

**Universidad de Valparaíso**  
FACULTAD DE INGENIERÍA -ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL BIOMÉDICA



**PROPUESTA DE CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE  
OPTIMIZACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN HOSPITALARIA:  
UNA PRIMERA APROXIMACIÓN**

TRABAJO REALIZADO COMO REQUERIMIENTO PARCIAL  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL BIOMÉDICO

POR

**GIANINNA F. CANESSA AILLAPÁN  
ERIKA M. CORTÉS TELLO**

PROFESOR GUÍA: ALEXIS ARRIOLA VERA  
PROFESOR CORRECTOR: DR. RODRIGO SALAS F.

FECHA DE PRESENTACIÓN (MAYO, 2014)  
VALPARAÍSO – CHILE



## Dedicatoria

*Con todo mi cariño y amor a mis padres, Carmen y Sergio, que dieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por darme la mano e incentivar incondicionalmente mi trabajo. A mi amiga y compañera Erika, quien sin pensarlo dos veces confió en mí al tomar este largo y difícil camino. Y a mis amigos, quienes compartieron cada momento de este proceso y aportaron su granito de arena en el desarrollo de este documento. A ustedes una página de este documento y mi corazón siempre.*

*Gianinna Canessa Aillapán*

*Quiero dedicar de todo corazón a las personas importantes en mi vida, que siempre estuvieron ahí para brindarme toda su ayuda. Ahora me toca regresar un poquito de todo lo que han hecho por mí. A mi madre Helia por su generosidad y amor, a mi tío Pedro por su fe, trabajo y apoyo incondicional. A mis amigas Alejandra, Nicole, Andrea y Carolina por estar conmigo en todo momento, por ser el apoyo que necesitaba para alcanzar este sueño. A Gianinna por ser mi compañera, amiga y confidente, que sin su esfuerzo y confianza no habría podido seguir sola este camino. A mis amigos, Javier y Francisco los que estuvieron hasta el final de esta etapa entregándome las fuerzas para continuar. A mi novio Luis Francisco, por compartir su amor y su vida conmigo. A Dios por guiarme y estar a mi lado en todo momento desde que emprendí este largo camino.*

*Erika Cortés Tello*

## Agradecimientos

*Por la confianza y dedicación, nuestros más sinceros agradecimientos a nuestro profesor guía; Señor Alexis Arriola V. quien estuvo en cada momento dispuesto a brindarnos sus conocimientos y apoyo durante todo el desarrollo de este trabajo.*

*Por su disposición incondicional, su ayuda, y su eterno buen humor, nuestros agradecimiento a Luisa Victoria Vargas (Vicky), Secretaria de nuestra carrera.*

*A nuestros amigos y familia, por su apoyo incondicional, y su fe en nuestro trabajo.*

## Resumen

Palabras claves: Mapa de Procesos, Producción hospitalaria, Modelo de Optimización,

**Resumen:** *En el presente Trabajo de Título se reflejan los estudios realizados para la enunciación de los pasos para desarrollar un modelo matemático de optimización. Se presenta de forma detallada la investigación realizada para brindar una primera aproximación de una modelación de este proceso, así como también se presenta la validación de un diagrama de procesos productivos, así como los resultados finales que brindan un primer aporte a la modelización en el ámbito hospitalario, basada en gran parte en la Guía de Pre Inversión Hospitalaria. Entre los resultados que se entregan en este trabajo son en primer lugar un estudio bibliográfico sobre distintos autores para conocer los modelos de optimización existentes además de cuáles son los pasos que estos describen para el desarrollo de uno. En segundo lugar se desarrolla un diagrama de procesos productivos validado en base a una metodología de investigación desarrollada con el análisis de diferentes criterios, y a su vez, basado en entrevistas a distintos profesionales del área de la salud de dos hospitales públicos de nuestro país. Por último se presenta un análisis de los productos entregados por una organización hospitalaria clasificados por familias, basado en la Guía de Pre-Inversión Hospitalaria, todo esto como parte de la enunciación de los pasos para el desarrollo de un modelo de optimización, análogo al análisis de las diferentes restricciones que debe cumplir dicho modelo de optimización.*

# Tabla de Contenidos

<b>INTRODUCCIÓN</b>	7
OBJETIVO GENERAL	8
OBJETIVO ESPECÍFICO	8
<b>ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA</b>	8
ESTADO DEL ARTE	8
ANÁLISIS DEL PROBLEMA	10
PROBLEMÁTICA GLOBAL	11
PROBLEMÁTICA ESPECÍFICA	11
<b>DESARROLLO DE LA PROPUESTA</b>	11
ESTUDIO DEL MARCO TEÓRICO	11
DISEÑO DE LA PROPUESTA	16
IMPLEMENTACIÓN	20
<b>RESULTADOS</b>	32
RESULTADOS OBTENIDOS	32
ESTUDIOS DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA Y/O RESULTADOS.	61
<b>DISCUSIÓN</b>	63
<b>CONCLUSIONES</b>	64
CONCLUSIONES	64
RESUMEN DE LAS CONTRIBUCIONES	65
ALCANCE DE LAS CONTRIBUCIONES	65
INVESTIGACIONES FUTURAS	65
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	67
<b>ANEXOS</b>	70
ANEXO 1: ELEMENTOS DEL MODELO DE PRODUCCIÓN HOSPITALARIA.	70
ANEXO 2: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	71
ANEXO 3: RESUMEN DE TABLAS RESPECTO A METODOLOGÍA ESTUDIADA	91
ANEXO 4: CRITERIOS DE SELECCIÓN Y ALTERNATIVA SELECCIONADA	95
ANEXO 5: LISTADO DE DOTACIÓN DE EQUIPAMIENTO MÉDICO SEGÚN UNIDADES	100
ANEXO 6: LISTADO DE DOTACIÓN DE INSTALACIONES POR UNIDADES	104
ANEXO 7: GUÍA PARA ENUNCIAR UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN	107

# Propuesta de Construcción de un Modelo de Optimización para la Producción Hospitalaria: Una Primera Aproximación

Gianinna F. Canessa Aillapán, Erika M. Cortés Tello  
*Escuela de Ingeniería Civil Biomédica, Universidad de Valparaíso, Chile*

**Palabras claves:** *Mapa de Procesos, Producción Hospitalaria, Modelo de Optimización*

## 1 Introducción

En Chile existe una permanente preocupación por la poca optimización de los recursos y servicios sanitarios que, sumado a las restricciones presupuestarias vigentes en el sector, pone de relieve la necesidad de implementar estrategias por parte de los gestores hospitalarios para optimizar la entrega de servicios. Si bien este desafío lo enfrentan instituciones públicas y privadas, los hospitales públicos en particular, poseen restricciones adicionales asociadas al tipo de mecanismo de gestión utilizado y los recursos invertidos para tal fin. En este contexto, es relevante la aplicación de herramientas matemáticas para apoyar la toma de decisiones orientadas a la optimización operacional de los servicios sanitarios, garantizando una base robusta para respaldar la toma de decisiones.

La optimización de recursos se debe basar en un proceso de razonamiento lógico que involucra diversas disciplinas y técnicas, lo cual debe ser sustentado en información oportunamente validada y analizada. Para esto, se dan a conocer los modelos de optimización matemática, punto de partida para afrontar situaciones referidas a la producción del sector salud, y objetivo central de este Trabajo de Título, en el que se identifican los procesos hospitalarios, sus productos y relaciones para apoyar el desarrollo de un modelo de optimización de recursos hospitalario.

Este trabajo presenta en primera instancia las bases sobre las cuales desarrollar un modelo matemático de optimización, desde su selección, hasta la especificación de los pasos para desarrollarlo. En base a una metodología de investigación, detallada en la sección de implementación de este documento, se presenta un Modelo de Producción Hospitalaria, el cual es representado a través de un diagrama de secuencia, en donde se establecen las relaciones de los procesos según el flujo que realiza un paciente al requerir atención médica y ocupar los servicios brindados en un Hospital Público chileno, esto con la finalidad de establecer una metodología para una futura implementación de un modelo de optimización.

A continuación se detallan los objetivos, y se enuncia la metodología usada para el desarrollo del Modelo de Producción, la problemática que gatilló la solución desarrollada y los resultados obtenidos estructurados según los objetivos específicos.

### **1.1 Objetivo General**

"Desarrollar una propuesta para enunciar un modelo de optimización hospitalario, para el apoyo en la planificación de la producción hospitalaria y la toma de decisiones en los Hospitales Públicos chilenos."

### **1.2 Objetivo Específico**

- (1) Objetivo 1: Revisar la bibliografía respecto a los Modelos de Optimización y de Producción.
- (2) Objetivo 2: Enunciar un modelo de Producción Hospitalario.
- (3) Objetivo 3: Validar el Modelo de Producción Hospitalaria.
- (4) Objetivo 4: Proponer las etapas para la construcción de un Modelo Matemático de Optimización.

## **2 Análisis de la problemática**

Este capítulo tiene como finalidad dar a conocer el estado del arte de la propuesta de este trabajo, y el análisis del problema que da sustento a la motivación del desarrollo del mismo, descrito en tres secciones: análisis del problema, problemática global y problemática específica.

### **2.1 Estado del Arte**

Muchos han sido los esfuerzos realizados por diferentes organizaciones que buscan elaborar herramientas de gestión hospitalarias dedicadas al apoyo de la toma de decisiones adecuadas y capaces de entregar información confiable y beneficiosa para las instituciones de salud. En esta materia la OMS sostiene que es beneficioso considerar al hospital, no desde la perspectiva de las camas o de las especialidades, sino desde la trayectoria que siguen los pacientes tratados en ellos, los correspondientes procesos ofrecidos por los profesionales sanitarios y la adecuación de las instalaciones a dichos procesos para obtener una planificación de la producción que vaya en pos de la optimización de estos (Organización Mundial de la Salud, 2011).

Lo que se aprecia en varias instituciones de salud es que éstas han iniciado programas de mejora de productividad, en muchos casos copiados directamente de la empresa industrial, lo que muchas veces no se adapta a la realidad.

Es así como se puede encontrar, en cuanto a la Planificación de la Producción, el trabajo de Doganis y Sarimveis (2008), quienes desarrollaron un modelo para programar máquinas paralelas en una única etapa. Este modelo considera limitaciones de secuencia, donde las restricciones tecnológicas imponen un orden específico de producción, que debe ser seguido siempre. Sin embargo, es posible omitir uno o más productos. Por otro lado, Bixby et al. (2006) desarrollaron un modelo de programación dinámica para la planificación de la producción de la empresa Swift & Company, división vacunos. En la propuesta de estos autores, es utilizado un sistema integrado de 45 modelos de programación lineal, basados en tres formulaciones para calendarizar dinámicamente las operaciones de elaboración de carne en cinco plantas, en tiempo real, de acuerdo a la llegada de las órdenes o pedidos. La herramienta de programación desarrollada e implementada presentó mejoras en el ajuste de órdenes, la entrega a tiempo y en el porcentaje de la producción planificada de una semana para la cual no existen órdenes.

En cuanto a modelos de optimización como apoyo a la planificación de la producción se pudo encontrar un trabajo relativamente reciente, el cual resuelve el problema de la planificación agregada de la producción de la Compañía siderúrgica Huachipato S.A., a través de un modelo de

programación lineal. Esta empresa contaba con una herramienta Excel que efectúa cierta planificación pero no consideraba los factores importantes en la modelación como múltiples períodos, inventarios y costos de inversión. El modelo desarrollado analiza los posibles escenarios comerciales futuros para la industria siderúrgica con los factores nombrados anteriormente. Además revela distintas capacidades a utilizar y cómo los productos afectan a la función objetivo (Alvarez & Reinoso, 2009).

Además, existe una publicación en la revista Ingeniería de Sistemas denominado “Modelo de Planificación de Producción para un Sistema Multiproducto con Múltiples Líneas de Producción”, en el cual se presenta un modelo para la planificación de la producción en un sistema multiproducto con múltiples líneas de producción de la industria de fabricación de medios de acero para la molienda de minerales. A partir de un enfoque tradicional de planificación de la producción, se desarrolla un modelo de programación lineal, el cual está basado en el pronóstico de ventas, inventarios iniciales de productos terminados y materias primas, capacidad de producción instalada, como también de las rutas alternativas de producción. El modelo permite que el déficit de producto pueda suplirse en períodos posteriores cuando exista disponibilidad de recursos. Además, entrega las tasas de producción por línea de producción, la utilización de la capacidad instalada, el balance de inventario de productos y materias primas, como también la planificación de las adquisiciones de materias primas, en un horizonte de planificación anual dividido en periodos mensuales (Viveros & Salazar, 2010).

En el mismo ámbito, se pudo hallar un artículo en la revista chilena semestral llamada “Pharos, Arte ciencia y tecnología” en la cual se describe una Optimización del proceso de cirugía en el Hospital de El Salvador. La aplicación fue desarrollada mediante una modelación matemática entera en las atenciones quirúrgicas de dicho Hospital de Santiago de Chile. Este artículo analiza el problema de asignación de los recursos utilizados en la prestación de servicios médicos quirúrgicos en hospitales públicos de alta complejidad. Para esto se muestra un modelo de programación matemática entera definiendo como función objetivo, satisfacer la demanda por este tipo de prestaciones de servicios, sujeto a las restricciones de personal médico, pabellones, camas, equipos médicos, etc. La aplicación de este modelo en el principal hospital público del Servicio de Salud chileno, dio a conocer todos los requerimientos, así como insumos y factores productivos, además de dar cuenta de importantes holguras relacionadas con el recurso humano y la infraestructura física (Jansson & Delgado, 2000).

En el ámbito de la gestión clínica, se tiene un estudio de la Universidad de Navarra llamado “Gestión en la Empresa Hospitalaria” en donde se presenta un enfoque a la medida y mejora de la excelencia del hospital, concepto del cual se abarca el costo, la productividad, la efectividad así como la calidad del servicio, etc. Se presenta, además, un esquema conceptual de los sistemas que componen la organización hospitalaria, abarcando todo tipo de centro hospitalario, para su medición y mejora (Rivera & Valor, 1990).

El documento “Diseño de un Modelo de planeación agregada para las prestaciones médicas en un servicio de ginecología y obstetricia” de la Universidad del Bio-Bio en el cual se diseña un modelo de planificación agregada dentro de la unidad de ginecología y obstetricia del Hospital Clínico Hermina Martín. Este comienza investigando modelos que se han desarrollado para tal propósito dentro del área de organizaciones de salud. Luego se establecen los modelos de pronósticos de demanda usando la desviación absoluta media, para después, por medio de un modelo de programación entera se establezcan las asignaciones óptimas entre colaboradores médicos y recursos físicos que maximice la cantidad de servicios entregados para la unidad. Se analizan las holguras de recursos disponibles en la unidad y se establecen como cuellos de botella tanto al pabellón quirúrgico como la sala de recuperación obstétrica.

Todo el análisis anterior indica que existen modelos de optimización para unidades específicas de hospitales o existen modelos que consideran todas las aristas de una organización como lo es, por ejemplo, la industria de la metalurgia, pero no se logró encontrar resultados en cuanto a modelos de optimización que consideren la totalidad de las unidades de un hospital y que logre ser aplicado a cualquier organización de salud independiente de su complejidad. Tampoco se obtuvieron resultados en cuanto a documentación con respecto a los pasos a seguir para la elaboración de un modelo de optimización aplicable al sector hospitalario, dado que como se dice anteriormente, los existentes solo consideran parte del área productiva de los hospitales.

## ***2.2 Análisis del Problema***

Es un hecho que los Hospitales Públicos de Chile seguirán teniendo un rol preponderante en la satisfacción de las necesidades de atención de salud de la población de menores recursos. Estos buscan garantizar el acceso al servicio a la totalidad de la población, hacia una atención segura y de calidad a un costo razonable.

Hoy en día, los hospitales consumen entre el 40 a 60% del total de los recursos asignados al Sistema Público de Salud. Así mismo, se caracterizan por ser estructuras pesadas y verticales; rígidas y burocráticas, con limitantes legales y centralistas en la gestión de los recursos financieros y humanos, y con una cultura organizacional muy fuerte y poco permeable a los cambios del entorno, cambios que se resisten a encontrar herramientas eficientes para optimizar sus recursos (Silva, 2013).

Debido a esto, optimizar los recursos se transforma en una tarea fundamental para entregar una atención de calidad al paciente sin consumir más recursos de los necesarios. De hecho, está demostrado que los procesos realizados eficientemente en el sector hospitalario, mejoran tanto la calidad de atención recibida por el paciente, como el uso de los recursos en el hospital, pudiendo atender, con los mismos recursos, a una mayor cantidad de pacientes. Es más, para realmente optimizar los procesos se debe tener un directo control sobre las relaciones y flujos entre las unidades de la organización, ya que es ahí donde se producen discontinuidades que pueden ser mejorables (Silva, 2013).

Chile, en la actualidad, ha mostrado claros indicios de que existen deficiencias dentro de la gestión hospitalaria, lo cual ha llevado a grandes pérdidas a nivel de inversión y producción. Referido a esto en el año 2009, la Contraloría General de la República elaboró un informe, que deja al descubierto graves errores de gestión dentro de instituciones a lo largo de todo el país, referidos a compras mal fundadas, equipamiento en desuso y carencias de recursos humanos (Contraloría General de la República, 2009).

Desde el punto de vista de la inversión, estos problemas tienen repercusiones al interior de los Hospitales. Estimaciones realizadas durante los años 2001 al 2006, demuestran que la productividad del sistema público ha decaído en un 30%, lo cual contrasta con el gasto fiscal en hospitales, el cual aumentó en un 42,7% (Castro, 2008).

La falta de herramientas técnicas para una gestión adecuada. En países como México, se estimó que durante el año 2001, alrededor del 60% de los hospitales no poseía un sistema formal para la toma de decisiones (Garag & Chakravarty, 2001).

Lo anterior repercute en una disminución en la calidad, eficacia y cobertura de la asistencia sanitaria, siendo sus beneficiarios los principales afectados y dejando en evidencia una deficiente gestión tecnológica, lo que trae consigo grandes problemas en la planificación y en el seguimiento de las adquisiciones realizadas en los establecimientos públicos de salud.

De acuerdo a estos datos, es posible inferir que actualmente en el sector salud existe una gran deficiencia en la gestión hospitalaria, ya que se estima que el 60% del gasto público es destinado al sector salud (Silva, 2013).

### **2.3 Problemática Global**

Los problemas se generan cuando la demanda por los servicios de salud superan la capacidad de los hospitales para atender a los pacientes, lo que implica un fallo en la entrega del servicio al paciente. Entonces, la principal preocupación que existe en los hospitales, es el garantizar la correcta correspondencia entre demanda (pacientes) y capacidad (recursos). Estos dos elementos, claves en el funcionamiento de una organización, deben ser gestionados adecuadamente, ya que de lo contrario, se seguirá incurriendo en los problemas que actualmente se ven públicamente en los medios de comunicación (Afanador, 2012).

El no cumplimiento de la misión del Hospital, cuando la demanda supera la capacidad, puede incurrir en las siguientes consecuencias:

- (1) El deterioro en la seguridad del paciente.
- (2) El flujo inadecuado de pacientes.
- (3) Los largos tiempos de espera.
- (4) El aumento en el estrés del personal asistencial y administrativo del hospital.
- (5) El aumento en los costos de atención del paciente.
- (6) El deterioro financiero y del posicionamiento del hospital (Afanador, 2012).

### **2.4 Problemática Específica**

Existe una carencia de herramientas que faciliten la elaboración de una visión objetiva de las necesidades dentro de las instituciones de salud, lo que ha contribuido a que en la actualidad existan ciertas irregularidades en la gestión de los centros hospitalarios. De acuerdo a la OMS, la mayoría de los países no utilizan directrices políticas ni recomendaciones sobre la gestión hospitalaria, la adquisición de equipos médicos y la optimización de los procesos asociados, esto dificulta cada vez más la producción de dichas instituciones (Organización Mundial de la Salud, 2011).

En la actualidad la toma de decisiones, referida a la planificación de la producción hospitalaria, en la mayoría de las instituciones de salud no incorporan herramientas capaces de entregar información objetiva y cuantitativa, respecto cantidad y/o tipo de equipos e insumos que se requieren para el funcionamiento de un hospital, y tampoco se considera el contexto hospitalario en que serán utilizados, es decir, infraestructura, recursos humanos y económicos de las instituciones (Organización Mundial de la Salud, 2011).

## **3 Desarrollo de la propuesta**

En el presente capítulo se darán a conocer el marco teórico, que da sustento y los conocimientos necesarios para el desarrollo y comprensión de este trabajo; el diseño de la propuesta, en donde básicamente se establecen las directrices de planificación para el desarrollo de este documento. Finalmente, se describe la implementación del trabajo, sección en la cual se describe como fue llevado a cabo la investigación en base a los objetivos específicos propuestos.

### **3.1 Estudio del Marco Teórico**

A continuación se presentarán las bases teóricas para la elaboración de esta tesis, utilizando como eje de partida la Investigación de Operaciones y los principios que guían a la resolución de los problemas de toma de decisiones en la Optimización de la Producción Hospitalaria, todos

elementos conceptuales que sirven de base a la investigación a realizar, los cuales se presentan a continuación:

- (1) Investigación de Operaciones
- (2) Optimización
- (3) Optimización de la Producción Hospitalaria

### 3.1.1 *Investigación de Operaciones*

Según Ramos, Sánchez, Ferrer, Barquín y Linares (2010) se define Investigación de Operaciones como la aplicación de modelos científicos en la mejora de la efectividad en las operaciones, decisiones y gestión, optimizando los recursos disponibles para conseguir la satisfacción óptima de un objetivo específico deseado.

La Investigación de Operaciones se aplica ante cualquier circunstancia del quehacer humano, ya que estamos expuestos a la toma de decisiones de distinta índole y a cómo estas se llevan a cabo, basándose en criterios cualitativos o cuantitativos (Lecca, 1997).

En la situación actual en la que nos vemos inmersos, donde la complejidad de los problemas es creciente, debido a un ambiente de constante cambio, y en que nos enfrentamos a un ambiente laboral más globalizado y competitivo, la Investigación de Operaciones (IO) ha permitido abordar de forma eficiente modelos que responden a distintas problemáticas, superando ampliamente los procedimientos cualitativos.

La principal característica de la IO consiste en construir un modelo científico del sistema del cual pueden predecir y comparar los resultados de diversas estrategias y decisiones, incorporando medidas del azar y del riesgo. Estos son usados para abordar una gran variedad de problemas de naturaleza real en ingeniería y ciencias sociales, lo que ha permitido a empresas y organizaciones obtener importantes beneficios y ahorros asociados a su utilización (Lecca, 1997).

La Investigación de Operaciones incluye un conjunto muy amplio de técnicas orientadas a proporcionar una ayuda cuantitativa a la toma de decisiones. El método empleado es el método científico, y las técnicas que se utilizan son, en buena medida, *técnicas matemáticas*.

Los planteamientos para la resolución de problemas mediante la aplicación de las técnicas de Investigación de Operaciones se basan en la construcción de modelos de decisión fundamentados en descripciones matemáticas, con el objetivo de tomar decisiones en situaciones de complejidad o incertidumbre. La resolución, mediante análisis matemático o simulación, de los modelos de decisión, entregan los valores óptimos de las variables de decisión que intervienen en el modelo, los cuales son evaluados para comprobar su robustez frente a cambios en las condiciones de los parámetros del modelo.

#### A. Características de la Investigación de Operaciones

- (1) Utilización del método científico para investigar el problema en cuestión. El proceso comienza por la observación cuidadosa, la formulación del problema y la recolección de datos necesarios.
- (2) Intenta resolver los conflictos de interés entre los componentes de la organización de forma que el resultado sea el mejor para la organización completa.
- (3) Intenta encontrar una solución óptima, para el problema bajo consideración. En lugar de contentarse con mejorar el estado de las cosas, la meta es identificar el mejor curso de acción posible.
- (4) Es necesario emplear el enfoque de equipo. Este debe incluir personal con las capacidades afines para desarrollar modelos matemáticos. Además debe tener la experiencia y las

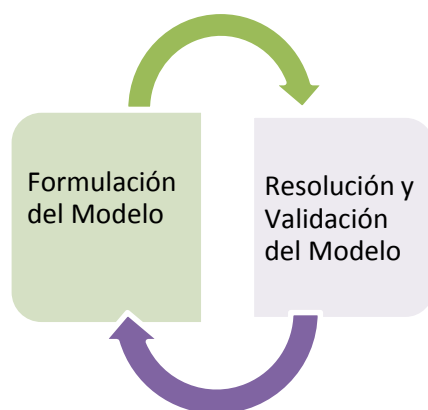
habilidades para permitir la consideración adecuada de todas las ramificaciones del problema.

- (5) Utilización de técnicas y modelamiento útiles a la Ingeniería de Sistemas.
- (6) La Investigación de Operaciones tiende a representar el problema cuantitativamente para poder analizarlo y evaluar un criterio común.

### 3.1.2 *Optimización*

El concepto de optimización fue llevado a la empresa cuando el mercado comprador que caracterizó las primeras décadas de la revolución industrial comenzó a transformarse hasta convertirse en el mercado vendedor fuertemente competitivo de nuestros días (Scenna, 1992).

Se puede definir como Optimización al proceso de seleccionar, a partir de un conjunto de alternativas posibles, aquella que mejor satisfaga el o los objetivos propuestos. Para resolver un problema de optimización se requieren dos etapas principales: Formulación del Modelo y Resolución y Validación del Modelo como se muestra en la Figura 3.1 (Montero, 2009).



*Figura 3.1: Esquema para resolver un problema de optimización.*

*Fuente: Elaboración propia*

La formulación de un Modelo de Optimización es un proceso que requiere de experiencia y creatividad. Una vez generado el modelo, la etapa siguiente es resolver y validar dicho modelo. Esta etapa puede considerarse suficientemente formalizada debido a que los modelos de problemas de optimización han sido muy estudiados y se han desarrollado innumerables métodos y estrategias para resolverlos.

Los problemas de optimización se componen generalmente de:

- **Una función objetivo:** esta es la medida cuantitativa del funcionamiento del sistema que se desea optimizar ya sea maximizar o minimizar, ejemplo de esto puede ser la maximización de los beneficios netos de venta de ciertos productos, la minimización del material utilizado en la fabricación de un producto, etc. (Ramos, Sánchez, Ferer, Bárquin, & Linares, 2010).
- **Variables:** estas nos representan las decisiones que se pueden tomar para afectar el valor de la función objetivo. Estas variables se pueden clasificar como independientes y variables

dependientes, ejemplo de esto son la cantidad de cada producto fabricado y vendido (Ramos, Sánchez, Ferer, Bárquin, & Linares, 2010).

- **Las restricciones:** conjunto de relaciones (ecuaciones e inecuaciones) que ciertas variables están obligadas a satisfacer, por ejemplo la capacidad de producción de una fábrica para los diferentes productos (Ramos, Sánchez, Ferer, Bárquin, & Linares, 2010).

En base a lo anterior podemos decir que para resolver un problema de optimización debemos encontrar el valor que deben tomar las variables para hacer óptima la función objetivo satisfaciendo el conjunto de restricciones (Ramos, Sánchez, Ferer, Bárquin, & Linares, 2010).

