la capacidad instalada.

Conclusiones

El trabajo permitió observar que la aplicación de herramientas cuantitativas contribuye significativamente a mejorar la planificación operativa y la gestión de recursos dentro de un centro médico. A partir del análisis de los registros históricos de turnos fue posible identificar que las especialidades de Neumonología y Pediatría concentran más del 80% de la demanda total, lo que permitió focalizar el estudio en las áreas de mayor impacto para la organización.

La utilización del Diagrama de Pareto nos ayudó a detectar las especialidades críticas del sistema, mientras que la aplicación de modelos de series de tiempo posibilitó estimar la demanda futura de turnos. Entre los métodos analizados, el modelo de tendencia lineal presentó el mejor desempeño en términos de precisión, obteniendo los menores errores de

pronóstico y proporcionando estimaciones confiables para la planificación de las próximas semanas.

Además, la programación lineal binaria permitió transformar el problema de asignación de consultorios en un modelo cuantitativo de optimización. La solución obtenida asignó eficientemente 11 espacios físicos a los médicos ingresantes, respetando las restricciones de capacidad y disponibilidad. Como resultado, la utilización de la capacidad instalada aumentó del 73% al 89%, se redujeron los espacios ociosos y se generó un ingreso semanal estimado de \$195.000 para la institución.

En resumen, el trabajo demuestra que la integración de herramientas de análisis descriptivo, pronósticos y optimización constituye una alternativa efectiva para reducir la incertidumbre en la toma de decisiones operativas. La aplicación conjunta de estas técnicas permite mejorar la utilización de los recursos disponibles, fortalecer la planificación institucional y contribuir al desarrollo de una gestión más eficiente, objetiva y sustentable del centro médico.

Referencias

- Robbins S., Judge T. (2009). *Comportamiento organizacional*. Pearson.
- Render, B., Stair, R. M., & Hanna, M. E. (2016). *Métodos cuantitativos para los negocios* (11.^a ed.). Pearson Educación.
- Juran, J. M., & Gryna, F. M. (1993). *Análisis y planeación de la calidad: De la certidumbre a la calidad* (3ra ed.). McGraw-Hill.

Anexo

Informe de respuestas de la programación lineal resuelta en Excel.

Celda objetivo (Máx)

Celda	Nombre	Valor original	Valor final
\$CN\$3	Fo	\$ -	\$ 195.000,00

Celdas de variables

Celda	Nombre	Valor original	Valor final	Entero
\$B\$2	Vd 1 L TV 5	0	1	Binario
\$C\$2	Vd 1 L TV 6	0	0	Binario
\$D\$2	Vd 1 L TV 8	0	0	Binario
\$E\$2	Vd 1 MA TV 3	0	0	Binario
\$F\$2	Vd 1 MA TV 9	0	0	Binario
\$G\$2	Vd 1 MI TV 8	0	1	Binario
\$H\$2	Vd 1 MI TV 9	0	0	Binario
\$I\$2	Vd 1 J TV 1	0	0	Binario
\$J\$2	Vd 1 J TV 9	0	0	Binario
\$K\$2	Vd 1 V TV 4	0	0	Binario
\$L\$2	Vd 1 V TV 5	0	0	Binario
\$M\$2	Vd 1 V TV 8	0	0	Binario
\$N\$2	Vd 1 L SM M 3	0	0	Binario
\$O\$2	Vd 1 MA SM M 3	0	0	Binario
\$P\$2	Vd 1 MI SM M 3	0	0	Binario
\$Q\$2	Vd 1 J SM M 3	0	0	Binario
\$R\$2	Vd 1 V SM M 3	0	0	Binario