#### A. Concepto de modelos

Un modelo de decisiones se define como una función objetivo con restricciones que se expresan en términos de las alternativas de decisión del problema. Una solución a un modelo no será útil a menos que el modelo mismo ofrezca una representación adecuada de la situación de decisión verdadera. El modelo de decisión debe contener tres elementos:

- (1) Alternativas de decisión, de las cuales se hace una selección.
- (2) Restricciones, para excluir alternativas no factibles.
- (3) Criterios para evaluar y clasificar alternativas factibles.

Un modelo es una representación matemática simplificada de una realidad compleja. Modelar es la acción de construir un modelo, en definitiva un modelo es una herramienta de ayuda a la toma de decisiones, es por esto que sus resultados deben ser inteligibles y útiles.

Los modelos de optimización buscan maximizar el rendimiento de la productividad ya sea de una empresa o alguna entidad, estos modelos de optimización, tienen como prerrequisito la recolección de datos descriptivos del entorno al que se aplica, para ello deben desarrollarse modelos descriptivos que permitan comprender la interacción de las distintas áreas de la entidad en cuestión. Mediante los modelos descriptivos pueden desarrollarse: pronósticos, relación de costos, modelos de simulación, entre otros. Información fundamental para la toma de decisiones, aunque todo esto no es suficiente, pues la forma de interpretar e integrar cada uno de los datos, es lo que permite diferenciar a una institución exitosa de una mediocre. Es en este punto donde los modelos de optimización juegan un papel vital.

Los modelos de optimización se pueden clasificar en:

- Clásicos: de estos se pueden mencionar los modelos de optimización lineal, no lineal, lineal entera mixta, estocástica, etc.
- Meta-heurísticos: este incluye los algoritmos evolutivos, el método del Recocido Simulado, las búsquedas heurísticas o los sistemas multi-agente.

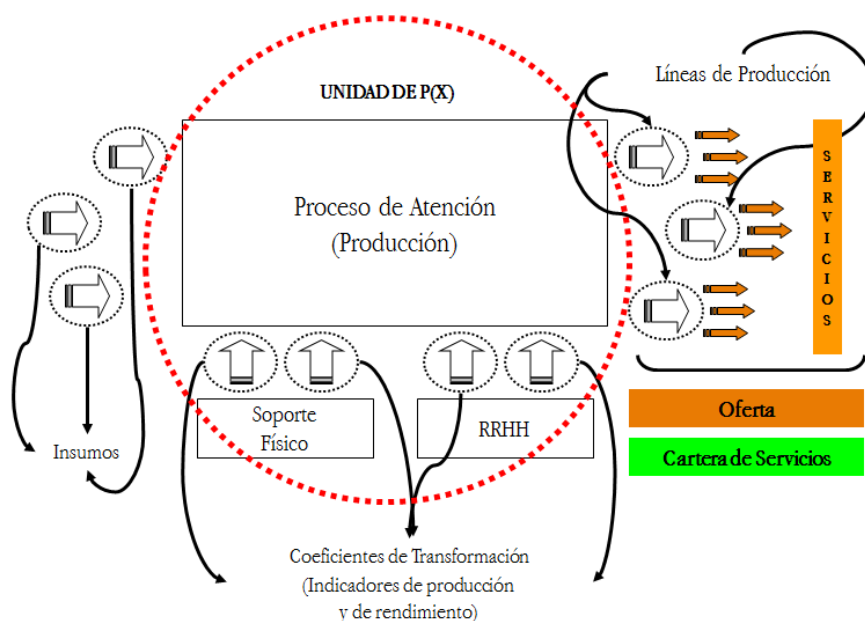
A modo general, se puede decir que los métodos clásicos buscan y garantizan un óptimo local mientras que los métodos meta-heurísticos tienen mecanismos específicos para alcanzar un óptimo global aunque no garantizan su alcance.

### 3.1.3 Optimización de la Producción Hospitalaria

La Optimización de la Producción de un hospital es un problema complejo en el que es preciso considerar diversos objetivos que entran en conflicto, los cuales no pueden ser satisfechos simultáneamente, de manera que sus directivos se conforman con alcanzar ciertos niveles de logro en cada objetivo.

En un Hospital el proceso productivo se ocupa específicamente de la actividad de producción de bienes y/o servicios, es decir, de su diseño, su fabricación y/o provisión y del control del personal, los materiales, los equipos, el capital y la información para el logro de esos objetivos (Arriola, 2012a). El producto como resultado, puede ser un bien o un servicio. Producir es transformar bienes o servicios en otros bienes o servicios, es también crear utilidad o aumentar la utilidad de los bienes para satisfacer las necesidades humanas (Arriola, 2012a).

Como se aprecia en lo expuesto por Alexis Arriola, en la Figura 3.2, el modelo de producción, tiene consigo los procesos productivos, donde su entrada son los insumos, los que serán transformados en un producto, ya sea bien o servicio.



**Figura 3.2:** Modelo de Producción

Fuente: (Arriola, 2012a).

Para lograr optimizar la Producción Hospitalaria hay que tener en claro que un hospital es una empresa que combina factores de producción y produce el servicio de asistencia sanitaria. Los factores que utiliza son:

- Recursos humanos (médicos, enfermeras, etc.).
- Equipo capital (inmuebles, quirófanos, equipos radiológicos, etc.).
- Materias primas (productos farmacéuticos, reactivos, comidas, etc.).

El proceso productivo que se origina tiene como finalidad que los pacientes que ingresan en el hospital salgan del mismo con mejor salud. Se dice que cada hospital es una empresa de producción múltiple, esto se debe a que el proceso es diferente para cada paciente, existiendo por tanto un sinfín de productos (Arriola, 2012b).

La gestión eficiente de los factores de producción y del proceso productivo que constituye al hospital, son la clave para optimizar la producción de este. Por lo tanto, la Optimización de la

Producción se presta a ser formulado como un problema de programación matemática, lo que permitirá al decisor evaluar la actividad del hospital en relación con metas que proporcionen servicios de calidad y que tengan en cuenta la capacidad y los intereses de las diferentes Unidades Médicas.

Algunos autores han utilizado modelos multicriterio (modelos que evalúan la optimización de más de un objetivo) para planificar la Producción Hospitalaria. En particular, de acuerdo con lo dicho en el párrafo anterior, haremos referencia a los enfoques de programación matemática utilizados. La primera referencia en literatura especializada se debe a Lee (1973), que usa la programación lexicográfica para valorar la compatibilidad de una estructura de criterios de prioridad en un hospital. Panitz (1988) trata de maximizar las horas de atención a los pacientes y la ocupación del personal en un centro de salud mental.

Rifai y Pecenka (1989) muestran cómo un modelo de programación por metas puede ser usado para determinar la combinación de servicios quirúrgicos. El autor consigue optimizar las horas-quirófano, horas de sala de recuperación-cama y camas del servicio quirúrgico-día. El objetivo de Kwak y Lee (1997) es asignar los horarios de trabajo entre el personal con el objeto de minimizar el costo y cumplir con la atención a los pacientes. Butler et al. (1992) determinan la asignación de camas entre los diferentes servicios de un hospital. Martín (1993) asigna los recursos en un hospital de acuerdo con los objetivos estratégicos del mismo. El modelo de Arenas (1997) analiza el rendimiento de un Servicio Quirúrgico en un hospital público español. Después, Arenas et al. (2001) incorporan un enfoque de programación por metas borroso para resolver el modelo propuesto en 1997. El modelo de Martín et al. (2001) trata de determinar el reparto de presupuesto entre diferentes hospitales del Sistema Andaluz de Salud.

### 3.2 *Diseño de la Propuesta*

La solución que se propone, para dar respuesta a la problemática descrita en la sección anterior, es el desarrollo de una propuesta en donde se enumeren los pasos para enunciar un modelo matemático de optimización, pero antes se deben conocer las relaciones que existen entre las diferentes unidades de producción de un hospital.

Este trabajo propone el estudio de las relaciones entre las variables de producción hospitalaria como una etapa previa a la definición de un modelo matemático de optimización.

El estudio propuesto contempla el desarrollo de un diagrama del proceso productivo de un hospital genérico, desde el cual se derivarán las relaciones existentes entre las variables productivas de los diferentes servicios. Posteriormente, esto permitirá obtener márgenes (o límites) de valores máximos y productos buscando incurrir en la menor cantidad posible de recursos.

El planteamiento de este trabajo se grafica en la Figura 3.3, de donde se desprenden el objetivo general los objetivos específicos y las actividades que fueron desarrolladas.

El objetivo general lo encabeza el desarrollo de un Modelo de Producción Hospitalario. Luego los objetivos específicos se encuentran el estudio bibliográfico que sustentará el trabajo, la formulación propiamente tal del modelo de producción, posteriormente su validación mediante la selección de una metodología de investigación y por último el desarrollo de las directrices a seguir para construir la optimización.

De lo anterior se presenta la metodología que se desarrolla en este apartado, la que contempla cuatro secciones que pretenden responder a los objetivos específicos planteados. La primera es la sistematización de los Modelos de Optimización con el fin de establecer las directrices con respecto a los pasos a seguir para elaborarlo. La segunda sección consiste en la definición propiamente tal de un Modelo de Producción Hospitalario. La tercera consiste en aplicar una metodología de

investigación con la finalidad de validar dicho Modelo. Y por último, la cuarta sección brinda los elementos necesarios para construir un Modelo de Optimización de la Producción Hospitalaria.

## Propuesta de Modelo de Optimización

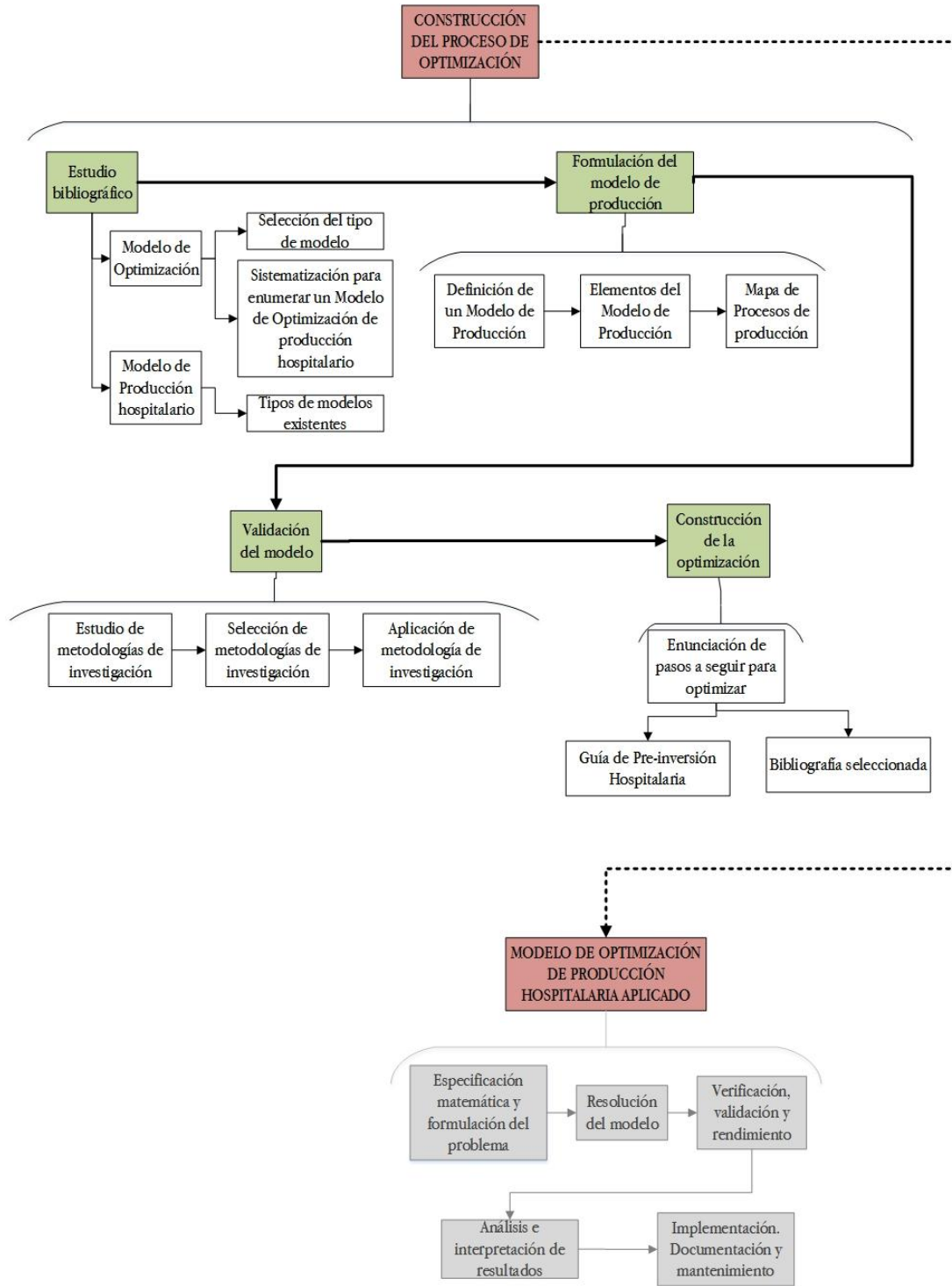


Figura 3.3: Diagrama metodológico.

Fuente: Elaboración propia.

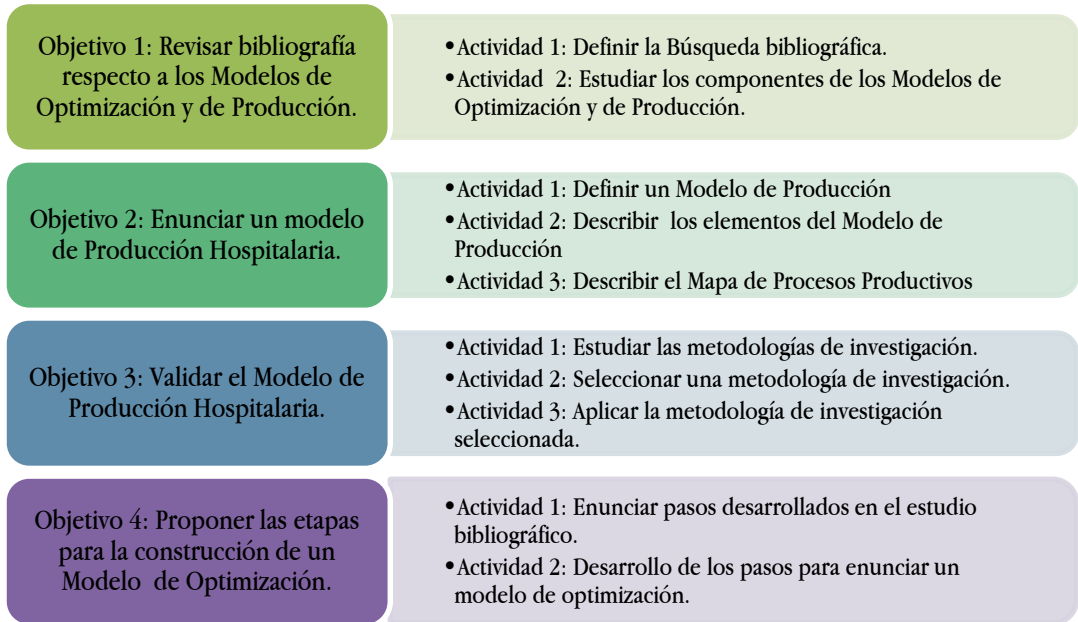
El diagrama de la Figura 3.3 anteriormente mostrado explica la metodología de investigación integra dos grandes partes:

1. La primera habla sobre la construcción del proceso de optimización en donde se considera:
  - Estudio bibliográfico: Se sistematiza los modelos de optimización y de producción
  - Formulación del modelo de producción: Se genera y explica un diagrama de los procesos productivos hospitalarios que ayude a la construcción de la optimización.
  - Validación del modelo: Se valida el diagrama de procesos productivos mediante una metodología de investigación que se estudia se selecciona y se aplica, para corroborar que el diagrama representa la realidad hospitalaria.
  - Construcción de la optimización: Por último se analizan distintos trabajos, como la Cátedra de Procesos Hospitalarios, así como la Guía Metodológica para Estudios de Pre-inversión Hospitalaria (EPH) y la Bibliografía ya estudiada, para desarrollar y enunciar los pasos a seguir para desarrollar un modelo de optimización hospitalario.
2. Y la segunda da a conocer los pasos para desarrollar el modelo de optimización genéricos, estos no serán aplicados en este trabajo de investigación pero se detallan en los resultados del objetivo número 1. Cabe mencionar que el paso “Especificación matemática y formulación del problema” es desarrollado en parte en la etapa de construcción de la optimización, pero no a cabalidad por lo que se decidió incorporarlo en los pasos no desarrollados en este trabajo.

La figura anteriormente expuesta da paso a la definición de los objetivos específicos, de los cuales se desprenden una serie de actividades como se ilustra en la Figura 3.4 y se detalla posteriormente a esta.

**Figura 3.4:** Diseño de Metodología a desarrollar.

Fuente: Elaboración propia.



### 3.2.1 Objetivo 1: Revisar bibliografía respecto a los Modelos de Optimización y de Producción.

En este primer objetivo se pretende sistematizar los Modelos de Optimización y sus variables explicativas para poder realizar una clasificación de los tipos de modelos matemáticos existentes y los pasos a seguir para poder enunciar uno. Así como también la realización de una búsqueda de los modelos de Producción existentes. Para ello se detallan una serie de actividades:

#### - Actividad 1: Definir la búsqueda bibliográfica.

Para poder realizar una búsqueda bibliográfica es necesario definir tres parámetros (Stubing, 2014), en primer lugar, el campo que se desea estudiar. Es importante que este sea lo suficientemente acotado para no dejar fuera información, pero que a la vez no se incorpore información innecesaria y que entorpezca el procesamiento de ésta. Luego, es necesario definir los criterios de búsqueda los cuales son (Medina, Marin, & Alfalla, 2010):

- Fuente de información: debe tenerse clara cuál es la más acorde a la investigación que se está realizando, estas pueden ir desde libros, revistas, hasta sitios web, entrevistas, etc.
- Palabras claves de búsqueda: Es importante seleccionar las palabras adecuadas para realizar una búsqueda precisa.
- Lugar de Búsqueda: Definición del lugar de donde se puede acceder a la información.

Por último, seleccionar la bibliografía a revisar, es decir, asegurar que la bibliografía seleccionada con los criterios anteriores, realmente sea útil para la investigación que se desea desarrollar. Para esto no es necesario tener el texto completo, si bien es lo ideal, se puede hacer el filtrado de la información con los títulos de los documentos, el resumen, el temario y las palabras claves (Medina, Marin, & Alfalla, 2010).

#### - Actividad 2: Estudiar los componentes de los Modelos de Optimización y de los Modelos de Producción.

Luego de haber seleccionado la bibliografía a utilizar, se deben analizar los modelos matemáticos existentes. Primero, conociendo las etapas de los modelos de optimización para luego identificar sus componentes. Finalmente, se definen los distintos tipos de modelos matemáticos existentes según diferentes autores. Paralelamente se definen los Modelos de Producción existentes en la actualidad.

### 3.2.2 Objetivo 2: Enunciar un Modelo de Producción Hospitalaria.

#### - Actividad 1: Definir un Modelo de Producción

Se pretende definir el alcance y los límites de la formulación y descripción del modelo de Producción propuesto.

#### - Actividad 2: Describir el Mapa de Procesos Productivos.

En esta actividad se describirá el lenguaje utilizado y los elementos que dan forma al Modelo de Producción descrito.

#### - Actividad 3: Describir los elementos del Modelo de Producción

Por último se describirán los elementos, las entradas y los procesos desarrollados en el diagrama.

3.2.3 Objetivo 3: Validar el Modelo de Producción Hospitalario.

Es necesario conocer, seleccionar y aplicar una metodología adecuada a la investigación que se requiere llevar a cabo para obtener los resultados correctos. Para esto se definieron tres actividades:

- Actividad 1: Estudiar las metodologías de investigación

Se debe realizar una búsqueda de las metodologías existentes para luego seleccionar la más adecuada y aplicarla.

- Actividad 2: Seleccionar una metodología de investigación

Luego de recopilar y analizar las metodologías de investigación, es necesario seleccionar la más idónea para llevar a cabo lo que se desea desarrollar, en la investigación, es decir, un modelo que represente la producción hospitalaria chilena.

- Actividad 3: Aplicar de metodología de investigación seleccionada

Tras seleccionar la metodología adecuada, se procede por su desarrollo y aplicación, con el fin de obtener el producto final de este trabajo.

3.2.4 Objetivo 4: Proponer las etapas para la construcción de un Modelo Matemático de Optimización.

Tras ser desarrollado el modelo de producción y estableciendo todas las relaciones de los procesos entre unidades de un hospital genérico, se debe conocer los pasos para realizar un modelo de optimización. Para esto se requiere:

- Actividad 1: Enunciar pasos desarrollados en el estudio bibliográfico.

Enumerar los pasos seleccionados para desarrollar un modelo de optimización según lo desarrollado en el estudio bibliográfico de este mismo documento, así como su adaptación al ámbito hospitalario.

- Actividad 2: Desarrollo de los pasos para construir un modelo de optimización

Explicación y desarrollo de los pasos mencionados anteriormente para establecer la función objetivo de la optimización a realizar.

### 3.3 *Implementación*

3.3.1 Objetivo 1: Revisar bibliografía respecto a los Modelos de Optimización y de Producción.

- Actividad 1: Definir la búsqueda bibliográfica

En esta actividad se deben definir qué elementos se utilizarán para extraer la información necesaria e indicar los modelos de optimización existentes y sus componentes.

La definición del campo de estudio se establece como la Investigación de Operaciones, ya que este concepto puede definirse como la aplicación de modelos científicos en la mejora de la efectividad en las operaciones, decisiones y gestión, optimizando los recursos disponibles para conseguir la satisfacción óptima de un objetivo específico deseado (Ramos, Sánchez, Ferer, Bárquin,

& Linares, 2010). Es por esto que se definen específicamente los Modelos de Optimización como objeto de estudio para la búsqueda bibliográfica en la *Tabla 3.1*.

Definición del campo del estudio	
Nombre del Campo de Estudio	Investigación de Operaciones y Modelos de Producción
Definición del Campo de Estudio	Aplicación de modelos científicos en la mejora de la efectividad en las operaciones, decisiones y gestión, optimizando los recursos disponibles para conseguir la satisfacción óptima de un objetivo específico deseado (Ramos, Sánchez, Ferer, Bárquin, & Linares, 2010).
Qué se quiere obtener (producto deseado)	Modelos Matemáticos y Modelos de producción existentes, sus componentes y los pasos a seguir para ser desarrollados.
Qué se va a abarcar( alcances que tendrá)	Modelos matemáticos y de producción de diferentes autores.
Utilidad que tendrá el campo de estudio	Brindar las directrices para poder desarrollar, en un futuro, un modelo de optimización con aplicabilidad a los hospitales públicos chilenos.

**Tabla 3.1:** Definición del campo de estudio.

*Fuente:* (Stubing, 2014)

Tras definir el campo de búsqueda, se deben definir los criterios de búsqueda lo cuáles son requeridos para acotar la búsqueda y hacerla más específica. Estos criterios están definidos en la *Tabla 3.2*.

Definición de los criterios de búsqueda	
Fuentes de información	Documentos de Internet, Libros
Palabras claves	Investigación de Operaciones, Modelos de Optimización, Modelos de Producción
Lugares de Búsqueda	Internet, Buscadores, Páginas web

**Tabla 3.2:** Definición de los criterios de búsqueda

*Fuente:* Elaboración propia.

Fue definida como fuente de información los documentos de internet y libros digitales, dado que es más fácil su alcance, búsqueda y variedad. Las palabras claves definidas son lo suficientemente amplias como para obtener suficiente datos pero a la vez discriminan la información precisa que se requiere obtener, dado que al utilizarlas aparece desde la definición de los criterios, hasta ejemplos de aplicación entre otros parámetros. Además, el lugar de búsqueda se define como páginas web arrojadas por buscadores de internet, dado que su alcance es más amplio que el que se puede acotar en una biblioteca.

La depuración de los resultados se puede apreciar en la *Tabla 3.3* en donde se presentan los documentos obtenidos de la búsqueda bibliográfica descrita anteriormente y fueron seleccionados para desarrollar el estudio.

**Tabla 3.3:** Clasificación de las referencias encontradas.

Fuente: Elaboración propia.

Autores	Título
Eppen, Gould, Schmidt, Moore, & Weatherford.	<i>Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa.</i>
Ferrero, M. B., & Chiotti, O. J	<i>Optimización</i>
Ramos, A., Sánchez, P., Ferrer, J., Barquín, J., & Linares, P	<i>Modelos de Optimización Matemáticos.</i>
Acevedo & Pistikopoulos,	<i>stochastic programming approach for mixed-integer linear problems under uncertainty</i>
García & Maheut	<i>Modelos y Métodos de Investigación de Operaciones. Procedimientos para Pensar.</i>
Parra	<i>Producción Industrial</i>
Boyer & Freyssenet	<i>Los modelos productivos</i>

Los títulos presentes en la *Tabla 3.3* fueron seleccionados, dado que de la totalidad de autores que se presentan en la bibliografía sobre Investigación de Operaciones y de Modelos de Producción, son los más destacados y citados en cuanto a su área de investigación. Este criterio fue observado dado que varios otros autores los citaban para el desarrollo de sus trabajos, siendo los presentes en la *Tabla 3.3* los más frecuentados.

- Actividad 2: Estudiar los componentes de los modelos de optimización.

Con la bibliografía seleccionada, se realizó un estudio de cada uno de los documentos, de estos se obtuvo información de la Investigación de Operaciones, de Modelos de Optimización y de la definición de Optimización, la que se detalla a continuación en la *Tabla 3.4*.

**Tabla 3.4** Análisis de bibliografía utilizada.

Fuente: Elaboración propia.

Autores	Título	Investigación de Operaciones	Modelos de Optimización	Optimización	Modelos de Producción
Eppen, Gould, Schmidt, Moore, & Weatherford.	<i>Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa.</i>	Si	Si	No	No
Ferrero, M. B., & Chiotti, O. J	<i>Optimización</i>	No	Si	Si	No
Ramos, A., Sánchez, P., Ferrer, J., Barquín, J., & Linares, P	<i>Modelos de Optimización Matemáticos.</i>	No	Si	Si	No

Acevedo & Pistikopoulos,	<i>Stochastic programming approach for mixed-integer linear problems under uncertainty</i>	No	No	Si	No
García Maheut &	<i>Modelos y Métodos de Investigación de Operaciones. Procedimientos para Pensar.</i>	No	Si	No	No
Parra	<i>Producción Industrial</i>	No	No	No	Si
Boyer & Freyssenet	<i>Los modelos productivos</i>	No	No	No	Si

### 3.3.2 Objetivo 2: Enunciar un modelo de Producción Hospitalaria.

#### - Actividad 1: Definir un Modelo de Producción

Se debe comenzar por la definición de modelo que anteriormente se dijo que es “*Una réplica o generalización de las características esenciales de un proceso*”. El o los procesos que se desea analizar son los Procesos de Apoyo Clínico y los Procesos Clínicos:

- Atención abierta (especialidades)
- Atención cerrada (hospitalización)
- Hospitalización domiciliaria
- Atención de Urgencias
- Procesos de Procedimientos
- Procesos de Terapia
- Procesos de Diagnóstico

destacando que para efectos tan solo del diagrama no se tomarán los Procesos de Apoyo Logístico que si bien son Procesos asociados a la operación no se contemplan dado que no generan producción directa hacia el paciente.

El alcance del modelo a desarrollar se identificará como para la aplicación en cualquier hospital genérico. El desarrollo del diagrama se basó en entrevistas a profesionales de tres importantes Hospitales Públicos del país.

El diagrama de producción brinda las relaciones entre los diferentes procesos nombrados anteriormente, dando las posibles entradas como la dirección de las salidas que el proceso tenga al efectuarse.

- Actividad 2: Describir el Mapa de Procesos Productivos.

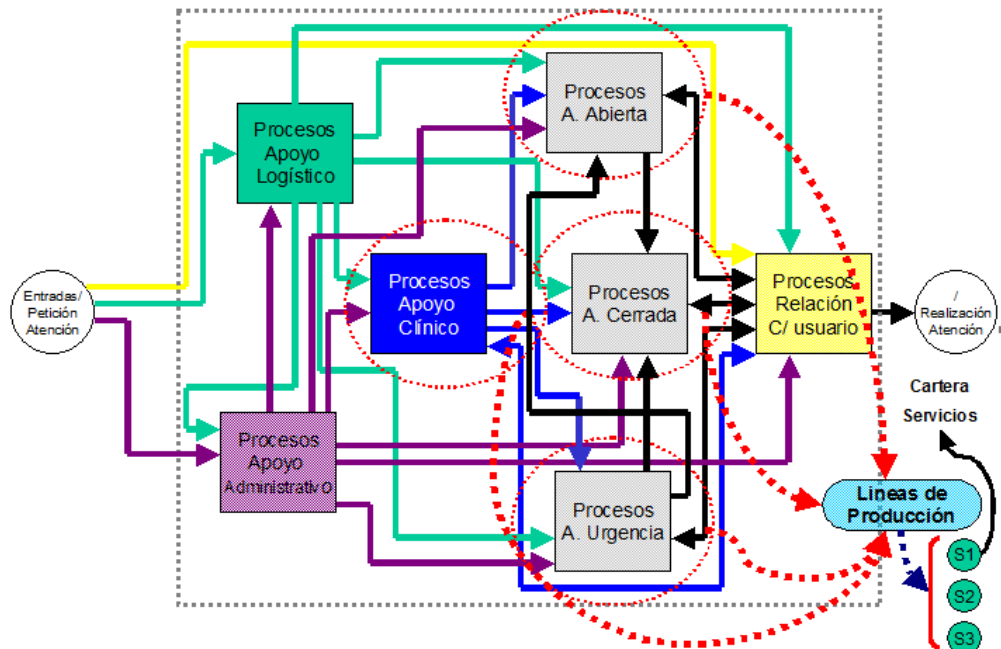
Para el desarrollo del diagrama de producción hospitalaria se utilizaron distintas figuras estandarizadas. Cabe destacar que si bien este diagrama fue realizado con algunas figuras que obedecen estándares BPMN, no corresponde a un proceso propiamente tal, sino que sólo explica el flujo de los pacientes a través de cada sección de un hospital genérico. Además, el estándar BPMN sólo es aplicable a procesos de negocios, por lo que no es aplicable a este ejemplo.

La notación vista en el diagrama, sólo corresponde a elementos de flujo básicos en donde se identifican cinco elementos que se describen en el Anexo 1.

Ahora bien, para el desarrollo del diagrama de producción es necesario conocer el Macro Proceso Operacional. Es por aquí donde ingresan todos los recursos de la organización y se le realizan las actividades de transformación, dando origen a un resultado final, que en el caso de un Hospital, corresponde a la realización de las prestaciones de salud.

Esta cadena, está compuesta por distintos macro procesos agrupados según la naturaleza de sus funciones, los insumos utilizados y el producto entregado; integrando todo un proceso productivo de una organización.

Así es como se logra llegar al Modelo de organización en base a procesos, que en este caso corresponde al Modelo de Producción Hospitalario; el cual cuenta con una entrada llamada insumo, brindada por un proveedor y una salida, que es un producto terminado hacia el cliente. Este producto terminado es una prestación dentro de la cartera de servicios. Todo lo anterior se ve inmerso en un medio externo que influye en el desarrollo del proceso. Según Arriola (2007) el nivel de producción de un establecimiento de salud es el resultado de los procesos de producción de éste, cuyas líneas y servicios están expresados y definidos en la cartera de servicios del mismo. Lo anterior se puede explicar en función del diagrama de la *Figura 3.5*.



*Figura 3.5: Proceos para la producción de la cartera de servicios de un centro de salud*

Fuente: (Arriola, 2007)

En la *Figura 3.5* se puede apreciar que el flujo se inicia con una petición de atención y finaliza con una atención realizada, la que está en función de la cartera de servicios.

Los procesos involucrados en la producción de la cartera de servicios son:

**Procesos de Relación con el Usuario:** Corresponden a las actividades de relación con los usuarios, la disponibilidad de los servicios de la cartera definida por el establecimiento, la atención, la accesibilidad, agilidad de la respuesta, requerimientos de orientación e información, comunicación de los servicios y prestaciones del establecimiento, la gestión de la agenda asistencial, de la ficha clínica, la gestión de la admisión y recepción, la gestión de la satisfacción y gestión de los deberes y derechos del usuario, los traslados desde otros establecimientos, las altas y los traslados hacia otros dispositivos en coordinación con la red asistencial, la gestión de los traslados intrahospitalarios, la gestión de la recaudación, la atención de los reclamos y sugerencias de los usuarios y la búsqueda de soluciones, la gestión de apoyo social, apoyo psicológico y espiritual al usuario y su familia (Gonzales & Espinoza, 2009).

**Procesos de Apoyo Logístico.** Corresponden a la realización de las actividades de gestión del flujo de materiales, suministros, insumos y servicios de apoyo en una organización, es decir, todas aquellas actividades que involucran el movimiento de materias primas, materiales y otros insumos, forman parte de los procesos logísticos, al igual que todas aquellas actividades que ofrecen un soporte adecuado para la transformación de dichos elementos en productos terminados: las adquisiciones, el almacenamiento, la administración de los inventarios, el mantenimiento de las instalaciones y equipamiento, la seguridad y los servicios de planta o edificio, suministros de agua, gas, electricidad, combustibles, aire comprimido, vapor, etc. El proceso de apoyo logístico se relaciona con la administración del flujo de bienes y servicios, desde la adquisición de las materias primas e insumos en su punto de origen, hasta la entrega del producto terminado en el punto de consumo. Este proceso desde una perspectiva sistémica está constituido por tres sub-procesos:

- **El proceso de gestión del abastecimiento:** Gestión de materiales, suministros, insumos y servicios de apoyo, es la relación entre la organización y sus proveedores. Este proceso agrupa las actividades de compras, recepción, almacenamiento y administración de inventarios, e incluye actividades relacionadas con la búsqueda, selección, registro y seguimiento de los proveedores.
- **El proceso de gestión del soporte físico:** Relación entre el soporte físico de una organización, comprende las actividades de mantenimiento y los servicios de planta o edificio como suministro de agua, electricidad, combustibles, gases, etc., conocidos como servicios generales, como así también la seguridad industrial y el cuidado del medio ambiente.
- **El proceso de gestión de la distribución:** Relación entre la organización y sus usuarios (clientes), comprende las actividades de despacho y distribución de los productos y/o servicios a las distintas áreas, constituyendo un nexo entre las funciones y procesos de producción y de comercialización (Gonzales & Espinoza, 2009).

Los Procesos de Apoyo Logístico, atienden las necesidades de producción de los Procesos Clínicos y de Apoyo Clínico. En el marco de las operaciones del establecimiento, los Procesos de Apoyo Logístico se diferencian de los Procesos de Apoyo Clínico, en que no requieren que las actividades de transformación se realicen sobre el usuario (paciente). En esta clasificación se encuentran procesos tales como la vigilancia, limpieza, mantenimiento, movilización, alimentación, esterilización, lavandería, abastecimiento de fármacos, prótesis e insumos etc. (Gonzales & Espinoza, 2009)

Es necesario tener presente que el Proceso de Alimentación, se considera como Apoyo Logístico cuando se refiere a la provisión de raciones y se considera Proceso de Apoyo Clínico cuando se refiere a las indicaciones nutricionales. En el caso de farmacia, se considera como Proceso Logístico cuando se refiere al abastecimiento de fármacos e insumos y no al proceso de asesoría

farmacoterapéutica que responde a un proceso de Apoyo Clínico. En definitiva en estos casos las unidades pueden administrar y realizar ambas funciones, dependiendo de la definición de cada organización sanitaria (Gonzales & Espinoza, 2009).

**Procesos de Apoyo Administrativo:** Corresponden a todas aquellas actividades que proveen servicios de apoyo y que no participan en el proceso operacional de la organización y no tienen relación directa con el usuario. Son las actividades de soporte necesarias para que el establecimiento pueda cumplir su propósito. En este marco se encuentran los procesos de gestión financiera, de desarrollo y gestión de las personas, de gestión de la información, de gestión estratégica, de gestión e incorporación de tecnología y en general todos aquellos procesos que son necesarios para entregar servicios de apoyo requeridos por los Procesos Clínicos, de Relación con el Usuario, de Apoyo Clínico y Logístico (Gonzales & Espinoza, 2009).

**Procesos Clínicos:** Corresponden a las actividades que conforman los procesos que proveen los servicios finales de los procesos de producción del establecimiento y que representan el propósito de éste. Los servicios finales del establecimiento son la Atención Abierta y Cerrada, es decir, aquellas actividades que dicen relación con el diagnóstico clínico, indicaciones terapéuticas e indicaciones de los cuidados.

Se distinguen tres procesos: Proceso de Atención Abierta, Proceso de Atención Cerrada y Proceso de Atención de Urgencia (Gonzales & Espinoza, 2009).

- **Proceso de atención abierta:** Atención médica y/o clínica con carácter ambulatorio, cuyos procedimientos son de mediana y baja complejidad y las atenciones a los clientes están, en su mayoría, programadas con antelación.
- **Proceso de atención cerrada:** En este proceso están comprendidas todas las atenciones médicas y/o clínicas que producto de su complejidad necesitan la hospitalización del cliente.
- **Proceso de atención de urgencia:** Proceso que, independiente de su grado de complejidad, involucra atención inmediata. En este caso y según la gravedad de los pacientes son derivados a servicios de Atención Abierta o Cerrada (Gonzales & Espinoza, 2009).

**Procesos de Apoyo Clínico:** Conjunto de actividades que son parte del proceso productivo y cuyos productos se requieren como insumos para la provisión de la Atención Abierta y Cerrada, que se entregan a los usuarios del establecimiento. Se diferencian de los Procesos de Apoyo Logístico porque en la realización de sus actividades se efectúan sobre o a partir del paciente, el que participa directamente o de alguna forma en el proceso, dicho de otro modo, requieren necesariamente de la participación del usuario o paciente para la producción del servicio. Sin la participación del paciente en forma directa o bien a través de la provisión de algún insumo que no es factible obtener, sino que a través de él, no sería posible efectuar el proceso de producción de Apoyo Clínico (Gonzales & Espinoza, 2009).

Por lo tanto, a raíz de las definiciones entregadas anteriormente se puede inferir que los principales procesos productivos de un Hospital son los Procesos de Atención Abierta (Atención electiva), los Procesos de Atención Cerrada (Hospitalización), los Procesos de Atención de Urgencia y los Procesos de Apoyo Clínico (Procesos de Terapia, de Diagnóstico y de Procedimiento), dado que estos brindan distintas líneas de producción que son percibidas por el paciente.

Los procesos de Apoyo Logístico, no serán considerados para el desarrollo del diagrama de procesos productivos dado que sólo entrega insumos a los Procesos Clínicos y de Apoyo Clínico y estos entregan familias de actividades que un paciente busca al recurrir a un recinto hospitalario.

Los Procesos de Apoyo Administrativo y los Procesos de Relación con el Usuario no representan Procesos de Producción, sino más bien representan Procesos Comerciales, ya que tienen por objetivo proporcionar a la organización los materiales y servicios necesarios para satisfacer en cantidad, calidad, oportunidad y lugar adecuados a las exigencias de la organización, es decir, su función básica consiste en suministrar los artículos necesarios para equipar, sostener y permitir operar a la organización (Gonzales & Espinoza, 2009).

En la *Tabla 3.5* se puede identificar un breve resumen de lo explicado anteriormente.

Tipo de Macro proceso	Identificación	Descomposición
<b>Macro proceso Final</b>	Satisface las necesidades del cliente final, y cumple directamente la misión de la organización.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Procesos clínicos</li> <li>✓ Procesos de Apoyo Clínico</li> <li>✓ Proceso de Gestión con el Usuario</li> <li>✓ Procesos de Apoyo Logístico</li> </ul>
<b>Macro proceso de Apoyo o de Soporte</b>	Son servicios internos de la organización y satisfacen necesidades de los clientes internos de esta, con el fin de facilitar o permitir la realización del Macro proceso final.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Procesos de Apoyo Administrativo</li> </ul>

*Tabla 3.5: Definición y clasificación de los Macro procesos. (Arriola, 2012b)*

*Fuente: Elaboración propia*

En resumen, los Procesos Administrativos facilitan la entrega de los Procesos de Producción, por lo que no serán tomados en cuenta en este trabajo, salvo los procesos de Apoyo Logístico; Los Procesos de Apoyo Clínico, si bien son considerados como Procesos Productivos, brindan apoyo a los Procesos Clínicos; y por último, los Procesos Clínicos, se encargan de desarrollar los servicios finales (prestaciones de salud) y determinan el nivel de producción del establecimiento a partir de la llamada cartera de servicios.

- Actividad 3: Describir los elementos del Modelo de Producción
- El diagrama comprende principalmente inicio y finalización del proceso y las actividades como:
- **Atención abierta electiva (especialidades):** Atención médica y/o clínica con carácter ambulatorio, cuyos procedimientos son de mediana y baja complejidad y las atenciones a los clientes están, en su mayoría programadas con antelación (García & Maheut, 2011).
  - **Atención abierta urgencias:** Es la atención médica de emergencia a la que acude un paciente cuando necesita de atención médica inmediata, independiente de la complejidad (García, Baesler, Rodríguez, & Pezo, 2003).
  - **Atención cerrada:** Se refiere a toda aquella prestación que implique la hospitalización del paciente (Ministerio de Salud, 2009).
  - **Segunda consulta:** Consulta abierta electiva de otra especialidad a la que se llegó como primera consulta.
  - **Procesos de Apoyo Clínico:** Actividades que se incluyen como procesos productivos y que a su vez se requieren para proveer atención abierta o cerrada, los cuales se clasifican en

Procesos de Apoyo Diagnóstico, Procesos de Apoyo de Procedimientos y Procesos de Apoyo Terapéutico (García & Maheut, 2011).

- **Procesos de Apoyo Diagnóstico:** Toda aquella actividad que constituya un apoyo al diagnóstico del paciente, como por ejemplo un examen de laboratorio o de imagenología.
- **Procesos de Apoyo de Procedimientos:** Actividades requeridas para obtener información y posteriormente diagnosticar, o para solucionar algún problema de salud del paciente.
- **Procesos de Apoyo Terapéutico:** Actividades que posibilitan la curación o el alivio de las enfermedades o síntomas que alguna dolencia provoca.
- **Hospitalización Domiciliaria:** En caso que el médico tratante del paciente lo indique, el paciente podrá ser hospitalizado en su propia casa, contando con el personal y los insumos del mismo hospital. El cuidado del paciente en el hogar contará con un tratamiento de igual intensidad y duración que en el hospital y sólo pretende dar comodidad al paciente y/o descongestionar la hospitalización del centro asistencial de salud (Marrades, 2001).

Estos elementos descritos son las familias de actividades principales en la producción de la cartera de servicios de un hospital genérico. Sus relaciones están descritas en el diagrama de procesos productivos hospitalarios. La combinación de estos procesos permite realizar una atención integral a cualquier paciente que requiera atención en un centro de salud.

### 3.3.3 Objetivo 3: Validar el Modelo de Producción Hospitalario.

- Actividad 1: Estudiar las metodologías de investigación

En esta actividad se desarrolló un estudio del libro “Metodologías de Investigación” de los autores Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio. Se seleccionó este documento dado que este da las directrices a seguir para realizar una investigación y además es uno de los libros sobre metodología de investigación más utilizados en el desarrollo de trabajos de título.

La finalidad del desarrollo de una metodología de investigación básicamente obedece a que se requiere una manera sistemática, controlada y crítica para llevar a cabo la investigación. Además las ideas iniciales en una investigación son normalmente imprecisas por lo que es necesario un método que ayude a precisarlas y estructurarlas.

Un resumen de esta metodología se puede ver en el *Anexo 2*, la que se describe por componentes en la Figura 3.6.

**Figura 3.6:** Componentes de la metodología estudiada.

Fuente: *Elaboración propia, basado en Metodologías de Investigación* (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2010)

Enfoque de la Investigación	Alcance de la Investigación	Diseño de investigación	Tipo de muestreo	Técnicas de recolección de datos
<ul style="list-style-type: none"><li>• Cualitativo</li><li>• Cuantitativo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Exploratorio</li><li>• Descriptivo</li><li>• Correlacional</li><li>• Explicativo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cualitativo</li><li>• Experimental</li><li>• No experimental</li><li>• Estudio de casos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Probabilístico</li><li>• No probabilístico</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Encuesta</li><li>• Entrevista</li><li>• Observación</li><li>• Grupo Focal</li></ul>

El estudio del documento “Metodologías de Investigación” brindó las herramientas necesarias para realizar la investigación deseada sobre las relaciones y productos de los Procesos Productivos

Hospitalarios. A través de esto será posible desarrollar un diagrama de estos Procesos Productivos. En el Anexo 3, se presenta un resumen de las diferentes tablas con respecto a la metodología estudiada (Stubing, 2014).

- Actividad 2: Seleccionar la metodología de investigación

Posteriormente se seleccionó la metodología que se utilizará para validar la propuesta de modelo de producción, es por esto que se seleccionaron los componentes expuestos en la Tabla 3.6.

El detalle de esto se puede ver en el Anexo 4 en donde se describen los criterios definidos para la selección de cada componente, su análisis y la alternativa seleccionada para cada uno.

Componente	
Enfoque de la investigación	Enfoque cualitativo
Alcance de la investigación	Alcance exploratorio
Diseño de la Investigación	Estudio de Casos
Tipo de muestreo	Muestreo por conveniencia Muestreo por expertos
Técnica de recolección de datos	Entrevista semi-estructurada
Instrumento de recolección de datos	Guía de entrevistas

*Tabla 3.6 : Selección de los componentes de la metodología de investigación.*

*Fuente: Elaboración propia*

- Actividad 3: Aplicar la metodología de investigación seleccionada

En esta actividad se describe el desarrollo de la selección descrita en la Actividad 2. La selección del enfoque de la investigación se definió como cualitativo, y el alcance de la investigación es exploratorio, los otros tres parámetros (diseño de la investigación, tipo de muestreo y la técnica de recolección de datos) se definen a continuación:

- a. **Definición de Estudio de Casos:** El estudio se basó en profesionales de dos Hospitales públicos chilenos:
  - Complejo Asistencial Sotero del Rio
  - Hospital Carlos Van Buren
- b. **Definición del tipo de muestreo:** La muestra se definió por conveniencia y por expertos, por lo tanto se consideraron cuatro profesionales pertenecientes a dos hospitales públicos chilenos, los que conocen las actividades internas hospitalarias. Estos profesionales se definen en la Tabla 3.7.

Nombre de la Persona	Profesión	Función relacionada con Hospitales Públicos
Katia Núñez	Ingeniero Comercial y Matrona	Jefe de Planificación y Desarrollo del Hospital Sotero del Rio
Guillermo Pardo	Médico Cirujano	Jefe de la Unidad de Emergencia Infantil del Hospital Carlos Van Buren, Valparaíso

*Tabla 3.7: Profesionales entrevistados para la investigación.*

*Fuente: Elaboración propia.*

<b>Kathy Yunisi</b>	Enfermera	Subdirectora de Gestión del Cuidado del Hospital Carlos Van Buren
<b>Bélgica Cansino</b>	Enfermera	Encargada de Enfermería Domiciliara del Hospital Carlos Van Buren

- c. **Instrumento de recolección de datos:** El instrumento de recolección de datos es el eje fundamental de la investigación, por lo que debe ser desarrollado cuidadosamente, para obtener la información adecuada. En nuestro caso es una Guía de Entrevista la que es breve y precisa en sus preguntas. La o las preguntas deben ser lo suficientemente amplias para que el entrevistado de toda la información necesaria pero a su vez debe ser preguntas acotadas para que no integren información innecesaria a la entrevista.

Las preguntas fueron desarrolladas para alcanzar el Objetivo 2, es decir, para lograr desarrollar un diagrama de secuencia de Procesos Productivos Hospitalarios. Se debe mencionar que la primera entrevista realizada con Katia Núñez se lograron establecer las primeras relaciones entre los procesos productivos de un hospital, para luego ser validado con el resto de los entrevistados, ya que las preguntas se hicieron con el fin de desarrollar un diagrama de los procesos productivos y así llevar la teoría a una representación más fidedigna del flujo de pacientes de un Hospital.

La Guía de Entrevista se estructuró en tres partes:

- Explicación del diagrama a grandes rasgos para que no fuera confundido con diagrama de procesos.
- Realización de preguntas: ¿El presente diagrama es para usted representativo del proceso productivo de un hospital genérico?
- De no ser así ¿Qué cambios le incorporaría para que sea representativo del funcionamiento de los hospitales chilenos?

Si al momento de presentar el diagrama el profesional no estaba conforme, se realizaban las correcciones con la información obtenida de las preguntas que se señalaron anteriormente.

#### 3.3.4 Objetivo 4: Proponer las etapas para la construcción de un Modelo Matemático de Optimización

- Actividad 1: Enunciar los pasos desarrollados en el estudio bibliográfico.

En los resultados del estudio bibliográfico se detallan los pasos a seguir para enunciar un modelo de optimización. De estos hay dos grupos de pasos, los primeros son genéricos y el segundo grupo son más específicos y aplicables al desarrollo de este trabajo. El primer grupo es el especificado por Sixto Ríos en su libro "Modelización" los que consisten en:

- (1) Identificación del problema y recolección de datos
- (2) Especificación matemática y formulación del problema
- (3) Resolución
- (4) Verificación, Validación y Rendimiento
- (5) Análisis e interpretación de resultados
- (6) Implementación documentación y mantenimiento

Este primer grupo de pasos fueron seleccionados a través de una investigación bibliográfica previa desarrollada antes de la implementación de los productos de este trabajo.

El segundo grupo de pasos identificados son los desarrollados por Álvarez y Reinoso, los que implementan un modelo de optimización para una compañía siderúrgica, los que dicen:

- (1) Identificación del problema a optimizar
- (2) Descripción del proceso productivo
- (3) Clasificación de los productos terminados
- (4) Descripción de las limitaciones
- (5) Explicación y construcción del modelo
- (6) Resultados e implementación.

Ambos grupos de pasos se complementaron de la manera que los muestra la Figura 3.7.

Identificación del problema y recolección de datos	Especificación matemática y formulación del problema				Resolución	Verificación, Validación y Rendimiento	Análisis e interpretación de resultados	Implementación documentación y mantenimiento
Identificación del problema	Descripción del proceso Productivo	Clasificación de productos terminados	Descripción de limitaciones	Explicación y construcción del modelo	Resultados e implementación			

*Figura 3.7: Pasos a seguir en el desarrollo de un modelo de optimización basado en dos autores.*

Fuente: Elaboración propia

El motivo por el cual se seleccionaron dos autores es debido a que los pasos que entrega Sixto Ríos son los más completos que pudieron estudiarse según la bibliografía analizada. El problema de estos pasos que son demasiado genéricos y no dan una idea específica de cuáles son las tareas o actividades a seguir para desarrollar un modelo de optimización. A raíz de esta necesidad es que se seleccionaron los pasos de Álvarez y Reinoso, los que entregan información clara y detallada. Además su aplicabilidad a la industria de la siderurgia hace que la tarea de adaptarlo al ámbito hospitalario sea una tarea más sencilla.

Los pasos específicos que fueron tomados para el desarrollo del proceso de construcción fueron solo algunos de los que describe Álvarez y Reinoso los cuales son:

- (3) Clasificación de los productos terminados
- (4) Descripción de limitaciones
- (5) Explicación y construcción del modelo.

- Actividad 2: Desarrollo de los pasos para construir un modelo de optimización

El desarrollo de los pasos para construir la optimización implica la explicación de todos los pasos que se utilizaron para el desarrollo de esta investigación:

- (1) Identificación del problema a optimizar: Se identifica una carencia en un cierto sector u organización y se busca el sustento para desarrollar el modelo de optimización. En este caso el área es el sector hospitalario, y el problema que se busca ayudar a resolver es la optimización de los recursos disponibles en un hospital.
- (2) Descripción del proceso productivo: La descripción del proceso productivo es un análisis respecto al proceso que mantiene la organización para obtener un producto terminado.

Este análisis generalmente es un diagrama de un proceso con entradas y salidas de insumos, productos intermedios y finales. En el presente documento se puede ver desarrollado en el diagrama de procesos productivos hospitalarios desarrollado más adelante.

- (3) Clasificación de los productos terminados: *(Etapa que corresponde a la construcción del proceso de optimización)* La clasificación de los productos terminados es un listado de los productos de cada proceso. En este caso se puede obtener un listado de las prestaciones que puede entregar un hospital.
- (4) Descripción de las limitaciones: *(Etapa que corresponde a la construcción del proceso de optimización)* Es básicamente la descripción en prosa de las restricciones que más adelante se desarrollaran matemáticamente. Restricciones como por ejemplo, la capacidad instalada, presupuesto, horas disponibles etc.
- (5) Explicación y construcción del modelo: *(Etapa que corresponde a la construcción del proceso de optimización)* En esta etapa es donde se construye el modelo propiamente tal, es aquí donde se describen los parámetros, se construyen las restricciones matemáticamente y se determina la función objetivo.
- (6) Resultados e implementación: Los resultados y la implementación son la obtención de los datos numéricos que entregue el modelo desarrollado programado en alguna herramienta informática. para su posterior análisis. Esta etapa no fue llegada a desarrollar en el presente trabajo, por lo que queda como planteamiento para el futuro.

## 4 Resultados

En este capítulo se describen los resultados que se obtuvieron al ejecutar la metodología explicada anteriormente para resolver el problema que da sustento a este trabajo, así como los estudios desarrollados para la validación de los mismos.

### 4.1 Resultados obtenidos

#### 4.1.1 Objetivo 1: Revisar bibliografía respecto a los Modelos de Optimización y de Producción.

##### A. Modelos de Producción

Un modelo es una réplica o generalización de las características esenciales de un proceso. Muestra las relaciones entre la causa efecto y entre objetivos y restricciones. Los problemas que desafían las soluciones directas debido a su magnitud, complejidad o estructura, pueden ser evaluados con frecuencia mediante simulación con modelos. La naturaleza del problema indica cuál de los distintos tipos de modelos es el más adecuado para ser aplicado (Parra, 2011).