\$S\$2	Vd 1 L S M T 2	0	0 Binario
\$T\$2	Vd 2 L TV 5	0	0 Binario
\$U\$2	Vd 2 L TV 6	0	0 Binario
\$V\$2	Vd 2 L TV 8	0	0 Binario
\$W\$2	Vd 2 MA TV 3	0	0 Binario
\$X\$2	Vd 2 MA TV 9	0	0 Binario
\$Y\$2	Vd 2 MI TV 8	0	0 Binario
\$Z\$2	Vd 2 MI TV 9	0	0 Binario
\$AA\$2	Vd 2 J TV 1	0	0 Binario
\$AB\$2	Vd 2 J TV 9	0	0 Binario
\$AC\$2	Vd 2 V TV 4	0	0 Binario
\$AD\$2	Vd 2 V TV 5	0	0 Binario
\$AE\$2	Vd 2 V TV 8	0	0 Binario
\$AF\$2	Vd 2 L SM M 3	0	0 Binario
\$AG\$2	Vd 2 MA SM M 3	0	0 Binario
\$AH\$2	Vd 2 MI SM M 3	0	1 Binario
\$AI\$2	Vd 2 J SM M 3	0	1 Binario
\$AJ\$2	Vd 2 V SM M 3	0	1 Binario
\$AK\$2	Vd 2 L S M T 2	0	0 Binario
\$AL\$2	Vd 3 L TV 5	0	0 Binario
\$AM\$2	Vd 3 L TV 6	0	1 Binario
\$AN\$2	Vd 3 L TV 8	0	0 Binario
\$AO\$2	Vd 3 MA TV 3	0	0 Binario
\$AP\$2	Vd 3 MA TV 9	0	0 Binario
\$AQ\$2	Vd 3 MI TV 8	0	0 Binario
\$AR\$2	Vd 3 MI TV 9	0	0 Binario
\$AS\$2	Vd 3 J TV 1	0	0 Binario
\$AT\$2	Vd 3 J TV 9	0	0 Binario
\$AU\$2	Vd 3 V TV 4	0	0 Binario
\$AV\$2	Vd 3 V TV 5	0	0 Binario
\$AW\$2	Vd 3 V TV 8	0	0 Binario
\$AX\$2	Vd 3 L SM M 3	0	1 Binario
\$AY\$2	Vd 3 MA SM M 3	0	1 Binario
\$AZ\$2	Vd 3 MI SM M 3	0	0 Binario
\$BA\$2	Vd 3 J SM M 3	0	0 Binario
\$BB\$2	Vd 3 V SM M 3	0	0 Binario
\$BC\$2	Vd 3 L S M T 2	0	0 Binario
\$BD\$2	Vd 4 L TV 5	0	0 Binario

\$BE\$2	Vd 4 L TV 6	0	0 Binario
\$BF\$2	Vd 4 L TV 8	0	0 Binario
\$BG\$2	Vd 4 MA TV 3	0	0 Binario
\$BH\$2	Vd 4 MA TV 9	0	0 Binario
\$BI\$2	Vd 4 MI TV 8	0	0 Binario
\$BJ\$2	Vd 4 MI TV 9	0	0 Binario
\$BK\$2	Vd 4 J TV 1	0	0 Binario
\$BL\$2	Vd 4 J TV 9	0	0 Binario
\$BM\$2	Vd 4 V TV 4	0	0 Binario
\$BN\$2	Vd 4 V TV 5	0	0 Binario
\$BO\$2	Vd 4 V TV 8	0	0 Binario
\$BP\$2	Vd 4 L SM M 3	0	0 Binario
\$BQ\$2	Vd 4 MA SM M 3	0	0 Binario
\$BR\$2	Vd 4 MI SM M 3	0	0 Binario
\$BS\$2	Vd 4 J SM M 3	0	0 Binario
\$BT\$2	Vd 4 V SM M 3	0	0 Binario
\$BU\$2	Vd 4 L SM T 2	0	1 Binario
\$BV\$2	Vd 5 L TV 5	0	0 Binario
\$BW\$2	Vd 5 L TV 6	0	0 Binario
\$BX\$2	Vd 5 L TV 8	0	0 Binario
\$BY\$2	Vd 5 MA TV 3	0	1 Binario
\$BZ\$2	Vd 5 MA TV 9	0	0 Binario
\$CA\$2	Vd 5 MI TV 8	0	0 Binario
\$CB\$2	Vd 5 MI TV 9	0	0 Binario
\$CC\$2	Vd 5 J TV 1	0	1 Binario
\$CD\$2	Vd 5 J TV 9	0	0 Binario
\$CE\$2	Vd 5 V TV 4	0	0 Binario
\$CF\$2	Vd 5 V TV 5	0	0 Binario
\$CG\$2	Vd 5 V TV 8	0	0 Binario
\$CH\$2	Vd 5 L SM M 3	0	0 Binario
\$CI\$2	Vd 5 MA SM M 3	0	0 Binario
\$CJ\$2	Vd 5 MI SM M 3	0	0 Binario
\$CK\$2	Vd 5 J SM M 3	0	0 Binario
\$CL\$2	Vd 5 V SM M 3	0	0 Binario
\$CM\$2	Vd 5 L SM T 2	0	0 Binario