De acuerdo a lo propuesto en el libro "Los Modelos Productivos" (Boyer & Freyssenet, 2003) podemos analizar los componentes más importantes de los modelos productivos esto se detalla en la Tabla 4.1.

Modelos	Estrategia de	Compromiso de	Componentes del modelo			
			Política de Producto	Organización Productiva	Relación Salarial	Dinámica riesgos
Taylorista	Diversidad y	salario alto, mano de obra barata,	Productos específicos,	Procedimientos estándar y tiempos	Salario a destajo, incrementan	Incremento condicional de la

Tabla 4.1: Tabla de los modelos de producción más importantes a través de la historia

Fuente: (Boyer & Freyssenet, 2003)

	flexibilidad	métodos científicos	oferta variada, serie medida	asignados, flexibilidad de equipamientos y puestos fijos	do el 30 y el 100% si se respetan los procedimientos y tiempos	productividad
<b>Woollardista</b>	Diversidad y flexibilidad	autonomía y cualificaciones colectivas, flexibilidad, alta remuneración del capital	Productos específicos, oferta variada, series pequeña y mediana, precio remunerador	Talleres por producto o subconjunto, mecanización y sincronización de los aprovisionamientos	Autonomía de los equipos, salarios a destajo, negociado por el delegado del equipo, flexibilidad del tiempo	instauración de una dirección dual en la empresa
<b>Fondista</b>	Volumen	Acceso al consumo de masa a cambio de aceptación de la organización	producto único y estándar, disminución de los precios reales	producción integrada, continua, mecanizada, en cadencia y fraccionada en operaciones	Salario fijo, creciente, igualitario a cambio de trabajo parcelado y repetitivo	Rápida saturación del mercado emergencia de sindicatos reivindicativo
<b>Sloanista</b>	volumen y diversidad	creciente poder adquisitivo a cambio de productividad creciente	Gama jerarquizada, plataformas comunes, diversidad de superficie, numerosas opciones	Centralización estratégica y descentralización operacional, herramientas polivalentes y subcontratación	salario según puesto ocupado y polivalencia a cambio de aceptación de la organización	aparato de gestión más pesado, excesiva diversidad, canibalización de los productos
<b>Toyotista</b>	reducción permanente de los costes a volumen constante	perennidad de la empresa, del empleo de los asalariados y de los proveedores	modelos básicos equipados, calidad perceptible por el cliente	equipo de trabajo polivalente, justo a tiempo interno y externo	Garantía de empleo y de carrera a cambio de participación colectiva en la reducción de los tiempos	Límites de la aceptabilidad social y política, competencia que causa estragos en algunas situaciones

Hondista	innovación y flexibilidad	Autofinanciación, promoción individual a cambio de reactividad e iniciativa	modelos conceptualmente innovadores y específicos, anticipación de las expectativas de los clientes	líneas, máquinas y personal rápidamente reconvertibles, baja tasa de integración	reclutamiento, salario y promoción según iniciativa, pericia y reactividad	Pérdida de la renta de innovación al ser copiado rápidamente y pérdida de autonomía
----------	---------------------------	---	---	--	--	---

Por lo tanto tras el análisis anterior se concluye que el Modelo de Producción al que apunta este trabajo de título es el Modelo Matemático, dada la gran cantidad de fórmulas que se requiere utilizar en el desarrollo de la investigación.

B. Tipos de Modelos de Investigación de Operaciones.

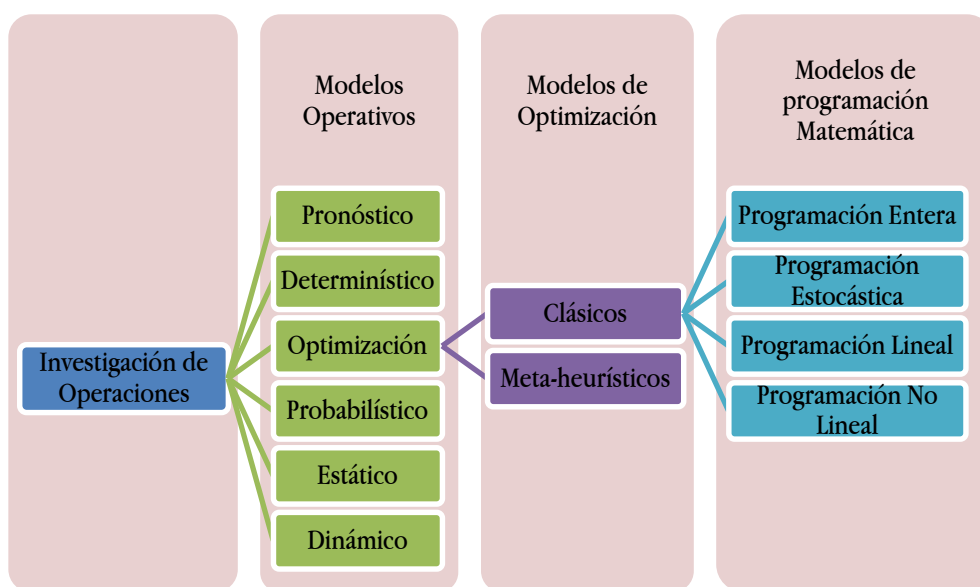
Los modelos contemplados en la Investigación de Operaciones son modelos de decisiones, estos se definen como una función objetivo con restricciones, que se expresan en términos de las alternativas de decisión del problema. Una solución a un modelo no será útil a menos que el modelo mismo ofrezca una representación adecuada de la situación de decisión verdadera.

Los tipos de Modelos de Investigación de Operaciones son muy variados y estos pueden ser:

- (1) Predictivo o de Pronóstico: Este tipo de modelos nos informan del comportamiento de la variable en un futuro. Entonces los datos que describen la situación de la decisión deben representar lo que sucederá en el futuro, es decir, los datos del pasado se combinan sistemáticamente en forma predeterminada para hacer una estimación del futuro. Por ejemplo, en el control de inventarios, las decisiones se basan en la naturaleza de la demanda del artículo controlado durante determinado horizonte de planeación. A este tipo de modelos corresponden aquellos basados en técnicas estadísticas y/o econométricas, es decir, modelos de previsión (Hamdy, 2004).
- (2) Optimización: Modelos que tratan de identificar un óptimo del problema, es decir, busca la mejor de las alternativas posibles en que cada solución y se está asociada a un determinado valor. Una de las herramientas más importantes de la optimización es la programación lineal. Un problema de programación lineal está dado por una función lineal de varias variables que debe ser optimizada (maximizada o minimizada) cumpliendo con cierto número de restricciones también lineales (Birriel, Ceriotti, & Chiriff, 2011).
- (3) Determinístico: se caracteriza por proporcionar de manera puntual la forma del resultado ya que no hay incertidumbre. Además, los datos utilizados para alimentar el modelo son completamente conocidos y determinados. Está estrechamente relacionado con la creación de entornos simulados para el estudio de situaciones hipotéticas, o para crear sistemas de gestión que permitan disminuir la incertidumbre. Se utilizan a menudo, aunque siempre para la toma de decisiones internas de una organización (Eppen, Gould, Schimidt, Moore, & Weatherford., 2000).
- (4) Probabilístico o Estocástico: Probabilístico, que no se conoce el resultado esperado, sino su probabilidad y existe por tanto incertidumbre. (Eppen, Gould, Schimidt, Moore, & Weatherford., 2000)
- (5) Estáticos: Es en donde la variable tiempo no juega un papel relevante (Hamdy, 2004).

- (6) Dinámicos: Es aquel modelo matemático en el cual la variable fundamental es la variable tiempo y al mismo tiempo es de la que dependen las restantes variables relevantes. Además la variable tiempo se considera como una variable continua (Eppen, Gould, Schmidt, Moore, & Weatherford., 2000).

Lo anterior se puede apreciar en un resumen de manera gráfica en la Figura 4.1.



**Figura 4.1:** Esquema de las directrices a seguir para el desarrollo de un modelo de optimización.

Fuente: *Elaboración Propia*

Por lo tanto, la Figura 4.1 es un resultado resumido de todos los lineamientos a seguir, en donde se muestra lo investigado desde lo macro a lo micro.

Como resultado final se obtiene el modelo de optimización a utilizar, un modelo de programación lineal.

Para poder desarrollar un modelo de optimización lineal, como se seleccionó anteriormente, se deben describir los pasos a seguir para desarrollarlo. Estos pasos son descritos por Sixto Rios en su libro “Modelización” los cuales se detallan claramente a continuación:

- (1) **Identificar el problema y recolección de datos:** recolección y análisis de la información relevante para el problema, esto incluye determinar los objetivos apropiados, las restricciones sobre lo que se puede hacer, las interrelaciones del área bajo estudio con otras áreas de la organización, los diferentes cursos de acción posibles, los límites de tiempo para tomar una decisión, etc. Este proceso de definir el problema es crucial ya que afectará en forma significativa la relevancia de las conclusiones del estudio.
- (2) **Especificación matemática y formulación del problema:** se definen las variables, ecuaciones, parámetros y función objetivo del problema de optimización, Una vez definido el problema, la siguiente etapa consiste en reformularlo de manera conveniente para su análisis. En esta etapa se debe prestar atención a la precisión en la formulación y la escritura de las ecuaciones que describen el problema.
- (3) **Resolución:** en esta etapa se trata de implementar un algoritmo de obtención de la solución numérica óptima. Este algoritmo puede ser de propósito general o específico. Pueden existir varios métodos o modelos de resolución a nuestro problema de optimización, el tiempo de resolución de un problema también puede depender de como este se encuentre

formulado. La solución debe ser suficientemente satisfactoria, esta debe ser una guía de actuación para el experto.

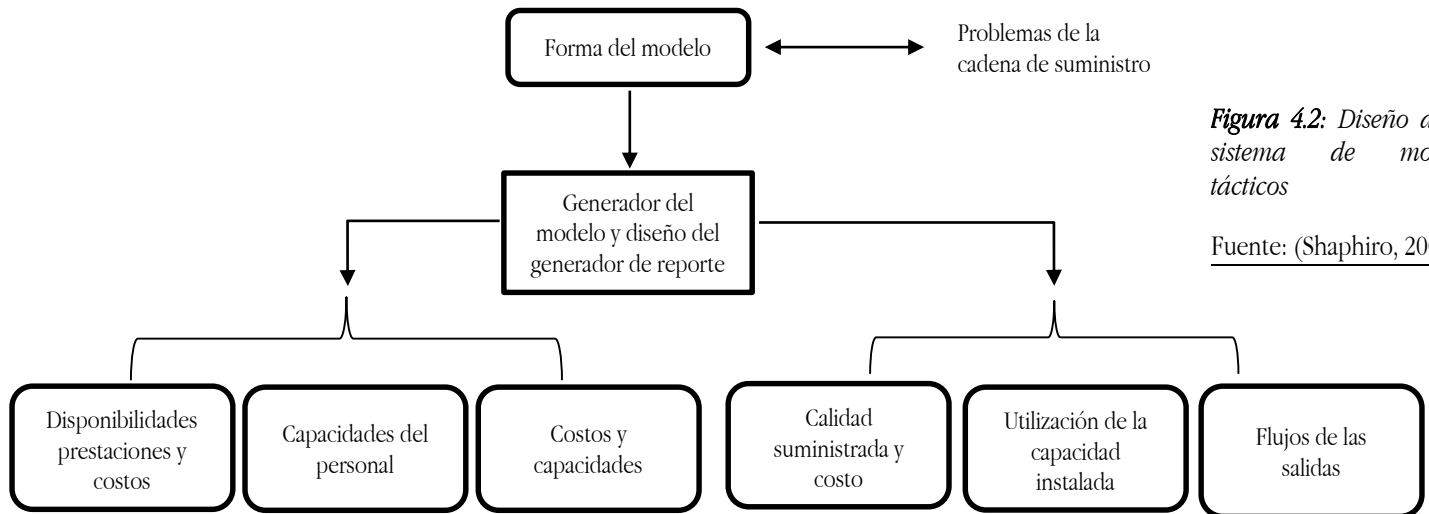
- (4) **Verificación, validación y rendimiento:** para esta etapa se debe haber eliminado los errores de codificación, el modelo consigue que se haga lo que se ha especificado matemáticamente en la etapa anterior por medio de su lenguaje informático. Se hace necesario comprobar la validez de las simplificaciones realizadas a través de los resultados obtenidos. Validando estos con situaciones reales ya ocurridas o comprobando que los resultados sean coherentes en relación a lo que sucedería en realidad.

En esta etapa de validación, comprobación y verificación es donde se ponen de manifiesto nuevas necesidades de refinamiento en el modelado para mejorar la capacidad de representación del sistema. Por ejemplo eliminar la linealidad y hacer el modelo no lineal o hacer el modelo estocástico si la realidad lo fuera.

- (5) **Análisis e interpretación de resultados:** etapa en la cual se proporcionan soluciones, nos permite conocer a cabalidad el comportamiento del modelo al hacer un análisis de sensibilidad en los parámetros de entrada, estudiar diferentes escenarios, detectar alternativas atractivas, comprobar robustez de la solución óptima.
- (6) **Implementación, documentación y mantenimiento:** esta es la etapa en que se difunde e implementa el modelo, en que se crean y aplican manuales para el usuario donde la documentación debe ser clara, precisa y completa, como especificaciones técnicas funcionales, matemáticas e informática. El propio código debe incluir una buena documentación que facilite la tarea de mantenimiento (Rios, 1995).

Los pasos explicados anteriormente son útiles al tener una mirada global en el desarrollo de un modelo de producción. Como se puede notar, el estado de este trabajo de título solo abarca hasta el paso número dos, en donde, tras haber identificado el problema que se desea atacar, se continúa con la especificación matemática y la formulación del problema. Esto último, nos indica que, si bien los pasos anteriores toman el proceso desde la formulación del problema hasta la implementación del modelo, son demasiado genéricos, y no ayudan en la tarea de dar a conocer las actividades en esta investigación. Por lo que se decidió por especificar más profundamente el paso número dos. A continuación se detalla el proceso de diseñar un sistema de optimización y los pasos a seguir para formular un modelo de optimización:

El diseño de un sistema para modelar la producción hospitalaria empieza con el proceso mental de analizar y abstraer. En la Figura 4.2 se representa los primeros pasos que se deben seguir al alinear la forma del modelo teórico con la de problemas de la producción hospitalaria del mundo real a optimizar.



**Figura 4.2:** Diseño de un sistema de modelos tácticos

Fuente: (Shaphiro, 2001)

Esta forma es una integración mental de los elementos, cuyo enfoque global es más comprensivo que cada uno de sus elementos individuales. Se forma mediante el entrenamiento académico y la práctica al aplicar modelos de optimización a la producción hospitalaria.

Luego de contemplar cuales son los problemas de interés, entonces se debe seleccionar un modelo específico de optimización para analizar estos problemas. Es de hacer notar que un modelo comprensible y específico puede y debe ser escogido para cada clase de problemas.

Cuando se tiene en mente el modelo, el siguiente paso es diseñar el modelo generador, que acepte datos del modelo de producción propuesto y los coloque correctamente en la matriz de representación del modelo. El modelo generador será dirigido por datos, por lo que, dependiendo de los datos de entrada, cada corrida con el sistema producirá una variación diferente al modelo inicial (Shaphiro, 2001).

Cada uno de los conjuntos de entrada del modelo de producción corresponderá a un componente de la producción hospitalaria que se está modelando. Estos conjuntos de datos caen en dos categorías. Primero la decisiones de los procesos hospitalarios que contienen un conjunto de datos estructurales, que definen los procesos productivos. Se incluyen los siguientes (Shaphiro, 2001):

- Insumos
- Soporte físicos
- Recursos humanos

Las operaciones en cada servicio deben incluir procesos múltiples o etapas. Cada proceso debe corresponder a los procedimientos de transformación múltiple y deben consumir escasos recursos que son compartidos en los diferentes procesos.

Segundo, las decisiones de los procesos productivos contienen conjuntos de archivos de datos numéricos asociados a estas estructuras. Cada conjunto numérico corresponde a un escenario. Se incluyen los siguientes (Shaphiro, 2001):

- Las cantidades de materias primas disponibles y sus respectivos costos.
- Inversión y costos indirectos de adquirir y operar las instalaciones.
- Capacidad de rendimiento asociado a las instalaciones.
- Cantidades de productos de entrada y salida asociados a las operaciones de los procedimientos para las transformaciones.
- Costos y capacidades asociados a los procesos y recursos consumidos por los procesos.

Además se puede agregar que para la construcción de un modelo de optimización hospitalario enfocado a la producción, se pueden identificar los siguientes pasos (Alvarez & Reinoso, 2009):

- (1) Descripción del proceso productivo
- (2) Clasificación de los productos terminados
- (3) Descripción de las limitaciones
- (4) Explicación y construcción del modelo (Parámetros, Función objetivo, restricciones)
- (5) Resultados.

Estos pasos profundizan la segunda etapa que identifica Ríos para la construcción de un modelo matemático: “Especificación matemática y formulación del problema”, es decir, los 5 pasos anteriormente nombrados son subetapas en el desarrollo del modelo matemático.

Tras conocer lo anterior se deben entonces definir las directrices de la planificación para desarrollar el modelo, las que son algunas preguntas que se describen en la Tabla 4.2.

Acotación del objetivo:	Definición del objetivo
<p>¿Para qué optimizar?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para maximizar los resultados (producción) Manteniendo los recursos</li> <li>• Para minimizar los costos (recursos)manteniendo los resultados (producción)</li> </ul>	<p>¿Qué vamos a optimizar?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recursos hospitalarios.</li> </ul>
<p>¿Qué producto queremos obtener?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Productos o recursos optimizados.</li> </ul>	<p>¿Cómo vamos a Optimizar?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se optimizara por medio de modelos matemáticos que brinden las herramientas necesarias para tal efecto.</li> </ul>
<p>¿Qué utilidad tendrá?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyar la toma de decisiones y la planificación hospitalaria, lo que brindara un mejor servicio de calidad en hospitales</li> </ul>	
<p>¿Para quién más podría ser útil?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para los tomadores de decisiones de las instituciones de salud.</li> </ul>	

**Tabla 4.2:** Planificación de directrices a seguir antes de crear un modelo.

*Fuente: elaboración propia.*

Teniendo las directrices a seguir para desarrollar un modelo de optimización, el tipo de modelo seleccionado y claro los objetivos y necesidades, entonces, se procede por definir lo que se optimizará, es decir, la asignación de recursos hospitalarios, tema que se desarrolla a continuación.

#### 4.1.2 Objetivo 2: Enunciar un modelo de Producción Hospitalaria.

De los estudios e investigaciones realizados cuya explicación se ha realizado en secciones anteriores de este documento, se ha identificado el diagrama de procesos de producción hospitalario, el cual fue construido a partir del marco teórico y de los resultados obtenidos del desarrollo de la implementación de este trabajo.

En la *Figura 4.3* se muestra la diagramación del proceso de atención de un paciente: su llegada y los distintos pasos por el hospital según se requieran para su tratamiento.

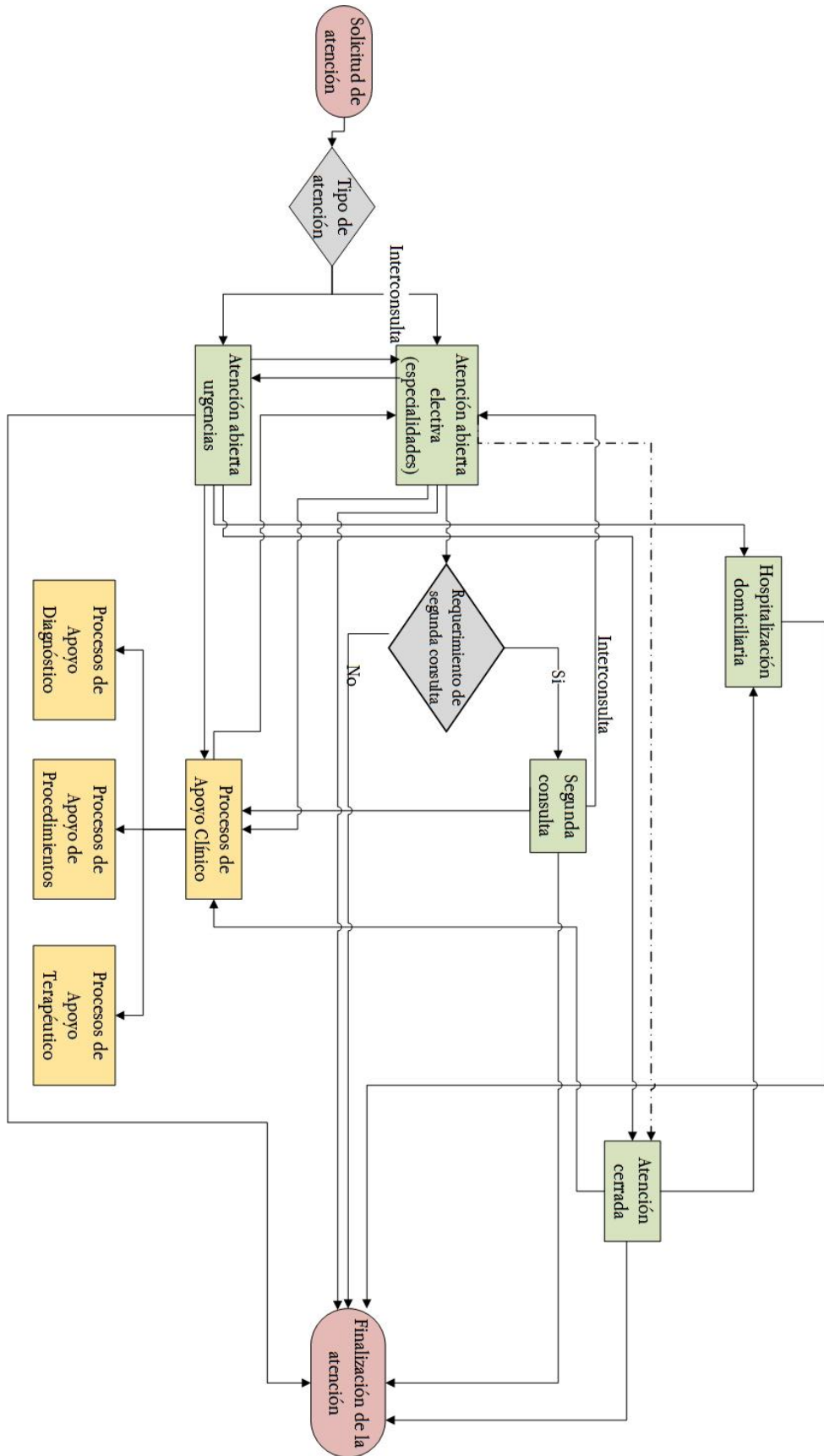


Figura 4.3: Modelo de producción hospitalaria

Fuente: Elaboración propia.

La *Figura 4.3* es finalmente, el diagrama de producción de un hospital.

Los óvalos presentes en el diagrama demuestran dos acciones:

- El comienzo al diagrama con la leyenda “Solicitud de atención”: este, así como lo indica su nombre, representa la necesidad de atención de un paciente, quien se acerca a un centro asistencial de salud, requiriendo atención médica.
- El término del proceso como lo indica la leyenda “Finalización de la atención”: sólo representa el término del proceso o el final de la atención en el hospital, es decir, que el proceso no requiere del consumo de insumos del establecimiento.

En el diagrama también pueden observarse nueve rectángulos, que se especificaron en la metodología de este documento los cuales son:

- Atención abierta electiva (especialidades)
- Atención abierta urgencias
- Atención cerrada
- Segunda consulta
- Procesos de Apoyo Clínico (Diagnóstico, Procedimiento, Terapia)
- Procesos de Apoyo Diagnóstico
- Procesos de Apoyo de Procedimientos
- Procesos de Apoyo Terapéutico
- Hospitalización Domiciliaria

En primer lugar el esquema muestra que el inicio se da a través de:

- Una solicitud de atención por parte del paciente: este puede llegar al centro de especialidades en busca de atención la que sólo puede generarse mediante una interconsulta
- Una urgencia: la que puede ser espontáneamente o por una derivación.

En la atención abierta electiva de especialidades, la llegada del paciente hacia la atención abierta no puede ser espontánea ya que este solo llega por derivación de igual o menor complejidad o por APS. Posteriormente las posibles salidas que puede tener el paciente de la Atención Abierta Electiva son:

- La finalización de la atención: es decir, una alta médica, derivación a otro centro, o deceso del paciente.
- Otro caso es que el paciente sea enviado a hospitalización, la que en lo concreto no se desarrolla así dado que si requiere hospitalización y no es de urgencias pasa a una lista de espera en donde es priorizado por un médico entre otras actividades.
- Si el requerimiento de atención implica la descompensación del paciente, este es derivado a la unidad de urgencias.
- En otro caso puede desarrollarse una derivación a una segunda consulta. Esto será evaluado por el médico y, de no ser necesario, se le dará el alta médica y se finalizará la atención.
- Otra posibilidad es que el paciente requiera de alguno de los Procesos de Apoyo Clínico como apoyo al diagnóstico o al tratamiento de la enfermedad; o que el caso del paciente requiera de cuidados de urgencia y sea derivado a esta unidad como se describía.

Si el paciente llegase a requerir de una segunda consulta, tras esta, el médico podrá indicar:

- Una finalización de la consulta,
- Algún tipo de Proceso de Apoyo Clínico
- Derivar al paciente, mediante una interconsulta, a la Atención abierta electiva.

Cabe destacar que los pacientes nuevos deben dirigirse a la atención abierta, mientras tanto los pacientes controlados (o antiguos) requerirán segunda consulta.

En el caso de que el paciente llegue al hospital necesitando de atención médica de urgencias, se le dará la atención requerida y podrá:

- Obtener una finalización de su atención
- Que su dolencia o enfermedad requiera de alguno de los Procesos de Apoyo Clínico.
- Que el médico tratante indique que el paciente requiera de una hospitalización o, en ciertos casos, una hospitalización domiciliaria.

El paciente que llegue a la unidad de urgencia será por consulta espontánea o por derivación de otro establecimiento.

Al concluir la hospitalización del paciente, puede ocurrir lo siguiente:

- Finalice su atención por medio de una derivación a otro centro, o ser dado de alta.
- Requiera de algún Proceso de Apoyo Clínico para el tratamiento y/o el diagnóstico de la dolencia del paciente hospitalizado. Pudiendo de estos mismos, requerir de una Atención de especialidad.
- Requiera de una segunda consulta, o una consulta de especialidad. En este caso (estando el paciente hospitalizado) se considera como del servicio de hospitalización y no como una consulta a la atención abierta, dado que se considera como un proceso interno del mismo servicio.
- Por temas de espacio o de que las circunstancias lo ameriten según el médico tratante, se derive a una hospitalización domiciliaria, y de esta hospitalización domiciliaria, puede que también ocurra una finalización de la atención.

La finalización del servicio puede ser:

- Con el problema resuelto: es decir, con el problema que acercó al paciente al hospital, solucionado.
- Sin el problema resuelto: es decir, que sea devuelto al hospital de origen o se derive a otro centro.

Si se produce un deceso del paciente en cualquiera de las etapas, será considerado como una finalización de la atención.

La finalidad del desarrollo de este diagrama de producción es debido a que se desea ser consistente con los pasos del desarrollo de un modelo de optimización. Por lo tanto se requiere conocer el diagrama de procesos productivos, para identificar los productos finales e intermedios que se obtengan de cada relación, y con esto poder identificar los requerimientos y restricciones que influyen en el proceso de producción de dichos productos.

#### 4.1.3 Objetivo 3: Validar el Modelo de Producción Hospitalario.

El resultado de este objetivo, puede verse desarrollado más adelante en la sección de “Estudios de Validación de la propuesta”. En él se detallan los resultados de la metodología de investigación utilizada como herramienta para la validación del diagrama de procesos productivos hospitalarios. Se detalla la entrevista realizada, a los profesionales que se les aplicó, las correcciones de éstos y los lugares y cargos de cada uno.

#### 4.1.4 Objetivo 4: Proponer las etapas para la construcción de un Modelo Matemático de Optimización

La presentación de los resultados de este objetivo está dividida en 3 partes:

- (1) Clasificación de los productos terminados
- (2) Descripción de las restricciones del modelo
- (3) Explicación y construcción del modelo matemático

(1) Clasificación de los productos de los Procesos de Apoyo Clínico y de los Procesos Clínicos  
Tras conocer el diagrama de producción de un hospital, es necesario identificar las salidas o productos.

Es importante mencionar que según el autor que identifica los pasos a seguir para desarrollar un modelo matemático (Alvarez & Reinoso, 2009), la clasificación debe realizarse en productos intermedios y productos finales, pero para el propósito de este trabajo es necesario adaptarlo a productos de Apoyo Clínico y Productos Clínicos. Los Productos Clínicos se presentan en la Tabla 4.3 y los Productos de Apoyo Clínico en la Tabla 4.4.

Se habla de Producto genérico a la clasificación del producto que se obtendrá; el Subproducto genérico, hace referencia a las familias de actividades, exámenes o procedimientos; y por último el Producto específico se refiere a los productos obtenidos directamente por el paciente, siendo estos los exámenes, procedimientos o tratamientos propiamente tal.

Producto genérico	Subproducto genérico	Producto específico
Urgencia		
Consulta de especialidad	Adulto Medicina	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Broncopulmonar</li> <li>- Cardiología</li> <li>- Endocrinología</li> <li>- Gastroenterología</li> <li>- Hematología</li> <li>- Medicina interna (indif.)</li> <li>- Medicina Física</li> <li>- Nefrología</li> <li>- Oncología</li> <li>- Reumatología</li> </ul>
	Adulto Cirugía	<ul style="list-style-type: none"> <li>- General</li> <li>- Neurocirugía</li> </ul>
	Adulto Otras espec.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dermatología</li> <li>- Neurología</li> <li>- Oftalmología</li> <li>- Otorrinolaringología</li> <li>- Patología mamaria</li> <li>- Traumatología</li> <li>- Urología</li> </ul>
	Infantil Pediatría	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Broncopulmonar</li> <li>- Cardiología</li> <li>- Endocrinología</li> <li>- Gastroenterología</li> <li>- Hematología</li> <li>- Pediatría</li> </ul>
	Infantil Cirugía	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cirugía</li> <li>- Neurocirugía</li> </ul>
	Infantil Otras	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dermatología</li> <li>- Genética</li> <li>- Nefrología</li> <li>- Ginecología</li> <li>- Neonatología</li> <li>- Neurología</li> <li>- Oftalmología</li> <li>- Oncología</li> </ul>

**Tabla 4.3:** Cartera de servicios de los Procesos Clínicos (productos finales)

Fuente: Elaboración propia basado de Guía Metodológica para Estudios de Preinversión Hospitalario (Ministerio de Salud, 2001)

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Otorrinolaringología</li> <li>- Psiquiatría</li> <li>- Reumatología</li> <li>- Traumatología</li> <li>- Urología</li> </ul>
	Mujer Ginec. y Obstetricia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ginecología</li> <li>- Obstetricia</li> </ul>
Hospitalización	Hospitalaria	
	Domiciliaria	

Producto genérico	Subproducto genérico	Producto específico
Diagnóstico	Laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioquímicos</li> <li>- Dep, exud, sec y otros liq.</li> <li>- Genética</li> <li>- Hematología</li> <li>- Hormonas</li> <li>- Inmunología</li> <li>- Microbiología</li> <li>- Orina</li> </ul>
	Imagenología	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ultrasonografía</li> <li>- Radiología compleja</li> <li>- Radiología simple</li> <li>- TAC</li> </ul>
	Anatomía Patológica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Citodiag. Corriente</li> <li>- Est, hist, con mic elec.</li> <li>- Est, hist con tec histoquim</li> <li>- Necropsia</li> </ul>
Terapéutico	Banco de Sangre y UMT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transfusiones</li> <li>- Diálisis</li> </ul>
	Medicina Física y Rehabilitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kinesioterapia</li> <li>- Terapia Ocupacional</li> </ul>
Procedimientos	Broncopulmonar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colocación y lectura ppd</li> <li>- Eosinofilia</li> <li>- Espirometría</li> <li>- Est. de difusión de gases</li> <li>- Fibrobroncoscopia</li> <li>- Inmunoterapia</li> <li>- Test cutáneo</li> <li>- Test de provoc. bronquial</li> </ul>
	Cardiología	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Angioplastia</li> <li>- Aortografía</li> <li>- Arterografía</li> <li>- Cinecoronariografía</li> <li>- Ecocardiograma</li> <li>- Ergonometría</li> <li>- Sonido cardiaco</li> <li>- Valvuloplastia</li> <li>- Ventriculografía</li> </ul>
	Dermatología	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biopsias</li> <li>- Cirugía menor</li> <li>- Electroforesis</li> </ul>

**Tabla 4.4:** Cartera de servicios de los Procesos de Apoyo Clínicos (productos intermedios)

Fuente: Elaboración propia basado de Guía Metodológica para Estudios de Preinversión Hospitalario (Ministerio de Salud, 2001)

		- Puvaterapia
	Gastroenterología	- Colorigiopancreatografía end. - Colonoscopia - Escleroterapia endoscópica - Panendoscopia alta - Rectoscopia - Sigmoidoscopia - Test He-py
	Ginecología	- Ecotomografía - Ecografía transvaginal - Monitoreo
	Medicina nuclear y radioterapia	- Estudios estáticos - Estudios dinámicos - Radioterapia
	Neurología	- Electroencefalograma - Electromiograma - Estudios de conducción - Monitoreo - Potenciales evocados
	Odontología	- Cirugía bucal - Cirugía maxilo facial - Endodoncia - Odontología general - Odontopediatría - Ortodoncia curativa (fija) - Ortodoncia curativa (rem) - Periodoncia - Proc. de urgencia - Prótesis fija - Prótesis removible - Radiografía
	Oftalmología	- Campimetría comput. - Campo visual - Curva de tensión - Ecografía ocular - Estrabismo - Tonometría
	Oncología	- Hedarización (quimio) - Irradiación sangre y otros - Otras quimioterapias - Radioterapia
	Otorrinolaringología	- Audiometría - Impedanciometría - Electronistagmografía - Renomanometría - Nasofibronlaringoscopia - Octavo par - Lavado de oídos
	Reumatología	- Infiltración medicamentosa
	Traumatología	- Bloqueos e infiltraciones - Bota corta - Bota larga - Corset - Curaciones

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Férulas</li> <li>- Rodilleras</li> <li>- Tacos</li> <li>- Valvas</li> <li>- Vendajes</li> <li>- Yeso antebraquial</li> <li>- Yeso braquial-antebraquial</li> </ul>
	Urología	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Endoscopia prostática</li> <li>- Otoscopia</li> <li>- Dilatación uretral</li> <li>- Residuo vesical</li> <li>- Lavado vesical</li> <li>- P. de miccional uroflujomet.</li> <li>- Curación mediana</li> <li>- Perfil uretral</li> </ul>
	Otros procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cirugía menor</li> <li>- Cirugía compleja</li> <li>- Curación simple</li> <li>- Inyecciones</li> <li>- Toma de muestras orina</li> <li>- Toma muestra de sangre</li> <li>- Yesos</li> <li>- Reducciones ortopédicas</li> <li>- Valvas</li> <li>- Férulas</li> <li>- Infecciones</li> </ul>

Tras conocer el diagrama de producción y los productos que se producen a partir de éste, se procede a describir las restricciones que tiene el modelo para producir determinadas cantidades de cada uno de estos productos.

(2) Descripción de restricciones del modelo

Se debe considerar que el modelo a desarrollar está sujeto a las restricciones que se enumeran a continuación:

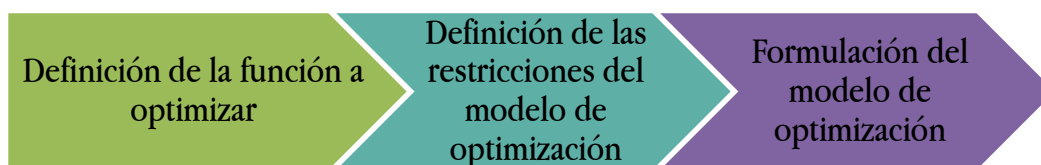
- (1) **La oferta no debe ser mayor a la demanda:** Esta restricción es debido a que es imposible ofrecer más productos de los que se pide, y de llegar a ser así, está significando que existe un despilfarro de insumos.
- (2) **Presupuesto:** El presupuesto es el dinero que obtiene anualmente el hospital para solventar su producción. Por lo tanto genera una limitación en la producción de servicios de la organización.
- (3) **Capacidad de instalaciones:** Si la realización de la prestación requiere Box o Pabellón, estará sujeta a la disponibilidad de estas instalaciones.
- (4) **Horas de Recurso Humano:** Esta restricción tiene relación con las horas que trabaja el RRHH en la organización, por lo tanto, la suma de la cantidad de procedimientos por el tiempo asociado a cada uno de ellos, no puede ser mayor al tiempo en que está disponible el RRHH.

- (5) **Capacidad de rendimiento del equipamiento:** Si la realización de la prestación requiere de un equipo médico que incorpore variabilidad, no se pueden producir más prestaciones de las que el equipo pueda rendir.
- (6) **Insumos de otros procesos:** No se puede producir un mayor número de prestaciones si no hay producción suficiente de los insumos necesarios para satisfacer las prestaciones
- (7) **Prioridad sanitaria:** Se debe cumplir con la totalidad de la demanda de ciertas prestaciones que pertenezcan a los siguientes grupos:
  - Ges (Garantías Explícitas en Salud)
  - PPV (Programa de prestaciones valoradas)
  - Prioridad sanitaria (muerte o invalidez)

Cada una de estas restricciones se traduce en una desigualdad o relación matemática que limitan el espacio de resultados en el proceso de optimización misma del modelo. Estas serán definidas matemáticamente a continuación.

### (3) Explicación y construcción del modelo

A partir de lo establecido en las etapas anteriores, es posible establecer los coeficientes fundamentales, las restricciones y las relaciones del modelo, para generar la definición matemática del mismo. El planteamiento del modelo es dividido en 4 partes, como se muestra en la Figura 4.4.



*Figura 4.4:* Pasos para el desarrollo de la construcción del modelo de optimización.

Fuente: Elaboración propia

#### A. Definición del modelo de optimización

El objetivo del sistema público es resolver todas las necesidades de salud, es decir, “maximizar la cantidad de atenciones de salud que proporciona este sistema, sujeto a las restricciones que enfrenta” (Jansson & Delgado, 2000). La expresión matemática que representa este objetivo es la dada en la *Ecuación 1*.

$$Max B = \sum_{i=1}^n q_i$$

*Ecuación 1:* Función a maximizar

Donde

$B$ : Función a maximizar

$q_i$ : Cantidad de prestaciones médicas. La cantidad de prestaciones quedará expresada por “atenciones al año”.

$n$ : Cantidad total de prestaciones.

Debemos considerar que la producción de prestaciones de la cartera de servicios está dada por la utilización de insumos ( $I$ ), dado un Soporte Físico ( $SF$ ) y Recursos Humanos ( $RH$ ), que interactúan para que ocurran las transformaciones por parte de los Procesos de Producción, como lo muestra el esquema de la Figura 4.5. En dicha figura se deducen los coeficientes técnicos para los insumos, el soporte físico y el recurso humano.

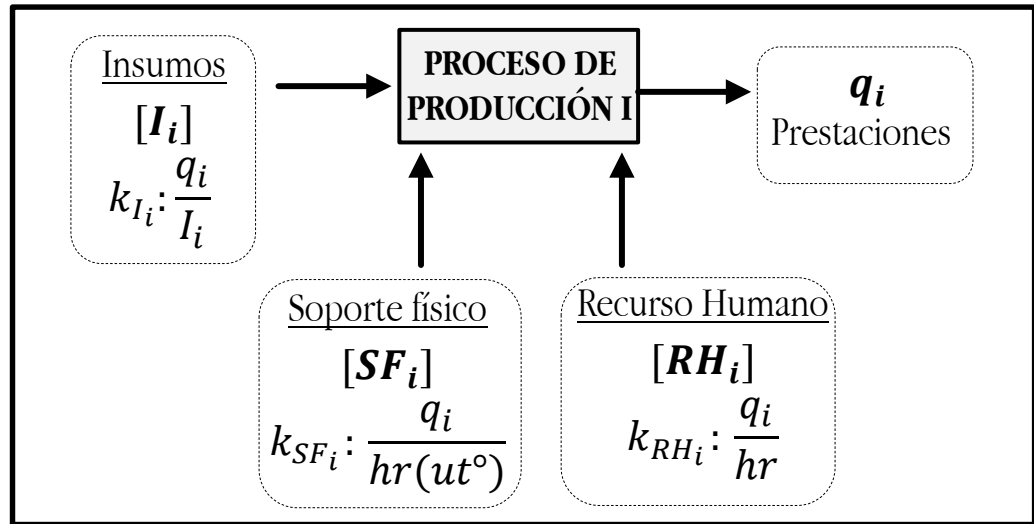


Figura 4.5: Deducción de coeficientes técnicos a partir del diagrama de producción.

Fuente: Elaboración propia

El diagrama de la Figura 4.5 nos muestra que el Proceso de Producción  $i$ , produce  $q_i$  prestaciones, en base a insumos  $I$ , soporte físico  $SF$  y personas  $RH$ . La producción directa de las personas entonces está dado por la Ecuación 2.

$$k_{RH_i} : \frac{q_i}{hr}$$

Ecuación 2: Coeficiente de Recurso Humano

En donde el coeficiente  $k_{RH_i}$  está definido por la “cantidad de prestaciones por hora”.

Así también el coeficiente  $k_{SF_i}$  del soporte físico está dado por la “cantidad de prestaciones por hora ( $hr$ )” ( $ut^\circ$  o unidad de tiempo) quedando expresado como en la Ecuación 3.

$$k_{SF_i} : \frac{q_i}{hr(ut^\circ)}$$

Ecuación 3: Coeficiente de Soporte Físico

Y por último el coeficiente de insumos  $k_{I_i}$  el que está dado por la “cantidad de prestaciones por cantidad de insumos” ( $I_i$ ) quedando expresado con en la *Ecuación 4*.

$$k_{I_i} = \frac{q_i}{I_i}$$

*Ecuación 4:* Coeficiente de Insumos.

Dada esta dependencia, se puede decir que los productos o prestaciones se definen como una función que depende de la cantidad de Insumos requeridos para brindar la prestación, de la cantidad y tipo de Recursos Humanos que actúe en la prestación, y de la cantidad (capacidad) de Soporte físico que requiera dicha actividad. Esto se puede expresar de manera matemática como una función, en la *Ecuación 5*.

$$P(x) = f(k_{RH} Q_{RH}, k_{SF} Q_{SF}, k_{In} Q_{In})$$

*Ecuación 5:* Función de producción

Donde  $P(x)$  es el Producto,  $f( . )$  es la función definida para la dependencia,  $k_{RH}$ ,  $k_{SF}$  y  $k_{In}$  son los coeficientes de Recursos Humanos, Soporte Físico e Insumos, respectivamente. De manera similar,  $Q_{RH}$ ,  $Q_{SF}$  y  $Q_{In}$  son las cantidades de tipo de Recursos Humanos, Soporte Físico e Insumos, respectivamente. Estos tres factores se definen en la Tabla 4.5.

Factor	Definición	Elementos conformantes
Recurso Humano	El recurso humano involucrado con el equipamiento médico, es fundamental en su manejo y operación. Existen equipos que operan solo si existe una persona que lo maniobra, e otro caso, el usuario solo supervisa su funcionamiento. También existen prestaciones que sólo son realizadas por recursos humanos (Ministerio de Salud, 2001)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enfermera</li> <li>- Matrona</li> <li>- Tecnólogo Médico</li> <li>- Técnico Paramédico</li> <li>- Auxiliar Paramédico</li> <li>- Auxiliar de servicio</li> <li>- Otros (especificar)</li> </ul> (Ministerio de Salud, 2001)
Insumos	Cantidad de insumos necesarios para realizar cierta cantidad y tipo de prestación (Ministerio de Salud, 2001)	Insumos de Apoyo Logístico <ul style="list-style-type: none"> <li>- Raciones de alimentación</li> <li>- SEDILE</li> <li>- Lavandería y Ropería</li> <li>- Esterilización</li> <li>- Farmacia y Prótesis</li> </ul> (Ministerio de Salud, 2001) Insumos de Apoyo Clínico: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Procedimientos</li> <li>- Diagnósticos</li> </ul>

*Tabla 4.5:* Factores de producción

Fuente: Elaboración propia basado de Guía Metodológica para Estudios de Preinversión Hospitalario (Ministerio de Salud, 2001)

Soporte Físico	<p>Puede ser agrupado como instalaciones y equipamiento. Para este punto conviene analizar el listado de equipamiento que brinda el documento EPH (Guía Metodológica para Estudios de Preinversión Hospitalario) y seleccionar los equipos productivos asociados a la prestación a analizar. Se debe considerar la capacidad productiva de fábrica de los equipos y establecer una unidad de producción para cada uno.</p> <p>Se debe tener en cuenta que para la aplicación del proceso de construcción del modelo de optimización se debe definir qué equipos incorporan variabilidad.</p>	<p>- Terapias</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pabellones quirúrgicos indiferenciados por especialidad y urgencias</li> <li>- Box de consultas médicas de especialidad</li> <li>- Box de consultas médicas de urgencia</li> <li>- Box de consultas médicas de especialidad</li> <li>- Box de consultas médicas de otras especialidades</li> <li>- Box de procedimientos</li> <li>- Salas de parto</li> </ul>
----------------	--	--

Se debe considerar que un ciclo de trabajo o jornada de trabajo, expresa el periodo en que se produce, dado que la cantidad de atenciones por hora brindadas están sujetas al equipamiento y a cuánto dura la producción de  $q_i$ . El Ciclo de producción es la relación entre jornada de trabajo v/s el tiempo que demora en producir.

En la Figura 4.6 se muestra el modelo operacional que representa el comportamiento del modelo de gestión de los procesos hospitalarios. En base a lo revisado en esta figura y a lo descrito anteriormente, podemos definir las relaciones necesarias para construir las funciones matemáticas que nos permitirán definir la función a optimizar.

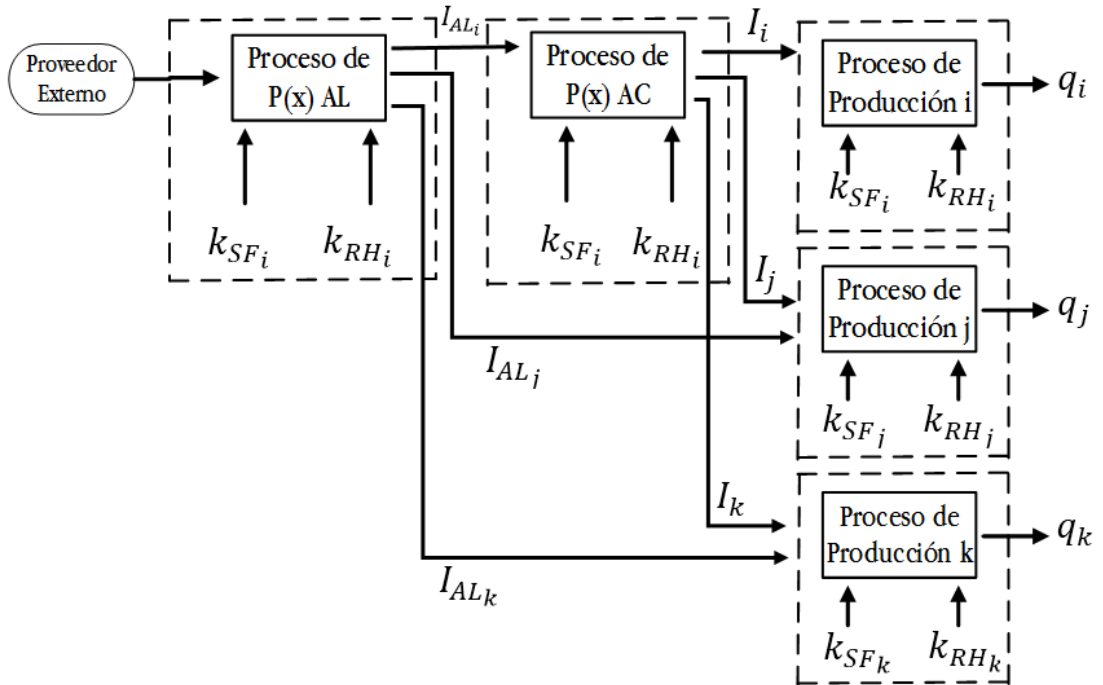


Figura 4.6: Modelo Operacional con tres salidas de productos

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.6 es la base para la formulación del modelo de optimización y muestra la producción de tres prestaciones diferentes bajo el nombre de  $i$ ,  $j$  y  $k$ . En ellos se detalla los coeficientes necesarios para la producción de estos. Cada cuadro delimitado por la línea segmentada es un proceso que produce un insumo  $\mathbf{I}$ , o una prestación  $\mathbf{q}$ ; a esto se le denominará como Unidad de Producción.

Los procesos de Producción de Apoyo Logístico pueden brindar insumos tanto a los Procesos de Apoyo Clínico como a los Procesos Clínicos. Lo mismo sucede con los Procesos de Apoyo Clínico, los cuales brindan insumo, o en este caso, prestaciones a los Procesos Clínicos.

Todas las Unidades de Producción presentes están sujeta a los coeficientes de Recurso Humano y de Soporte Físico.

Cabe destacar que en el ámbito del Procesos de Apoyo Logístico, el Proveedor externo que se ve en la Figura 4.6, pueden provenir de dos fenómenos:

- (1) Producción propia interna (internalización): Esto es cuando los insumos de Apoyo Logístico, son suministrados por la misma organización, es decir, que la utilización de recursos es interna del hospital utilizando parte de la capacidad instalada.
- (2) Externalización: Los insumos de Apoyo Logístico son comprados, lo que incorpora una restricción que se identificará por la *Ecuación 6*.

$$\sum_{b=1}^G c_b h_b \leq T$$

*Ecuación 6: Externalización de Insumos de Apoyo Logístico*

Donde:

**T** : Presupuesto destinado a la compra de insumos o servicios de Apoyo Logístico

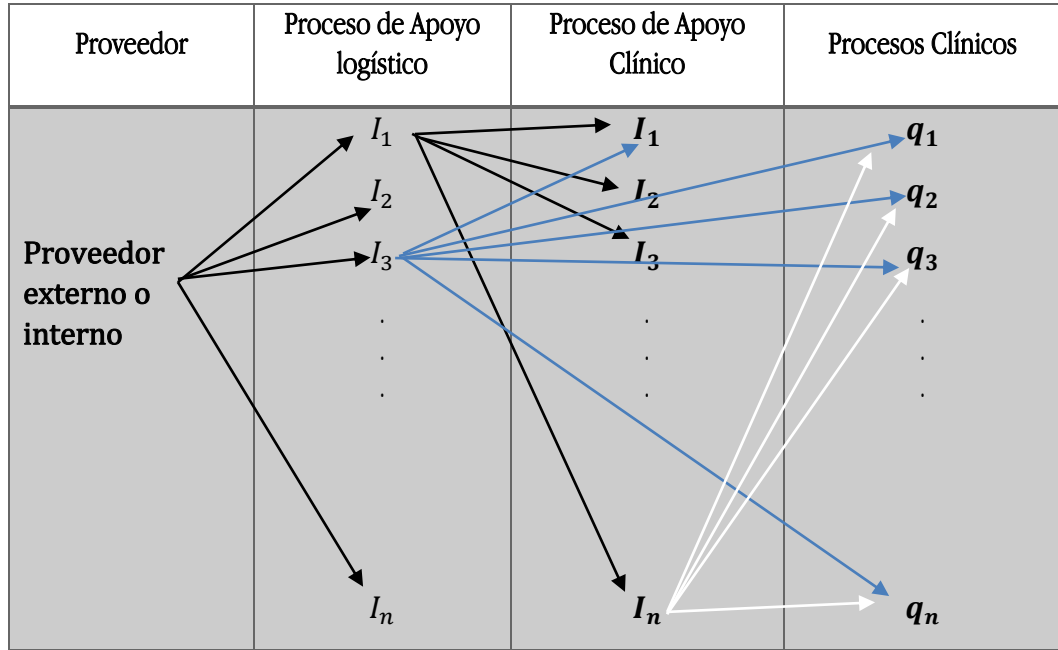
**$c_b$** : Costo de servicios o insumos de un mismo tipo

**$h_b$** : Cantidad de insumos o servicios de un mismo tipo comprados

**G**: Cantidad de tipos de insumos o servicios comprados a un servicio externo

La *Ecuación 6* expresa que el costo de la compra de servicios de Apoyo Logístico no debe superar el presupuesto que se destina para dicho insumo. Este valor se obtiene mediante el producto del costo de cada servicio por la cantidad comprada.

La Figura 4.6 muestra el diagrama para ejemplificar la producción de tres prestaciones distintas, y es explicado de mejor manera en la Tabla 4.6.



**Tabla 4.6:** Correlación de los productos para producir “n” prestaciones

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.6, cada  $q_i$  viene desde una unidad de producción. Este cuadro pretende dar a entender que cada Proceso de Apoyo Logístico puede brindarle insumos a algunos o todos los Procesos de Apoyo Clínico, y a los Procesos Clínicos. A su vez, los Procesos de Apoyo Clínico pueden brindarle insumos a todos o a algunos de los Procesos Clínicos. Todo esto con la finalidad de obtener  $n$  prestaciones  $q$ .

Es necesario tener presente que cuando hablamos de producción de un hospital lo podemos definir como todo servicio que entregan las organizaciones hospitalarias para mejorar o mantener la salud de los pacientes, es decir, que en nuestro caso,  $q$  puede ser cualquiera de las familias de prestaciones que se nombran en la Tabla 4.7 (Arriola, 2012b).

**Tabla 4.7:** Ejemplos de familias de productos entregadas por un hospital

Fuente: (Arriola, 2012b)

Prestaciones	Procesos
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consulta</li> <li>- Psiquiatría y Psicología Clínica</li> <li>- Atenciones Integrales otros profesionales</li> <li>- Emergencia</li> <li>- Día cama</li> </ul>	Procesos Clínicos
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Examen de Laboratorio</li> <li>- Imagenología</li> </ul>	Procesos de Apoyo Clínico (diagnóstico)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medicina Transfusional</li> <li>- Kinesiología y Fisioterapia</li> </ul>	Procesos de Apoyo Clínico (terapia)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cardiología. Neumología. Cirugía Cardiovascular y de Tórax</li> <li>- Dermatología y Tegumentos</li> </ul>	Procesos de Apoyo Clínico (procedimiento)

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Med. Nuclear y Radioterapia</li> <li>- Oftalmología</li> <li>- Otorrinolaringología</li> <li>- Urología y Nefrología</li> <li>- Ortopedia y Traumatología</li> <li>- Anestesia</li> <li>- Cirugía Cabeza y Cuello</li> <li>- Cirugía Plástica y Reparadora</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prótesis</li> <li>- Traslados</li> </ul>	<p>Procesos de Apoyo Logístico (prótesis y traslado)</p>

Estas familias de productos se ven reflejadas en las tablas de productos detalladas anteriormente, las que reflejan la totalidad de procedimientos, tratamientos, exámenes y actividades que un paciente puede solicitar en una organización de salud según el documento EPH (Guía Metodológica para Estudios de Preinversión Hospitalario). De estas familias puede dejarse fuera los traslados dado que este no es relevante en el proceso de producción ni en los procesos de apoyo a la producción de un hospital.

Es importante entender que no es necesario establecer las asignaciones de unas unidades con otras, dado que deben ser determinadas en cada caso. Por lo tanto, el nivel de producción que se optimizará será del 100%, por lo que la distribución determinará las relaciones.

Además, es relevante definir que se busca optimizar la capacidad instalada, asumiendo que existe una diversidad de prestaciones  $q_i$  que es necesario conocer y definir su combinación “óptima”. Lo importante es ocupar la máxima producción disponible.

Si se tiene una unidad de producción es relativamente sencillo, pero el problema se origina cuando se tiene más de una unidad de producción, como en el caso del hospital, donde no se sabe cómo y cuánto se utilizarán al 100% las otras unidades, es decir, cual es la combinación óptima que asegure el uso de toda la capacidad disponible, **en función de las prioridades asignadas por la organización**, es decir, que todas las actividades para optimizar quedan acotadas por una serie de restricciones que restrinjan el movimiento de recursos, como lo es el presupuesto y la capacidad entre otros, lo que se detallará más adelante.

#### B. Determinación o Definición de las restricciones

Las restricciones que enfrentan los servicios de salud públicos para lograr alcanzar el “*mejoramiento de la calidad de vida de los chilenos*” son esencialmente restricciones en la disponibilidad de recursos físicos, humano y otros.

La determinación de estas restricciones se basó en las limitaciones identificadas a través del estudio realizado del documento EPH y de un artículo de la revista Pharos, denominado “Optimización del Proceso de cirugía en Hospitales Públicos”. De lo anterior se consideraron un conjunto de 7 restricciones que mejor representa los problemas del sector salud y se presentan a continuación.

i. Proporcionalidad de Oferta y demanda

Esta condición se define a partir de lo que se debe cumplir en sistemas de atención pública, la que se conforma como dice la *Ecuación 7*.

$$\frac{q_1}{D_1} \geq 1$$

$$\frac{q_2}{D_2} \geq 1$$

⋮

$$\frac{q_n}{D_n} \geq 1$$

*Ecuación 7:* Proporcionalidad de la Oferta y la Demanda

Donde:

$q_i$ : Cantidad de prestaciones médicas.

$n$ : Cantidad total de prestaciones.

$D$ : Total de la demanda de prestaciones

Las atenciones médicas a entregar no pueden ser mayor a su demanda, debido a que se puede incurrir en un despilfarro de recursos de la organización. Esta condición refleja la *Ecuación 7*, en donde se hace una proporción la que debe ser siempre un número positivo mayor o igual a 1.

Las proporciones de esta expresión son separadas de acuerdo al tipo de prestación debido a que así se evita cualquier solapamiento de información. Esto quiere decir, que al sumar todas las prestaciones de distinto tipo en una sola ecuación, puede ocurrir que existan algunas que no cumplan con la condición y se hagan cero y queden ocultas por las que tienen holgura en su conteo.

En el caso de que esta proporción sea igual a uno o muy cercana a este valor, está indicando que el la oferta y demanda de prestaciones está en equilibrio, es decir, que se está brindando tanto como se está requiriendo. En el caso que esta condición no se cumple, y el valor que entregue esta proporción sea inferior a uno, está indicando que se disponen de más recursos de los necesarios, lo que puede significar un mal gasto de estos.

Es importante mencionar que la cantidad de prestaciones  $q_i$  debe ser distinta de cero, y todos los valores de la expresión numero enteros, positivos.

## ii. Presupuesto

El presupuesto de la organización es fundamental al momento de considerar las restricciones. El objetivo es realizar la mejor combinación de factores para optimizar los recursos disponibles, ya sea físico (como las instalaciones o el equipamiento médico) o monetario como lo es el presupuesto. La expresión matemática que expresa esto se puede ver en la *Ecuación 8*.

$$\sum_{b=1}^n u_b d_b \leq F$$

*Ecuación 8: Restricción de Presupuesto*

Donde:

**F:** Presupuesto de la organización.

**$u_b$ :** Costo de prestaciones de un mismo tipo (considera todo insumo requerido para brindar dicha prestación).

**$d_b$ :** Cantidad de prestaciones de un mismo tipo.

**n:** Cantidad de tipos de prestaciones brindada por la cartera de servicios.

Expresada de otra manera, la *Ecuación 8* puede demostrarse como en la *Ecuación 9*. En esta última ecuación se considera el costo de las remuneraciones al personal, el costo del equipamiento y de las instalaciones, y el costo de los insumos.

$$\sum_{b=1}^n \left( \begin{matrix} costo_{total} & cantidad \\ remuneraciones & remuneraciones \end{matrix} \right)_b + \left( \begin{matrix} costo_{total} & cantidad \\ SF & SF \end{matrix} \right)_b + \left( \begin{matrix} costo_{total} & cantidad \\ insumos & insumos \end{matrix} \right)_b \leq F$$

*Ecuación 9: Desglose de Ecuación presupuestaria*

En donde SF es el soporte físico, es decir instalaciones y equipamiento utilizado para brindar la prestación.

## iii. Capacidad instalada

La capacidad de producción está dada por la *Ecuación 10*.

$$\sum_{i=1}^n q_i \leq \text{Recursos disponibles}$$

*Ecuación 10: Restricción de Capacidad Instalada*

Donde:

$q_i$ : Cantidad de prestaciones médicas.

$n$ : Cantidad total de prestaciones.

En la *Ecuación 10* la producción de prestaciones y de insumos está determinada en base a los recursos disponibles, es decir, la capacidad instalada de la organización. Estos recursos disponibles pueden especificarse como el recurso humano con el que cuenta la organización, el equipamiento y los insumos requeridos para realizar la o las prestaciones  $q_i$ , los que se detallan más adelante.

La expresión  $q_i$  hace referencia a todo tipo de prestación, es decir, tanto a los productos de los Procesos de Apoyo Clínico como a los productos de los Procesos Clínicos, por lo que  $q_i$  puede ser considerada como insumo si es vista desde la perspectiva de producción hacia los Procesos Clínicos.

#### iv. Recursos Humanos

La capacidad del recurso humano está dada por la *Ecuación 11*.

$$\sum_{i=1}^n q_i / k_{RH_i} \leq \sum_{l=1}^L hr_l$$

*Ecuación 11*: Restricción de recurso Humano

Donde:

$q_i$ : Cantidad de prestaciones médicas.

$n$ : Cantidad total de prestaciones.

$k_{RH_i}$ : Rendimiento del personal de Recurso Humano (cada tipo de personal tiene un rendimiento estándar establecido según la especialidad)

$hr$ : Horas disponibles netas. Las cuales pueden ser deducidas mediante la *Ecuación 12*.

$L$ : Total de tipos de Personal.

$$\begin{aligned} & \textit{Horas disponibles netas} \\ & = \textit{Horas contratadas} - \textit{Horas de no producción} \end{aligned}$$

*Ecuación 12*: Horas disponibles netas

Las horas de no producción consideradas en la *Ecuación 12* se consideran como horas de vacaciones, permisos, capacitación, actividades administrativas, etc. Sin embargo, se debe considerar el supuesto de que no hay ausentismo por enfermedad (la gente no se enferma). Aunque en la práctica se deben considerar los días de ausentismo de la organización. Si este dato tiene cierto promedio se debe castigar dicho promedio.

Según el documento EPH el cálculo de las horas disponibles anuales considera el total de los días hábiles del año base del estudio y las equivalencias diarias de horas contratadas, como ejemplo a esto se muestran en la Tabla 4.8.

Horas contratadas semanales	Horas contratadas diarias
44	8,8
33	6,6
22	4,4
11	2,2

**Tabla 4.8:** Horas contratadas anuales y diarias

Fuente: (Ministerio de Salud, 2001)

Además el número de prestaciones teóricas que se pueden brindar, según el EPH, está dada por la Ecuación 13.

$$\text{Numero de prestaciones teóricas} = \text{Horas disponibles del personal para la producción} * \text{Rendimiento del personal}$$

Ecuación 13: Número de prestaciones que pueden ser brindadas (Ministerio de Salud, 2001)

#### v. Soporte Físico

El soporte físico puede ser considerado como instalaciones, y equipamiento. Las restricciones de cada uno de estos factores se detallan a continuación:

- **Equipamiento:** El equipo que debe ser considerado en esta fórmula es sólo aquel que incorpore variabilidad a la realización de la prestación. Este debe ser seleccionado desde el listado de equipamiento médico descrito por el EPH, que se puede encontrar en el Anexo 5. En la Ecuación 14 se detalla la restricción a la que está sujeta la cantidad de prestaciones por tiempo de procedimiento.

$$\sum_{i=1}^n q_i / k_{E_i} \leq \sum_{o=1}^C h_{S_o}$$

Ecuación 14: Restricción de la capacidad del equipamiento

Donde:

$q_i / k_{E_i}$  : Cantidad de prestaciones médicas por unidad de tiempo.

$n$  : Cantidad total de prestaciones.

$h_{S_o}$ : Cantidad de horas anuales de uso efectivo de equipamiento.

$C$ : Total de tipo de equipamiento

- **Instalaciones:** Las instalaciones, de la misma manera que el equipamiento, solo debe ser considerado si incorpora variabilidad a la producción de la prestación. El listado de todas las instalaciones que considera el EPH se encuentra en el Anexo 6 y el listado de las instalaciones que se consideran variables se presentan en la Tabla 4.5. En este caso se debe tener en cuenta cuales son las prestaciones específicas que requieran de instalaciones que integren variabilidad. La restricción que pueden presentar las horas disponibles para la prestación de atenciones está reflejada en la restricción de las instalaciones, la que puede expresarse de acuerdo a la *Ecuación 15*.

$$\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{t_i} \leq \sum_{v=1}^V M_v$$

*Ecuación 15:* Restricción de la capacidad de las instalaciones

Donde:

**$q_i/t_i$ :** cantidad de atenciones médicas realizadas en una hora en una instalación.

**$n$ :** Cantidad total de prestaciones.

**$M_v$ :** cantidad de horas anuales efectivas de uso de instalaciones.

**$V$ :** total de instalaciones del hospital

Es importante destacar que los coeficientes técnicos se deducen a partir de la observación de la oferta o producción efectuada de la organización. Esto puede ser lo que se realiza en el documento EPH o bien mediante definición de estándar (es decir, un dato: por ejemplo 4 atenciones por hora que están definidas) esto puede ser determinado por análisis de datos históricos, aunque se debe ser cuidadoso en su obtención, por ejemplo al deducir 8 atenciones por hora mediante este método lo que es imposible de realizar.

#### vi. Insumos

Es importante considerar la restricción de producción de servicios de Apoyo Clínico dado que está sujeta a la producción de servicios de Apoyo Logístico y esta, a su vez, está sujeta a los insumos disponibles de la organización. La *Ecuación 16* expresa matemáticamente lo recién descrito para los insumos de Apoyo Logístico.

$$\sum_{i=1}^n q_i / I_i \leq W$$

*Ecuación 16:* Restricción de Insumos de Apoyo Logístico

Donde:

$q_i/I_i$ : Cantidad de producción de prestación por cantidad de insumos. Estas prestaciones pueden ser de Productos de Apoyo Clínico como Productos Clínicos.

**W**: Capacidad de producción de insumos de Apoyo Logístico

Análoga a la *Ecuación 17*:

59

$$\sum_{i=1}^n w_i / I_i \leq Y$$

*Ecuación 17*: Restricción de Insumo de Apoyo Clínico

Donde:

$w_i/I_i$ : Cantidad de producción de prestación por cantidad de insumos. Estas prestaciones solo pueden ser Productos Clínicos

**Y**: Capacidad de producción de insumos de Apoyo Clínico

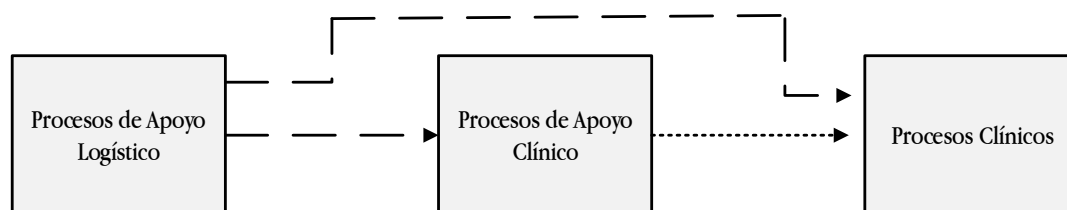
Para aclarar la aplicabilidad de ambas ecuaciones, se hace pertinente, en primer lugar, expresar estas fórmulas escritas, por lo que la *Ecuación 16* queda expresada así:

“Suma de todos los insumos usados en todas las prestaciones, no debe exceder la cantidad de insumos suministrada por los Procesos de Apoyo Logístico”

Análogo a lo anterior, la *Ecuación 17* queda expresada como:

“Los insumos requeridos para la producción de los Procesos Clínicos no debe exceder la producción de Procesos de Apoyo Logístico”

Para dejar aún más clara la aplicabilidad de estas fórmulas, en la Figura 4.7 se puede ver el diagrama de procesos operacionales básico. En él, se pueden apreciar dos tipos de conectores los que representan las *Ecuaciones 16* y *17*.



**Figura 4.7:** Diagrama de Procesos Operacionales Básico

Fuente: Elaboración propia

La línea segmentada “— — —” representa la producción de insumos desde el Proceso de Apoyo logístico, por lo que la *Ecuación 16* representa este flujo.

Ahora bien la línea segmentada “.....” representa la Producción de insumos desde los Procesos de Apoyo Logístico hacia los Procesos Clínicos, lo cual queda representado por la *Ecuación 17*.

vii. **Prioridad Sanitaria**

Restricción que implica la satisfacción de la totalidad de la demanda de una cierta prestación en específico como por ejemplo en el caso de las GES (Garantía explícita en salud), PPV (Programa prestaciones valoradas) y Prioridad sanitaria (muerte o invalidez). La expresión matemática queda expresada en la Ecuación 18. En ella se expresa que la totalidad de estas prestaciones debe cumplirse según la demanda conocida de cada una de ellas

$$\sum_{i=1}^n q_i = Z$$

*Ecuación 18:* Restricción por Prioridad Sanitaria

Donde:

- $q_i$** : Cantidad de prestaciones médicas.
- $n$** : Cantidad total de prestaciones.
- $Z$** : Demanda conocida de prestaciones.

C. Formulación del modelo de optimización

Finalmente, para plantear la expresión genérica de la función a optimizar, simplificaremos todas las restricciones a una sola restricción general. La expresión final de optimización queda como se muestra en la *Ecuación 19*.

$$\text{Max}\{f(k_{RH} Q_{RH}, k_{SF} Q_{SF}, k_I Q_I)\}$$

*Ecuación 19:* Función a optimizar.

$$\text{Sujeto a } Q_g \leq \{R_i\} \quad i=1 \dots n$$

Donde:

- $Q$** : Cantidad o factores restringidos para cada restricción
- $g$** : Total de factores
- $R$** : Restricciones
- $i$** : Cantidad de restricciones

Además  $Q_g \leq \{R_i\}$  corresponde a la generalización de todas las restricciones  $R$  que se quieran considerar. Es necesario aclarar que cada vez que se consideren más y más restricciones, mejorarán claramente la representatividad de los resultados, con el compromiso de aumentar la complejidad de la resolución del modelo.

La resolución del modelo, puede ser realizada con procedimientos como el cálculo variacional o cálculo multivariado, el cual utiliza varios métodos variacionales para solucionar problemas de optimización, buscar soluciones, familias de soluciones, y hasta familias de funciones que son soluciones a otras funciones (Tinoco, 2011).

Independiente del método a utilizar para la resolución del modelo y la herramienta computacional utilizada, se debe considerar siempre la recomendación de disminuir inicialmente el uso de restricciones, ya que habrá algunas de ellas que se cumplirán de forma “natural”, es decir, no es necesario considerarlas, y otras que se deberá explicitar para imperar que se cumplan.

La *Ecuación 19* corresponde a la formulación simplificada de un problema de optimización, y es un paso formal matemático para permitir la resolución futura del modelo utilizando las expresiones algebraicas (encontrando una familia de soluciones o familias de funciones) o bien utilizando expresiones numéricas para encontrar los rangos de cantidades que permiten optimizar los distintos recursos. Luego de tener el problema de optimización expresado de forma “natural”, es posible realizar su resolución utilizando herramientas como por ejemplo el sistema SOLVER (tipo de optimizador de ecuaciones para Microsoft Excel, que trabaja mediante el uso de métodos numéricos) o GAMS (Generador de Modelaje Algebraico, consiste en un lenguaje de programación, el cual permite modelar, analizar y resolver diversos problemas de optimización).

Descritos los pasos para desarrollar un modelo de optimización matemático aplicable a las organizaciones hospitalarias, se muestra entonces, como resultado de este trabajo de título, una primera aproximación a una Guía en la que se describe un resumen de cada uno de los pasos indicados en el cuerpo de este documento. Esta Guía se encuentra en el Anexo 7 y cuenta con una introducción, objetivos, alcance, responsables, la descripción de los pasos propiamente tal y un flujograma que describe gráficamente el procedimiento a seguir.

#### 4.2 Estudios de validación de la propuesta y/o resultados.

En esta sección se presentan los resultados del Objetivo 3. La validación realizada fue hecha mediante la metodología de investigación que se identificó anteriormente. En la Tabla 4.9 se puede ver un resumen del diseño de la metodología de investigación aplicada.

Diseño de Metodología de Investigación		
Enfoque de la Investigación	Cualitativo	Enfoque de la Investigación
Alcance de la Investigación	Exploratorio	Alcance de la Investigación
Diseño de la Investigación Hospital Carlos Van Buren Complejo Asistencial Sótero del Río	Estudio de Casos	Diseño de la Investigación Hospital Carlos Van Buren Complejo Asistencial Sótero del Río
Tipo de Muestreo	Por Experto, Por conveniencia	
Katia Núñez	Ingeniero Comercial y Matrona	Jefe de Planificación y Desarrollo del Complejo Asistencial Sótero del Río
Guillermo Pardo	Médico Cirujano	Jefe de la Unidad de Emergencia Infantil del Hospital Carlos Van Buren
Kathy Yunisi	Enfermera	Subdirectora de Gestión del Cuidado del Hospital Carlos Van Buren

**Tabla 4.9:** Resumen del Diseño de Metodología de Investigación

Fuente: Elaboración Propia

<b>Bélgica cansino</b>	Enfermera	Encargada de Enfermería Domiciliaria del Hospital Carlos Van Buren
<b>Katia Núñez</b>	Ingeniero Comercial y Matrona	Jefe de Planificación y Desarrollo del Complejo Asistencial Sótero del Río
<b>Técnica de Recolección de Datos</b>	<b>Entrevista Semi-estructurada</b>	
<b>Herramienta de Recolección de datos</b>	<b>Guía de entrevista</b>  ¿El presente diagrama es para usted representativo del proceso productivo de un hospital genérico?  ¿Qué cambios le incorporaría para que sea representativo del funcionamiento de los hospitales chilenos?	

Se debe destacar que para el desarrollo de la guía de entrevistas se realizó una calibración previa a las entrevistas propiamente tal. Esta calibración estuvo a cargo de Katia Núñez quien fue contada como parte de la Metodología de Investigación. Este profesional, pre-validó el modelo presentado a los demás participantes de la entrevistas y a su vez, dio las pautas a seguir para el desarrollo de la Guía de Entrevistas.

Tras definir la metodología de investigación, la herramienta a utilizar y con quien utilizarla, se siguió por aplicar la metodología, esto es agendar reuniones de no más de 15 a 20 minutos con los profesionales a través del nuestro profesor guía Alexis Arriola.

La única dificultad que se tuvo en la entrevista fue la explicación del diagrama mostrado a los profesionales, dado que lo entendían como un diagrama de proceso, y no como un diagrama de secuencia de procesos, pero tras las explicaciones correspondientes, esta dificultad se lograba minimizar. En la *Tabla 4.10* se detallan las entrevistas realizadas.

**Tabla 4.10:** Detalle de entrevistas a profesionales.

Fuente: Elaboración propia.

Nombre de la Persona	¿El presente diagrama es para usted representativo del proceso productivo de un hospital genérico?	¿Qué cambios le incorporaría para que sea representativo del funcionamiento de los hospitales chilenos?
<b>Katia Núñez</b> (Jefe de Planificación y Desarrollo del Hospital Sotero del Río)	Si	Incorporar Hospitalización Domiciliaria, ya que también ocupa recursos del hospital, salvo las camas.
<b>Guillermo Pardo</b> (Jefe de la Unidad de Emergencia Infantil del Hospital Carlos Van Buren, Valparaíso)	Si	El paciente puede ir de Urgencias a Hospitalización Domiciliaria. Además de la Atención Abierta el paciente puede derivarse a Urgencias. Y por último la Hospitalización Domiciliaria puede ser derivada a Urgencias o a la Atención Cerrada.
<b>Bélgica Cansino</b> (Encargada de Enfermería)	No	Urgencias puede ser espontánea o por derivación. Atención Abierta no va a

Domiciliara del Hospital Carlos Van Buren)		Hospitalización, en teoría si pero en la práctica no es así.
<b>Kathy Yunisi</b> (Subdirectora de Gestión del Cuidado del Hospital Carlos Van Buren)	Si	Ninguno, creo que no tengo grandes acotaciones que hacer.

Esto permitió desarrollar una aproximación de un Diagrama de Producción Hospitalario, lo que ayudó a conocer el funcionamiento de un hospital del punto de vista de la producción lo que a su vez, ayuda a desarrollar el modelo matemático que se podrá desarrollar en investigaciones futuras.

## 5 Discusión

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede indicar que el modelo de optimización de producción hospitalaria se ajusta adecuadamente a la problemática señalada, entregando un análisis completo para poder generar un modelo de producción hospitalaria que se adapte a lo mencionado en el EPH.

En base al análisis de los resultados, es posible señalar que el desarrollo del modelo de optimización tiene 3 hitos importantes, el primero de ellos es establecer un modelo de producción hospitalario, el segundo de ellos es la metodología para la validación del modelo de producción y finalmente, la clasificación en cuanto a las prestaciones de salud, de las cuáles podremos identificar sus recursos físicos y humanos, además de su equipamiento e infraestructura asociado.

Es importante mencionar que la generación de información es sumamente importante en el desarrollo del diagrama de producción y por ende en un modelo matemático que lo represente. De esta apreciación se desprende la necesidad de desglosar las fórmulas desarrolladas en las restricciones, con la finalidad de poder asociar ciertos equipos, instalaciones, personal o insumos específicos, asociada a cada una de las prestaciones, para lograr tener restricciones más exactas y cercanas a la realidad hospitalaria.

Un problema que se identificó en ésta investigación, y que frenó el desarrollo de modelos como éste, en el sector de la salud, es la carencia del conocimiento técnico necesario para formular, modificar y sostener a través del tiempo un modelo de optimización matemático, que además está decir, generalmente ocasiona resistencia por su elevado nivel de aparente sofisticación, pero teniendo en cuenta todas las características que hemos entregado de la producción de un hospital, este problema debería reducirse a encontrar la herramienta de programación adecuada para modelar y optimizar la producción de un hospital.

Otro problema identificado es el lograr explicar un resultado a la diversidad de profesionales que existe en un establecimiento asistencial. Las diferencias de formaciones y de áreas de conocimientos hicieron que explicar un diagrama como el desarrollado en este documento fuera dificultoso y nos obligó a desarrollar un producto entendible para todo quien lo leyera.

Se suma a lo anterior la consideración de las restricciones que debe incorporar el modelo de optimización y cuidar de que ninguna restricción importante quede fuera de la consideración en el desarrollo de este documento. Es por esto que sería de suma importancia generar un ejemplo real, con datos duros de esta primera aproximación al modelo matemático, con la finalidad de hallar cualquier inconsistencia que pudiese tener la Guía entregada, o las restricciones desarrolladas.

## 6 Conclusiones

En el siguiente capítulo se entregarán las principales contribuciones que pudieron ser obtenidas mediante el desarrollo del presente trabajo, así como también su alcance y las posibles investigaciones que pudiesen llevarse a cabo a futuro en base a la herramienta que se ha presentado en este documento.

### 6.1 Conclusiones

De acuerdo a todo lo desarrollado anteriormente, se puede afirmar que los objetivos de este trabajo de títulos se ven cumplidos, ya que se ha logrado establecer una base para el desarrollo de un modelo de optimización en función del proceso de producción de un hospital y validarlo con distintas entidades médicas. La afirmación anterior se ve reflejada en la Tabla 6.1, en donde se muestran los objetivos planteados, objetivos cumplidos y los resultados que se obtuvieron.

Objetivos	Resultados	Cumplimiento
Revisar la bibliografía respecto a los Modelos de Optimización y de Producción.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autores de la bibliografía a analizar.</li> <li>- Identificación de los componentes de la Investigación de Operaciones y de los Modelos de Producción.</li> <li>- Descripción de los pasos para desarrollar un Modelo de Optimización</li> </ul>	<i>Si</i>
Enunciar un modelo de Producción Hospitalario.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo de Diagrama de Procesos Productivos.</li> <li>- Identificación de entradas y salidas de cada actividad.</li> </ul>	<i>Si</i>
Validar el Modelo de Producción Hospitalaria.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicación de Metodología de Investigación</li> </ul>	<i>Si</i>
Proponer las etapas para la construcción de un Modelo Matemático de Optimización.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Primera aproximación de una guía para el desarrollo de un modelo de optimización.</li> <li>- Identificación y desarrollo de restricciones de un hospital.</li> </ul>	<i>Si</i>

**Tabla 6.1:** Cumplimiento de objetivos  
Fuente: Elaboración Propia

En general el gran aporte de este trabajo consisten en los pasos a seguir para desarrollar un modelo de optimización, presentes en la Guía que se muestra en el Anexo 7; así como también la secuencia de procesos diagramada, que muestra el camino que sigue el paciente a lo largo de los distintos procesos productivos, partiendo por la solicitud de atención en donde es el paciente el que se acerca a la institución de salud a solicitar atención médica, y finalizando por un alta médica, un deceso del mismo paciente o una derivación a otro recinto.

La finalidad de diagramar esta secuencia de procesos es poder establecer las relaciones entre productor para así posteriormente establecer los coeficientes y desarrollar el modelo de optimización basado en programación lineal, la que fue descrita en la primera sección de los resultados obtenidos de este trabajo.

## 6.2 *Resumen de las Contribuciones*

Este trabajo logra entregar las especificaciones y pasos a tomar en cuenta al momento de optimizar, además detalla la manera en que se comporta un hospital en términos de producción, lo cual permitirá a la hora de realizar un modelo de optimización, conocer su proceso productivo, las variables a tomar en cuenta, los servicios distribuidos por tipo de atención entre otros.

Entre los nuevos aportes al conocimiento se encuentran los siguientes:

- (1) Una primera aproximación en los pasos para implementar un modelo de optimización hospitalario, tomando en cuenta la diversidad de recursos con los que cuenta las organizaciones de salud, y las restricciones que deben obedecer la asignación de recursos. Lo cual constituye un aporte novedoso para el análisis y desarrollo de futuras aplicaciones para la producción hospitalaria.
- (2) Se reporta una aproximación al diagrama de procesos productivos hospitalarios, el que contempla todas las actividades que brindan prestaciones a los pacientes, desarrollado en base a entrevistas realizadas a profesionales del área de la salud.

## 6.3 *Alcance de las Contribuciones*

Este proyecto de tesis contempla como campo de acción todas las organizaciones hospitalarias, dado que la aplicabilidad de la propuesta desarrollada contempla a los hospitales de alta complejidad, pero puede ser aplicado a las organizaciones hospitalarias menos complejas y con menos diversidad de personal.

Las características que se asociaron a este tipo de hospital son las detalladas en el EPH, ya que abarca todas las prestaciones que puede contemplar un Hospital Público chileno. Por lo tanto, la aplicabilidad de los resultados considera los hospitales de alta, mediana o baja complejidad, incorporando todas las unidades de producción y todos los procesos que lo engloban.

Los resultados alcanzados contribuyen significativamente a entender el funcionamiento de un hospital en términos de producción, los distintos caminos que toma un paciente desde su ingreso hasta su salida, los procesos a los cuales se somete y los coeficientes de producción que asocian estos procesos productivos. Esto ayudara a identificar aquellos procesos que demande mayor atención por parte de los directivos ya sea para un rediseño de estos mediante la optimización matemática o simplemente identifica.

## 6.4 *Investigaciones Futuras*

A continuación se enumeran algunas de las posibles líneas futuras de trabajo, de acuerdo con los resultados alcanzados durante el desarrollo de la tesis:

- En primer lugar, se hace necesario desarrollar un ejemplo que considere, al menos, la producción de tres prestaciones de distinto tipo, con la finalidad de evaluar la pertinencia de las restricciones descritas, y descartar cualquier inconsistencia que pudiese llegar a encubrirse en alguno de los análisis realizados en el presente trabajo.
- Con lo anterior se hace necesario desglosar las fórmulas desarrolladas en las restricciones, con la finalidad de poder asociar ciertos equipos, instalaciones, personal o insumos específicos, asociada a cada una de las prestaciones, para lograr tener restricciones más exactas y cercanas a la realidad hospitalaria
- Al ser, lo desarrollado en este trabajo, una primera aproximación, se debe desarrollar una guía de pasos a seguir para desarrollar un modelo de producción fidedigna y validada.
- Además se hace evidente la necesidad de desarrollar la implementación del modelo de optimización, y con esto elegir la herramienta matemática idónea para su programación.



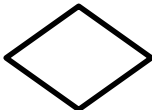

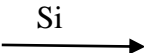
- Tomando en cuenta lo anterior, es de vital importancia realizar una validación final, en donde, además de consultar con profesionales expertos la pertinencia del modelo, se logre comprobar que este representa la realidad de manera fidedigna, pudiendo aplicarse a ciertos hospitales.
- La aplicabilidad en los hospitales hace necesaria la difusión del modelo desarrollado, para así lograr minimizar la problemática que hace surgir este modelo: “la mala asignación de recursos y su escases”
- Por último el desarrollo del modelo de optimización en base a programación lineal para apoyar la planificación de la producción hospitalaria, debe poder ser aplicado en cualquier tipo de organización hospitalaria, tanto de baja, mediana o alta complejidad. Sería interesante comprobar la aplicabilidad en centros de salud como los CRS, CDT, postas, etc. Así como también en el sector privado, pudiendo aplicarse a clínicas o centros de diagnóstico y tratamiento independientes.

## 7 Referencias Bibliográficas

- Afanador, G. F. (2012). Atención segura y de calidad a través del manejo de la operación hospitalaria. *El Hospital*, 1-6.
- Alvarez, F., & Reinoso, H. (2009). Tesis: *Un modelo de Optimización para planificar la producción de una compañía siderúrgica*. Concepción, Chile: Ingeniería Industrial, Universidad de Concepción.
- Ango, H., & Bedriña, J. (2012). Cátedra de: *Metodología de la Investigación Científica: Técnicas, Instrumentos y Procedimientos*. Ayacucho, Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Aravena, M., Kimelman, E., Micheli, B., Torrealba, R., & Zúñiga, J. (2006). *Investigación Educativa I*. Santiago: Convenio Interinstitucional.
- Arriola, A. (2007). Cátedra de: *Planificación de la Producción*. Valparaíso, Chile: Ingeniería Civil Biomédica, Universidad de Valparaíso.
- Arriola, A. (2012a). Cátedra de: *Administración de la Producción: Factores de Producción*. Valparaíso, Chile: Ingeniería Civil Biomédica, Universidad de Valparaíso.
- Arriola, A. (2012b). Cátedra de: *Procesos Hospitalarios*. Valparaíso, Chile: Ingeniería Civil Biomédica, Universidad de Valparaíso.
- Babbie, E. (2000). *Fundamento de la investigación social*. Mexico D. F.: Prentice Hall.
- Birriel, P., Ceriotti, A. M., & Chiriff, A. L. (2011). Cátedra de: *Introducción a la Investigación de Operaciones*. Montevideo, Uruguay: Facultad de Ingeniería, Universidad de la República Oriental del Uruguay.
- Boyer, R., & Freyssenet, M. (2003). *Los Modelos Productivos*. Madrid: Fundamentos.
- Castro, R. (2008). Cátedra de: *Crisis Hospitalaria: Hacia un Modelo de Hospital Público Moderno*. Instituto Libertad y Desarrollo. Chile: Santiago.
- Contraloría General de la República. (2009). *Informe Final Consolidación Servicio de Salud*. Chile: Santiago.
- Creswell, J. (2009). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches (3.º Ed.)*. Londres: Sage Pubn Inc.
- Eppen, Gould, Schimidt, Moore, & Weatherford. (2000). *Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa*. México D. F.: Prentice Hall.
- Fontas, C., Conçalves, F., Vitale, M., & Viglietta, D. (1998). Cátedra de: *La técnica de los grupos focales en el marco de la investigación socio - cualitativa*. Santa Fe, Argentina: Facultad de Humanidades y Artes, Universidad Nacional de Rosario.
- Garag, S., & Chakravarty, A. (2001). Modernisation: Medical Technology and Changing Clinical Practice Patterns, Can we Afford it?. *Journal of the American Heart Association*, 13 (2), 7-12.
- García, J., & Maheut, J. (2011). Cátedra de: *Modelos y Métodos de Investigación de Operaciones. Procedimientos para Pensar*. Valencia, España: Departamento de Organización de Empresas, Universidad Politécnica de Valencia.
- García, R., Baesler, F., Rodríguez, P., & Pezo, M. (2003). Urgencias Hospitalarias: Análisis del Diseño y Gestión de servicios de emergencias hospitalarias. *Theoria, Universidad del Bio-Bio*, 12, 9-20.
- Gonzales, R., & Espinoza, D. (2009). Trabajo de Título para optar al título de Ingeniero Biomédico. *Modelo de planificación agregada de producción aplicado al proceso de intervenciones*

- quirúrgicas del hospital Carlos Van Buren*. Valparaíso, Chile: Ingeniería Civil Biomédica, Universidad de Valparaíso.
- Grinnell, R. M., & Unrau, Y. A. (2005). *Social Work Research and Evaluation: Foundations of Evidence-Based Practice*. Nueva York: Reviews.
- Hamdy, T. (2004). *Investigación de Operaciones*. México D. F.: Pearson Educación.
- Hernandez, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico D. F.: McGraw-Hill.
- Huerta, J. M. (2005). Cátedra de: *Los grupos focales*. Mayagüez, Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico en Mayagüez.
- Hurtado. (2008). *La observación*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2013 de Rena: <http://www.rena.edu.ve/cuartaEtapa/metodologia/Tema11.html>
- Jansson, A., & Delgado, C. (2000). Optimización del Proceso de cirugía en Hospitales Públicos. Una aplicación de la modelación matemática entera en la prestación de atenciones quirúrgicas en el Hospital El Salvador. *Pharos, Arte, Ciencia y Tecnología*, 7(1), 31-62.
- Lecca, R. (1997). *Investigación de Operaciones*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2012 de Investigación de Operaciones: <http://www.investigaciondeoperaciones.net/>
- León, O., & Montero, I. (2003). *Métodos de Investigación en psicología y Educación (3ª edición)*. Madrid: McGraw-Hill.
- Marrades, G. (2001). Hospitalización Domiciliaria, ¿Una nueva modalidad asistencial? *Servei de Pneumologia. Hospital Clínico, Barcelona.*, 37 (4), 157-159.
- Medina, C., Marin, J. A., & Alfalla, R. (2010). Una propuesta metodológica para la realización de búsquedas sistemáticas de Bibliografía. *Working Papers on Operations Management*, 1(2), 13-30.
- Mertens, D. M. (2005). *Research and Evaluation in Education and Psychology: Integrating Diversity with Quantitative, Qualitative, and Mixed Methods*. Washington, D.C.: Sage Publications.
- Ministerio de Salud. (2001). *Guía Metodológica para Estudios de Preinversión Hospitalario*. Santiago: División de Inversiones y Desarrollo de la Red Asistencial, Gobierno de Chile.
- Ministerio de Salud. (2009). *Norma Técnica Básica*. Recuperado de <http://web.minsal.cl/portal/url/item/b0226a5e50cdb42fe04001011e0147fa.pdf>
- Montero, D. (2009). *Definición y Significado de Investigación de Operaciones*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2012, de Monografías: <http://www.monografias.com/trabajos70/investigacion-operaciones/investigacion-operaciones.shtml>
- Mortis, S., Rosas, R., & Chairez, E. (2008). *Diseños de la investigación*. Recuperado el 15 de Abril de 2013, de Instituto Tecnológico de Sonora: [http://biblioteca.itson.mx/oa/educacion/oa14/disenio\\_investigacion/index.htm](http://biblioteca.itson.mx/oa/educacion/oa14/disenio_investigacion/index.htm)
- Navarro, V. (2001). *Metodos de investigación en Cincieas Sociales*. Recuperado el 26 de Noviembre de 2013, de Academia edu: [http://www.academia.edu/3665860/Apuntes\\_Metodos\\_de\\_Investigacion\\_en\\_Ciencias\\_Sociales](http://www.academia.edu/3665860/Apuntes_Metodos_de_Investigacion_en_Ciencias_Sociales)
- Organización Mundial de la Salud. (2011). *Dispositivos Médicos*. Obtenido de <http://www.who.int/bulletin/volumes/88/8/09-073361-ab/es/>
- Parra, C. (2011). *Producción industrial*. Recuperado el 20 de Enero de 2014, de Slideshare: <http://www.slideshare.net/carlosparracarrillo/sistemas-de-producucin-industrial>

- Peláez, A., Rodríguez, J., Ramírez, S., Pérez, L., Vázquez, A., & González, L. (2011). Cátedra de: *La Entrevista*. Madrid, España: Universidad Autónoma de Madrid. Obtenido de [http://www.uam.es/personal\\_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Curso\\_10/Entrevista.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Curso_10/Entrevista.pdf)
- Prados, J. A. (2010). Cátedra de: *Entrevista básica semiestructurada cuenca*. Washington, Estados Unidos: Medicine at Health Center. Primary Care.
- Ramos, A., Sánchez, P., Ferer, J. M., Bárquin, J., & Linares, P. (2010). *Modelos Matemáticos de Optimización*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas, Escuela Técnica Superior de Ingeniería.
- Rios, S. (1995). *Modelización*. Madrid: Alianza Universidad.
- Rivera, J., & Valor, J. (1990). *Gestion de la Empresa Hospitalaria*. (DI N° 199) Barcelona: Universidad de Navarra, IESE Business School.
- Rodríguez, E., & Sánchez, A. (2005). *Capacitación de la Ingeniería Clínica con Valor Agregado*. Habana, Cuba: IV Congreso de la Sociedad Cubana de Bioingeniería.
- Scenna, N. J. (1992). Tesis: *Modelado, Simulación y Optimización de Procesos Químicos*. Buenos Aires, Argentina: Ingeniería Química, Universidad Tecnológica Nacional.
- Shaphiro, J. (2001). Diseñando un sistema de modelos tácticos o estratégicos de la producción hospitalaria. *Adingor*, 152-154.
- Silva, V. (2013). Cátedra de: *Economía y Finanzas en Salud*. Valparaíso, Chile: Ingeniería Civil Biomédica, Universidad de Valparaíso.
- Stake, R. E. (2006). *Multiple Case Study Analysis*. Toronto: Guilford Pubn.
- Stubing, D. (2014). Comunicación verbal. Estudiante de Ingeniería Civil Biomédica, Valparaíso, Chile: Universidad de Valparaíso.
- Talabera, P. (1999). *Qué es un Diagrama de Flujo – Gestión de Procesos*. Recuperado el 15 de Enero de 2014, de Aiteco consultores: <http://www.aiteco.com/que-es-un-diagrama-de-flujo/>
- Tinoco, M. (2011). *Optimización con multiplicador de Lagrange*. Recuperado el 12 de Abril de 2014 de Slideshare: <http://www.slideshare.net/miketinoco/optimizacion-con-multiplicador-de-lagrange>
- Viveros, R., & Salazar, E. (2010). Modelo de Planificación de Producción para un Sistema Multiproducto con Múltiples Líneas de Producción. *Ingeniería de Sistemas*, XXIV, 89-102
- Yin, R. K. (2009). *Case Study Research: Design and Methods*. Londres: Sage Publications Ltd.

	El primero es un óvalo que hace referencia a la iniciación o finalización del flujo, por lo que puede ser visto al comienzo del diagrama y al final del mismo (Talabera, 1999).
	El segundo es un rectángulo que identifica las distintas secciones o actividades identificables en un hospital. Es en éstos donde se generan los flujos de pacientes (Talabera, 1999).
	El rombo indica decisiones. No corresponde a una sección del hospital, si no que representa una pregunta de la que, dependiendo de la respuesta, puede tomarse dos o más caminos o actividades. Corresponde a una división de opciones (Talabera, 1999).
	Los conectores, corresponden a flechas que unen rombos, óvalos y/o rectángulos. Éstas indican el sentido flujo hacia donde pueden dirigirse los pacientes.
	Por último, se encuentran las flechas con leyenda las que tienen exactamente la misma función que las flechas sin texto, pero permiten identificar las decisiones después de un rombo, o especificar de qué se trata la flecha cuando es necesario. Se pueden ver las leyendas de “Si” y “No” después de un rombo de decisión y la leyenda de “Interconsulta”.

Los elementos presentes en el cuadro anterior, son los utilizados para el desarrollo del diagrama de procesos productivos, el cual fue desarrollado en base a entrevistas con profesionales del área de la salud.

Estas figuras, son solo parte de un diagrama y no representan un proceso, por lo que el uso del lenguaje BPM sólo queda acotado al uso de las figuras y no de la normativa que lo rige para su desarrollo.

Además las figuras expuestas en el cuadro son solo las utilizadas para el desarrollo del diagrama desarrollado en este trabajo, y que se puede consultar en la sección de resultados de este documento.

## 8.2 Anexo 2: Metodología de Investigación (Stubing, 2014)

A continuación se describe la metodología utilizada para el desarrollo de la investigación de este documento.

### Profundización del Estudio de la Metodología de investigación

La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno.

#### 1. Enfoques de la investigación

**Enfoque cuantitativo:** Usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2010).

**Enfoque cualitativo:** Utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2010).

##### 1.1. Dimensiones de los enfoques: Cualitativo y Cuantitativo (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2010)

Definiciones(dimensiones)	Enfoque cuantitativo	Enfoque cualitativo
Marcos generales de referencia básicos	Positivismo, neopositivismo y pos positivismo.	Fenomenología, constructivismo, naturalismo, interpretativismo.
Punto de Partida	Hay una realidad que conocer. Esto puede hacerse a través de la mente.	Hay una realidad que descubrir, construir e interpretar. La realidad es la mente.
Realidad a Estudiar	Existe una realidad objetiva única. El mundo es concebido como externo al investigador.	Existen varias realidades subjetivas construidas en la investigación, las cuales varían en su forma y contenido entre individuos, grupos y culturas. Por ello, el investigador cualitativo parte de la premisa de que el mundo social es "relativo" y solo puede ser entendido desde el punto de vista de los actores estudiados. Dicho de otra forma, el mundo es

		construido por el investigador.
<b>Naturaleza de la realidad</b>	La realidad no cambia por las observaciones y mediciones realizadas.	La realidad si cambia por las observaciones y la recolección de datos.
<b>Objetividad</b>	Busca ser objetivo.	Admite subjetividad.
<b>Metas de la investigación</b>	Describir, explicar y predecir los fenómenos (causalidad). Generar y probar teorías.	Describir, comprender e interpretar los fenómenos, a través de las percepciones y significados producidos por las experiencias de los participantes.
<b>Lógica</b>	Se aplica la lógica deductiva. De lo general a lo particular (de las leyes y teoría a los datos). Se aplica la lógica inductiva. De lo particular a lo general (de los datos a las leyes y teoría).	Se aplica la lógica deductiva. De lo general a lo particular (de las leyes y teoría a los datos).
<b>Posición personal del investigador</b>	Neutral. El investigador "hace a un lado" sus propios valores y creencias. La posición del investigador es "imparcial", intenta asegurar procedimientos rigurosos y "objetivos" de recolección y análisis de los datos, así como evitar que sus sesgos y tendencias influyan en los resultados.	Explicita. El investigador reconoce sus propios valores y creencias, incluso son parte del estudio.
<b>Interacción física entre investigador y el fenómeno.</b>	Distanciada, separada.	Próxima, suele haber contacto. Interacción psicológica
<b>Interacción psicológica entre el investigador y el fenómeno</b>	Distanciada, lejana, neutral, sin involucramiento.	Cercana, próxima, empática, con involucramiento.
<b>Planteamiento del problema</b>	Delimitado, acotado, específico. Poco flexible.	Abierto, libre, no es delimitado o acotado. Muy flexible.
<b>Papel de la revisión de la literatura</b>	La literatura representa un papel crucial, guía a la investigación. Es fundamental para la definición de la teoría, las hipótesis, el diseño y demás etapas del proceso.	La literatura desempeña un papel menos importante al inicio, aunque si es relevante en el desarrollo del proceso. En ocasiones, provee de dirección, pero lo que principalmente señala el rumbo es la evolución de eventos durante el estudio y el aprendizaje que se obtiene de los participantes.

		El marco teórico es un elemento que ayuda a justificar la necesidad de investigar un problema planteado. Algunos autores del enfoque cualitativo consideran que su rol es únicamente auxiliar.
<b>Diseño de la investigación</b>	Estructurado, predeterminado (precede a la recolección de los datos).	Abierto, flexible, construido durante el trabajo de campo o realización del estudio.
<b>Población-muestra</b>	El objetivo es generalizar los datos de una muestra a una población (de un grupo pequeño a uno mayor).	Regularmente no se pretende generalizar los resultados obtenidos en la muestra a una población.
<b>Muestra</b>	Se involucra a muchos sujetos en la investigación porque se pretende generalizar los resultados del estudio.	Se involucra a unos cuantos sujetos porque no se pretende necesariamente generalizar los resultados del estudio
<b>Composición de la muestra</b>	Casos que en conjunto son estadísticamente representativos.	Casos individuales, representativos no desde el punto de vista estadístico.
<b>Naturaleza de los datos</b>	La naturaleza de los datos es cuantitativa (datos numéricos).	La naturaleza de los datos es cualitativa (textos, narraciones, significados, etc.)
<b>Tipo de datos</b>	Datos confiables y duros.	Datos profundos y enriquecedores
<b>Recolección de datos</b>	La recolección se basa en instrumentos estandarizados. Es uniforme para todos los casos. Los datos se obtienen por observación, medición y documentación de mediciones. Se utilizan instrumentos que han demostrado ser válidos y confiables en estudios previos o se generan nuevos basados en la revisión de la literatura y se prueban y ajustan. Las preguntas o ítems utilizados son específicos con posibilidades de respuesta predeterminadas.	La recolección de los datos está orientada a proveer de un mayor entendimiento de los significados y experiencias de las personas. El investigador es el instrumento de recolección de los datos, se auxilia de diversas técnicas que se desarrollan durante el estudio. Es decir, no se inicia la recolección de los datos con instrumentos

		preestablecidos, sino que el investigador comienza a aprender por observación y descripciones de los participantes y concibe formas para registrar los datos que se van refinando conforme avanza la investigación.
<b>Finalidad del análisis de los datos</b>	Los participantes son fuentes externas de datos.	Los participantes son fuentes internas de datos. El investigador también es un participante.
<b>Forma de los datos para analizar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemático. Utilización intensiva de la Estadística (descriptiva e inferencial).</li> <li>• Basado en variables.</li> <li>• Impersonal.</li> <li>• Posterior a la recolección de los datos</li> </ul>	<p>El análisis varía dependiendo del modo en que hayan sido recolectados los datos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentado en la inducción analítica.</li> <li>• Uso moderado de la estadística (conteo, algunas operaciones aritméticas).</li> <li>• Basado en casos o personas y sus manifestaciones.</li> <li>• Simultaneo a la recolección de los datos.</li> <li>• El análisis consiste en describir información y desarrollar temas.</li> </ul>
<b>Proceso del análisis de los datos</b>	El análisis se inicia con ideas preconcebidas, basadas en las hipótesis formuladas. Una vez recolectados los datos numéricos, estos se transfieren a una matriz, la cual se analiza mediante procedimientos estadísticos	Por lo general, el análisis no se inicia con ideas preconcebidas sobre cómo se relacionan los conceptos o variables. Una vez reunidos los datos verbales, escritos y/o audiovisuales, se integran en una base de datos compuesta por texto y/o elementos visuales, la cual se analiza para determinar significados y describir el fenómeno estudiado desde el punto de vista de sus actores. Se integran

		descripciones de personas con las del investigador.
<b>Perspectiva del investigador en el análisis de los datos</b>	Externa (al margen de los datos). El investigador no involucra sus antecedentes y experiencias en el análisis. Mantiene distancia de este.	Interna (desde los datos). El investigador involucra en el análisis sus propios antecedentes y experiencias, así como la relación que tuvo con los participantes del estudio.
<b>Principales criterios de evaluación en la recolección y análisis de los datos</b>	Objetividad, rigor, confiabilidad y validez.	Credibilidad, confirmación, valoración y transferencia.
<b>Presentación de resultados</b>	Tablas, diagramas y modelos estadísticos. El formato de presentación es estándar.	El investigador emplea una variedad de formatos para reportar sus resultados: narraciones, fragmentos de textos, videos, audios, fotografías y mapas; diagramas, matrices y modelos conceptuales.

1.2. Alcances y limitaciones de los enfoques de la investigación (Aravena, Kimelman, Micheli, Torrealba, & Zúñiga, 2006)

Enfoques de la Investigación	Alcances	Limitaciones
<b>Cuantitativa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Describe, explica y predice fenómenos, genera y prueba teorías.</li> <li>Los datos son confiables de estos se basa en instrumentos estandarizados.</li> <li>Existe objetividad, rigor, confiabilidad y validez en cuento a la evaluación, recolección y análisis de los datos.</li> <li>Se tiene control sobre los fenómenos, facilita la comparación entre estudios similares.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El planteamiento del problema es delimitado y específico, al ser poco flexible no es posible que puedan abordarse otros aspectos y solo se busque lo necesario.</li> <li>El diseño de la investigación es estructurado y predeterminado limita una recolección de datos más generales y sin actividades que puedan incluirse en la investigación.</li> <li>El enfoque es impersonal, cerrado y rígido, impidiendo un alcance diferente en dicho proceso</li> <li>Estudia a las personas como objetos y que las diferencias individuales y culturales entre grupos no pueden promediarse estadísticamente</li> <li>Al analizar los datos se necesita un número mayor de participantes.</li> </ul>

<p>Cualitativa</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Describen e interpretan los fenómenos a través de las percepciones que tiene cada uno de los participantes.</li><li>• El diseño de investigación abierto, flexible y que se construya durante la realización del estudio</li><li>• Los datos en este enfoque son profundos y enriquecen permitiendo que se conozca el fenómeno a fondo.</li><li>• La recolección de datos permite mejor entendimiento del significado y a las experiencias. Se busca en comprender un fenómeno, no se busca medir variables involucradas.</li><li>• El proceso de investigación es de manera secuencial, las etapas se van a realizar interactúan entre si y no se sigue una secuencia rigurosa, pudiendo así regresar a una etapa o brincar a otra para observar ese fenómeno.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• No suele probar hipótesis o teorías</li><li>• No permite análisis estadísticos</li><li>• La recolección de datos es influenciada por los participantes que por aplicación de instrumentos.</li></ul>
--------------------	---	--

## 2. Alcances de la investigación cuantitativa y cualitativa

Esta reflexión es importante, pues del alcance del estudio depende la estrategia de investigación.

El diseño, los procedimientos y otros componentes del proceso serán distintos en estudios con alcance exploratorio, descriptivo, correlacionar o explicativo. Pero en la práctica, cualquier investigación puede incluir elementos de más de uno de estos cuatro alcances. (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2010)

Los *estudios exploratorios* sirven para preparar el terreno y por lo común anteceden a investigaciones con alcances descriptivos, correlacionales o explicativos. Los estudios descriptivos (por lo general) son la base de las investigaciones correlacionales, las cuales a su vez proporcionan información para llevar a cabo estudios explicativos que generan un sentido de entendimiento y son altamente estructurados. Las investigaciones que se realizan en un campo de conocimiento específico pueden incluir diferentes alcances en las distintas etapas de su desarrollo. Es posible que una investigación se inicie como exploratoria, después puede ser descriptiva, correlacional y terminar como explicativa (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2010)

### 2.1. Propósito y Valor del alcance de la investigación cuantitativa (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2010)

Alcance de la Investigación	Propósito de las investigaciones	Valor
Exploratorios	Se realiza cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes.	Ayuda a familiarizarse con fenómenos desconocidos, obtener información para realizar una investigación más completa de un contexto particular, investigar nuevos problemas, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones futuras, o sugerir afirmaciones y postulados.
Descriptivos	Busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.	Es útil para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación.
Correlacionales	Su finalidad es conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular.	En cierta medida tiene un valor explicativo, aunque parcial, ya que el hecho de saber que dos conceptos o variables se relacionan aporta cierta información explicativa.
Explicativos	Está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables.	Se encuentra más estructurado que las demás investigaciones (de hecho implica los propósitos de éstas); además de que proporciona un sentido de entendimiento del fenómeno a que hacen referencia.

## 2.2. Selección del alcance

- (1) **Conocimiento actual del tema de investigación:** En primer lugar, la literatura puede revelar que no hay antecedentes sobre el tema en cuestión o que no son aplicables al contexto en el cual habrá de desarrollarse el estudio, entonces la investigación deberá iniciarse como *exploratoria*. Si la literatura nos revela guías aún no estudiadas e ideas vagamente vinculadas con el problema de investigación, la situación resulta similar, es decir, el estudio se iniciaría como exploratorio. En segundo lugar, la literatura nos puede revelar que hay “piezas y trozos” de teoría con apoyo empírico moderado; esto es, estudios descriptivos que han detectado y definido ciertas variables y generalizaciones. En estos casos nuestra investigación puede iniciarse como *descriptiva o correlacional*, pues se descubrieron ciertas variables sobre las cuales fundamentar el estudio. Asimismo, es posible adicionar variables a medir. El estudio será correlacional cuando los antecedentes nos proporcionan generalizaciones que vinculan variables (hipótesis) sobre las cuales trabajar. En tercer lugar, la literatura nos puede revelar que existe una o varias teorías que se aplican a nuestro problema de investigación; en estos casos, el estudio puede iniciarse como *explicativo*. Si pretendemos evaluar por qué ciertos ejecutivos están más motivados intrínsecamente hacia

su trabajo que otros, al revisar la literatura nos encontraremos con la teoría de la relación entre las características del trabajo y la motivación intrínseca, la cual posee evidencia empírica de diversos contextos. Entonces pensaríamos en llevar a cabo un estudio para explicar el fenómeno en nuestro contexto. (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2010)

- (2) **La perspectiva que el investigador pretenda dar a su estudio:** Por otra parte, el sentido o perspectiva que el investigador le dé a su estudio determinará cómo iniciar éste. Si piensa en realizar una investigación sobre un tema previamente estudiado, pero quiere darle un sentido diferente, el estudio puede iniciarse como exploratorio. (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2010)

### 3. Diseño de la investigación

Una vez definido el alcance inicial de la investigación, el investigador debe visualizar la manera práctica y concreta de responder a las preguntas de investigación, además de cubrir los objetivos fijados. Esto implica seleccionar o desarrollar uno o más diseños de investigación y aplicarlos al contexto particular de su estudio. El término *diseño* se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2010). Existen los siguientes diseños:

- (1) Diseños experimentales
- (2) Diseños no experimentales
- (3) Diseño Estudio de Casos
- (4) Diseños cualitativos

#### (1) Diseños Experimentales

El término **experimento** tiene al menos dos acepciones, una general y otra particular. La general se refiere a “elegir o realizar una acción” y después observar las consecuencias (Babbie, 2000). Este uso del término es bastante coloquial; así, hablamos de “experimentar” cuando mezclamos sustancias químicas y vemos la reacción provocada, o cuando nos cambiamos de peinado y observamos el efecto que suscita en nuestras amistades dicha transformación. La esencia de esta concepción de experimento es que requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados. Una acepción particular de experimento, más armónica con un sentido científico del término, se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas-antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos-consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador. Esta definición quizá parezca compleja; sin embargo, conforme se analicen sus componentes se aclarará el sentido de la misma (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2010).

Los *experimentos* son estudios de intervención, porque un investigador genera una situación para tratar de explicar cómo afecta a quienes participan en ella en comparación con quienes no lo hacen. Es posible experimentar con seres humanos, seres vivos y ciertos objetos (Creswell, 2009).

Los experimentos manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control.

Dentro del diseño experimental se subdividen en los siguientes diseños:

- a. **Pre experimentos:** Diseño de un solo grupo cuyo grado de control es mínimo. Generalmente es útil como un primer acercamiento al problema de investigación en la realidad. Los diseños preexperimentales sirven como estudios exploratorios. Los diseños de investigación pre-experimental son los siguientes:
- **Diseño de un solo grupo con pos test:** En este diseño el tratamiento o variable independiente sólo se aplica a un grupo de sujetos. A continuación se somete al grupo a un pos test para ver cuáles han sido los efectos de dicho tratamiento en la variable dependiente (Mortis, Rosas, & Chairez, 2008).
  - **Diseño de un solo grupo con pretexto y pos test:** Los pasos para la aplicación de este diseño son: aplicación de un pretexto para la medida de la variable dependiente, aplicación del tratamiento o variable independiente y, por último, aplicación, de nuevo, de un pos test para la medida de la variable dependiendo (Mortis, Rosas, & Chairez, 2008).
  - **Diseño de dos grupos con pos test al grupo experimental y al grupo de control.:** Este diseño es similar al primero, al que se ha añadido un grupo de control. Los grupos son no equivalentes, lo que supone que los sujetos de uno y otro grupo podrían no ser comparables en las características más relevantes. El grupo experimental recibe tratamiento y pos test y el grupo de control sólo el pos test. La incorporación del segundo grupo permite controlar algunos factores de invalidez interna no controlados en el primer diseño (Mortis, Rosas, & Chairez, 2008).
- b. **Experimentos puros:** Los experimentos “puros” son aquellos que reúnen los dos requisitos para lograr el control y la validez interna: grupos de comparación (manipulación de la variable independiente) y equivalencia de los grupos. Estos diseños llegan a incluir una o más variables independientes y una o más dependientes. Asimismo, pueden utilizar pre pruebas y pos pruebas para analizar la evolución de los grupos antes y después del tratamiento experimental. Desde luego, no todos los diseños experimentales “puros” utilizan pre prueba; aunque la pos prueba si es necesaria para determinar los efectos de las condiciones experimentales (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2010).A continuación se muestran varios diseños experimentales “puros”.
- **Dos grupos con pos test y con grupo control:** Este diseño es similar al diseño de dos grupos con pos test al grupo experimental y al grupo de control. La diferencia entre uno y otro está en que los sujetos han sido elegidos y asignados a los grupos al azar. Este diseño efectúa un control mayor sobre la validez interna en lo que se refiere a la historia y a la maduración. La selección al azar ayuda, al mismo tiempo, a controlar la selección y la mortalidad. Puesto que no se aplica pre test a ninguno de los dos grupos, se controlan otros factores como es el efecto de la aplicación de pruebas y la interacción entre tales pruebas y la selección de los sujetos (Mortis, Rosas, & Chairez, 2008).
  - **Dos grupos con pretest-postest y grupo control:** Este diseño es de los más completos que se pueden utilizar en la investigación experimental, porque incluye: la asignación de los sujetos al azar, se mide la variable dependiente en ambos grupos, al mismo tiempo, antes y después del tratamiento. Este es uno de los diseños con mayor control sobre los factores que puedan afectar la validez interna (historia, maduración, selección y mortalidad) puesto que incorpora un grupo control que tiene las mismas experiencias que el grupo experimental, excepto el tratamiento (Mortis, Rosas, & Chairez, 2008).

- **Diseño Solomon con cuatro grupos:** Con él se pretende controlar la posible interacción que pueda existir entre el pre test y el tratamiento. Este diseño permitirá que los resultados puedan generalizarse también a los sujetos que no han recibido pre test. Como puede apreciarse este diseño consta de cuatro grupos formados por asignación al azar antes de empezar la investigación. Dos grupos reciben pre test y otros dos no; dos grupos reciben tratamiento y otros dos no (Mortis, Rosas, & Chairez, 2008).

c. **Cuasi-experimentos:** La característica fundamental de este tipo de diseño está en que el experimentador no puede hacer la asignación al azar de los sujetos a los grupos experimentales y de control. Sin embargo, si puede controlar alguna de las siguientes cuestiones: cuándo llevar a cabo las observaciones, cuándo aplicar la variable independiente o tratamiento y cuál de los grupos recibirá el tratamiento (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2010).

- **Diseño con grupo de control no equivalente y pre test:** Para minimizar las diferencias que puedan existir entre el grupo de control, se puede asignar los participantes a uno y otro grupo al azar, con lo que estará logrando la equivalencia entre ambos grupos. En el caso de que esto no fuese posible, al investigador aún le queda la posibilidad de asignar al azar el grupo que recibirá el tratamiento y el grupo que hará de control. Este diseño incluye dos grupos, uno de control y otro experimental, a los que se les ha aplicado pre test y pos test al mismo tiempo. El grupo experimental es el que recibe la variable independiente o tratamiento. El grupo de control puede recibir no tratamiento, un placebo o un tratamiento alternativo (Mortis, Rosas, & Chairez, 2008).
- **Diseño de series temporales:** Este diseño incluye un grupo. La variable dependiente es medida antes y después del tratamiento varias veces. El efecto del tratamiento viene determinado por la diferencia entre las medidas tomadas al grupo antes y después de la intervención o del tratamiento. Este diseño es similar al diseño de un solo grupo con pre test y pos test; sin embargo, este es más potente gracias a las múltiples medidas que se efectúan antes y después del tratamiento. Estas medidas adicionales permiten al investigador excluir la maduración y la administración de las pruebas como una fuente de influencias en los cambios entre el pre test y el pos test. Este tipo de diseño es especialmente útil en aquellas investigaciones donde, al no ser posible la inclusión de un grupo de control, se quiere ver los efectos de un tratamiento de forma inmediata, a medio y a largo plazo (Mortis, Rosas, & Chairez, 2008).
- **Diseño compensado:** En este diseño se aplican todos los tratamientos a todos los grupos que intervienen en la investigación. Generalmente este tipo de diseños se utilizan cuando hay varios tipos de tratamientos que se desea analizar. La novedad está en que cada grupo es expuesto al tratamiento en momentos distintos tal y como se puede apreciar en el diagrama. En éste observamos que el número de tratamientos ha sido de tres y el orden en que los grupos han sido expuestos varía (Mortis, Rosas, & Chairez, 2008).

## (2) Diseño No experimentales

Estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos.

Los diseños de **investigación transeccional** o **transversal** recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

**a. Transeccional o transversal:** Investigaciones que recopilan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado (o describir comunidades, eventos, fenómenos o contextos), es como tomar una fotografía de algo que sucede. A su vez, los diseños transeccionales se dividen en:

- **Diseños transeccionales exploratorios:** Su propósito es comenzar a conocer una comunidad, un contexto, un evento, una situación, una variable o un conjunto de variables. Se trata de una exploración inicial en un momento específico, por lo general se aplica a problemas de investigación nuevos o pocos conocidos, y se constituyen en preámbulo de los otros diseños (experimentales y no experimentales) (Mortis, Rosas, & Chairez, 2008).
- **Diseños transeccionales descriptivos:** Tienen como objetivo indagar las incidencias y los valores en que se manifiestan una o más variables (dentro del enfoque cuantitativo) o ubicar, categorizar y proporcionar una visión de una comunidad, un evento, un contexto, un fenómeno o una situación. El procedimiento consiste en medir, o ubicar a un grupo de personas, situaciones, contextos, fenómenos, en una variable o concepto y proporcionar su descripción. Son, por lo tanto, estudios puramente descriptivos y cuando establecen hipótesis, éstas son también descriptivas (Mortis, Rosas, & Chairez, 2008).
- **Diseños transeccionales correlacionales-causales:** Tienen como objetivo describir relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado. En estos diseños lo que se mide-analiza (enfoque cuantitativo) o evalúa-analiza (enfoque cualitativo) es la relación entre variables en un tiempo determinado. Este tipo de diseño, también puede precisar sentido de causalidad (Mortis, Rosas, & Chairez, 2008).

**b. Longitudinales:** Estudios que recolectan datos en diferentes puntos, a través del tiempo, para realizar inferencias acerca del cambio, sus determinantes y consecuencias. Los diseños longitudinales suelen dividirse en:

- **Diseños longitudinales de tendencia:** Son aquellos que analizan cambios a través del tiempo en variables o sus relaciones, dentro de alguna población en general. Se puede observar o medir toda la población, o tomar una muestra representativa de ella cada vez que se observan o midan las variables. Su característica distintiva es que la atención se centra en una población (Mortis, Rosas, & Chairez, 2008).
- **Diseños longitudinales de evolución de grupo Cohorte:** Examinan cambios a través del tiempo en sub-poblaciones o grupos específicos. Su atención son las Cohorte o grupos de individuos vinculados de alguna manera (sexo, edad, etc.). Se hace un seguimiento de estos subgrupos a través del tiempo (Mortis, Rosas, & Chairez, 2008).
- **Diseños longitudinales panel:** Son similares a los diseños anteriores, sólo que el mismo grupo de sujetos es medido u observado (se recolectan datos sobre ellos) en todos los tiempos o momentos. Su atención se centra en los sujetos individualizados, por lo tanto, son mediciones más precisas (Mortis, Rosas, & Chairez, 2008).

### (3) Estudio de casos

Los *estudios de caso* son considerados por algunos autores y autoras como una clase de diseños, a la par de los experimentales, no experimentales y cualitativos (Grinnell & Unrau, 2005) mientras que otros los ubican como una clase de diseño experimental (León & Montero, 2003) o un diseño etnográfico (Creswell, 2009). También han sido concebidos como un asunto de muestreo o un método (Yin, 2009).

La realidad es que los *estudios de caso* son todo lo anterior (Blatter, 2008; Hammersley, 2003), poseen sus propios procedimientos y clases de diseños. Los podríamos definir como “estudios que al utilizar los procesos de investigación cuantitativa, cualitativa o mixta; analizan profundamente una unidad para responder al planteamiento del problema, probar hipótesis y desarrollar alguna teoría” (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2010). Esta definición los sitúa más allá de un tipo de diseño o muestra, pero ciertamente es la más cercana a la evolución que han tenido los estudios de caso en los últimos años.

En ocasiones, los *estudios de caso* utilizan la experimentación, es decir, se constituyen en estudios Pre-experimentales. Otras veces se fundamentan en un diseño no experimental (transversal o longitudinal) y en ciertas situaciones se convierten en estudios cualitativos, al emplear métodos cualitativos.

La U.S. General Accounting Office, en 1990, proporcionó una definición de estudio de caso: constituye un método para aprender respecto a una instancia compleja, basado en su entendimiento comprensivo como un “todo” y su contexto, mediante datos e información obtenidos por descripciones y análisis extensivos (Mertens, 2005). Otra tipología de los estudios de casos es la que tiene que ver con el número de unidades o entidades a considerar (Stake, 2006):

- Un solo caso o unidad de análisis.
- Múltiples unidades de análisis o casos (en primera instancia, evaluando a cada uno por sí mismo holística o integralmente, para después establecer tendencias).
- Múltiples casos “cruzados” o “entrelazados” (pero la diferencia con la clase anterior es que desde el inicio se pretende revisar comparativamente los casos entre sí, buscando similitudes y diferencias).

### (4) Diseños Cualitativos

El término *diseño* adquiere otro significado distinto al que posee dentro del enfoque cuantitativo, particularmente porque las investigaciones cualitativas no se planean con detalle y están sujetas a las circunstancias de cada ambiente o escenario en particular. En el enfoque cualitativo, el diseño se refiere al “abordaje” general que habremos de utilizar en el proceso de investigación. Tal clasificación considera los siguientes diseños genéricos: teoría fundamentada, diseños etnográficos, diseños narrativos y diseños de investigación-acción.

- a. **Teoría fundamentada:** El diseño de teoría fundamentada utiliza un procedimiento sistemático cualitativo para generar una teoría que explique en un nivel conceptual una acción, una interacción o un área específica. Esta teoría es denominada sustantiva o de rango medio y se aplica a un contexto más concreto. La teoría fundamentada tiene dos diseños: sistemático y emergente.
- b. **Diseños etnográficos:** Los diseños etnográficos pretenden describir y analizar ideas, creencias, significados, conocimientos y prácticas de grupos, culturas y comunidades (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2010). Incluso pueden ser muy amplios y abarcar la historia, geografía y los subsistemas socioeconómico, educativo, político y cultural de un sistema social (rituales, símbolos, funciones sociales, parentesco, migraciones, redes y un

sin fin de elementos). La etnografía implica la descripción e interpretación profundas de un grupo, sistema social o cultural (Creswell, 2009).

- c. **Diseños Narrativos:** En los diseños narrativos el investigador recolecta datos sobre las historias de vida y experiencias de ciertas personas para describirlas y analizarlas. Resultan de interés los individuos en sí mismos y su entorno, incluyendo, desde luego, a otras personas señala que el diseño narrativo en diversas ocasiones es un esquema de investigación, pero también una forma de intervención, ya que el contar una historia ayuda a procesar cuestiones que no estaban claras o conscientes (Creswell, 2009). Se usa frecuentemente cuando el objetivo es evaluar una sucesión de acontecimientos; asimismo, provee de un cuadro micro analítico. Los datos se obtienen de autobiografías, biografías, entrevistas, documentos, artefactos y materiales personales y testimonios (que en ocasiones se encuentran en cartas, diarios, artículos en la prensa, grabaciones radiofónicas y televisivas, etcétera). Los diseños narrativos pueden referirse: toda la historia de vida de un individuo o grupo, un pasaje o época de dicha historia de vida o uno o varios episodios.
- d. **Diseños de Investigación-Acción:** La finalidad de la Investigación-Acción es resolver problemas cotidianos e inmediatos, y mejorar prácticas concretas. Su propósito fundamental se centra en aportar información que guíe la toma de decisiones para programas, procesos y reformas estructurales. Los pilares sobre los cuales se fundamentan los diseños de investigación-acción son:
- Los participantes que están viviendo un problema son los que están mejor capacitados para abordarlo en un entorno naturalista.
  - La conducta de estas personas está influida de manera importante por el entorno natural en que se encuentran.
  - La metodología cualitativa es la mejor para el estudio de los entornos naturalistas.

Según Stringer (1999) las tres fases esenciales de los diseños de investigación-acción son: Observar (construir un bosquejo del problema y recolectar datos), pensar (analizar e interpretar) y actuar (resolver problemas e implementar mejoras), las cuales se dan de una manera cíclica, una y otra vez, hasta que el problema es resuelto, el cambio se logra o la mejora se introduce satisfactoriamente (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2010). Además se divide a los diseños fundamentales de la investigación-acción en dos clases: Práctico y Participativo (Creswell, 2009).

En resumen se tiene la siguiente tabla, con los posibles diseños para cada alcance y si pertenecen al enfoque cualitativo y/o cuantitativo.

Alcance de investigación	Posibles Diseños	Cualitativo y/o Cuantitativo
Exploratorio	Transeccional exploratorio	Cualitativo y Cuantitativo
	Pre experimental	Cuantitativo
	Estudio de Casos	Cualitativo y Cuantitativo
	Estudios cualitativos	Cualitativo
Descriptivo	Pre experimental	Cuantitativo
	Transeccional descriptivo	Cualitativo y cuantitativo
	Estudio de casos	Cualitativo y cuantitativo
	Estudios cualitativos	Cualitativo
Correlacionar	Cuasi experimental	Cuantitativo
	Transeccional correlacionar	Cuantitativo
	Longitudinal(no experimental)	Cuantitativo
	Estudio de casos	Cuantitativo
Explicativo	Experimental	Cuantitativo

	Cuasi experimental, longitudinal y transaccional	Cuantitativo
	Estudio de casos	Cuantitativo

#### 4. Tipo de Muestreo

No siempre, pero en la mayoría de las situaciones se realiza el estudio en una muestra. Solo cuando queremos realizar un censo debemos incluir en el estudio a todos los casos del universo o la población. Para el proceso cuantitativo la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectaran datos, y que tiene que definirse o delimitarse de antemano con precisión, este deberá ser representativo de dicha población. El investigador pretende que los resultados encontrados en la muestra logren generalizarse o extrapolarse a la población (en el sentido de la validez externa que se comentó al hablar de experimentos). En el proceso cualitativo la muestra es un grupo de personas, eventos, sucesos, comunidades, etc., sobre el cual se habrán de recolectar los datos, sin que necesariamente sea representativo del universo o población que se estudia.

Una vez que se ha definido cuál será la unidad de análisis, se procede a delimitar la población que va ser estudiada y sobre la cual se pretende generalizar los resultados. Así, una *población* es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones (Selltiz *et al.*, 1980). La *muestra* es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos *población*. Básicamente categorizamos las muestras en dos grandes ramas: las *muestras no probabilísticas* y las *muestras probabilísticas*.

En las *muestras probabilísticas* todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos y se obtienen definiendo las características de la población y el tamaño de la muestra, y por medio de una selección aleatoria o mecánica de las unidades de análisis. Imagínese el procedimiento para obtener el número premiado en un sorteo de lotería. Este número se va formando en el momento del sorteo. En las loterías tradicionales, a partir de las esferas con un dígito que se extraen (después de revolverlas mecánicamente) hasta formar el número, de manera que todos los números tienen la misma probabilidad de ser elegidos.

A continuación se muestran las ventajas y desventajas de las muestras probabilísticas.

Muestra pirobalísticas	Definición	Ventajas	Desventajas
Muestreo probabilística estratificada	Muestreo en el que la población se divide en segmentos y se selecciona una muestra para cada segmento.	Se recomienda cuando se tiene un conocimiento a priori de la población. Cuando se trata de elementos poblacionales susceptibles a ser clasificado. Se obtienen estimaciones más precisas Su objetivo es conseguir una muestra lo más semejante posible a la población en lo que a la o las variables estratificadas se refiere.	Se ha de conocer la distribución en la población de las variables utilizadas para la estratificación. Los análisis son complicados, en muchos casos la muestra tiene que ponderarse.

<p><b>Muestreo probabilística por racimos</b></p>	<p>Muestreo en el que las unidades de análisis se encuentran encapsuladas en determinados lugares físicos.</p>	<p>Es muy eficiente cuando la población es muy grande y dispersa. Reduce costos. No es preciso tener un listado de toda población, solo de las unidades primarias de muestreo.</p>	<p>El error estándar es mayor que en el muestreo aleatorio simple o estratificado. El cálculo del error estándar es complejo.</p>
<p><b>Muestreo aleatorio simple</b></p>	<p>El procedimiento empleado es el siguiente: 1) se asigna un número a cada individuo de la población y 2) a través de algún medio mecánico (bolas dentro de una bolsa, tablas de números aleatorios, números aleatorios generados con una calculadora u ordenador, etc.) se eligen tantos sujetos como sea necesario para completar el tamaño de muestra requerido.</p>	<p>Sencillo y de fácil comprensión. Cálculo rápido. Recomendado para población pequeña. Cuando la población está ubicada en un espacio reducido. Cuando no se tiene información previa a la población.</p>	<p>Requiere la identificación y catalogación de la población, lo cual en ocasiones, resulta muy costoso. Requiere una probabilidad de selección igual para todos los elementos que conforman la población. Requiere mayor tamaño de muestra.</p>
<p><b>Muestreo aleatorio sistemático</b></p>	<p>Este tipo de muestreo, para obtener una muestra sistemática al azar se debe enumerar las observaciones de 1 a n. Luego determinar el intervalo de muestreo (IM), que consiste en dividir el número total de observaciones o unidades de muestreo de la población entre el tamaño deseado de la muestra.</p>	<p>Se recomienda cuando la población es numerosa. Cuando se puede disponer de un listado de los elementos de la población. La sencillez de la técnica y que puede ser utilizado con bastante grado de confiabilidad en la práctica. Fácil de aplicar.</p>	<p>Si la constante de muestreo está asociada con fenómeno de interés, se puede hallar estimaciones sesgadas.</p>

En las *muestras no probabilísticas*, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o de quien hace la muestra. Aquí el procedimiento no es mecánico ni con base en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o de un grupo de investigadores y, desde luego, las muestras seleccionadas obedecen a otros criterios de investigación.

A continuación se muestra una tabla con las ventajas y desventajas de este tipo de muestras.

Muestreo no probabilísticas	Definición	Ventajas	Desventajas
<b>Muestreo de participantes voluntarios</b>	Las muestras de voluntarios son frecuentes en ciencias sociales y médicas. Pensemos, por ejemplo, en los individuos que voluntariamente acceden a participar en un estudio que profundiza en las experiencias de cierta terapia, otro caso sería el del investigador que desarrolla un trabajo sobre las motivaciones de los pandilleros de un barrio de Madrid e invita a aquellos que acepten acudir a una entrevista abierta.	Técnica de muestreo económica y fácil de realizar.	Puede introducir fuertes sesgos, porque a menudo en este tipo de estudios sólo refleja la opinión de aquellos a los que el tema les despierta una cierta atención y se integran ellos mismos en la muestra.
<b>Muestreo de expertos</b>	En ciertos estudios es necesaria la opinión de individuos expertos en un tema. Estas muestras son frecuentes en estudios cualitativos y exploratorios para generar hipótesis más precisas o la materia prima del diseño de cuestionarios.	Técnica de muestreo económica, conveniente y rápida. Las unidades de muestra son definidas de acuerdo al criterio del investigador. Depende de la experiencia y creatividad del investigador. Se utilizan con frecuencia en los proyectos de investigación de mercados comerciales. Una extensión de esta técnica comprende cubrir cierta cuota. Puede ser útil si no se requieren inferencias amplias sobre la población.	Este tipo de muestreo es subjetivo y su valor depende por completo de Esta subjetividad. No son representativas de ninguna población definida. La población no está definida de forma explícita. No permite generalizaciones directas a una población específica.
<b>Muestreo por cuotas</b>	Este tipo de muestra se utiliza mucho en estudios de opinión y de marketing. Por ejemplo, los encuestadores reciben instrucciones de administrar cuestionarios a individuos en un lugar público (un centro comercial, una plaza o una colonia), al hacerlo van	El muestreo por cuotas trata de obtener muestras representativas a un costo bajo. Mayor conveniencia para el entrevistador al seleccionar los	No existe certeza de que la muestra sea representativa. Si se pasa por alto una característica relevante para el problema, la muestra no será representativa

	conformando o llenando cuotas de acuerdo con la proporción de ciertas variables demográficas en la población	elementos para cada cuota. En ciertas condiciones obtiene resultados cercanos a aquellos del muestreo de probabilidad convencional.	Con frecuencia, se omiten características de control, porque hay dificultades prácticas, asociadas con la inclusión de muchas áreas. Muchas fuentes de tendencia en la selección están presentes en forma potencial. Es probable que los entrevistadores vayan a áreas seleccionadas en las que es más probable encontrar participantes calificados. No permite la evaluación del error de muestreo
<b>Muestreo en cadena (bola de nieve)</b>	Se identifican participantes clave y se agregan a la muestra, se les pregunta si conocen a otras personas que puedan proporcionar datos más amplios, y una vez contactados, los incluimos también. La investigación sobre la guerra cristera operó en parte con una muestra en cadena (los sobrevivientes recomendaban a otros individuos de la misma comunidad).	Incrementa en forma sustancial, la probabilidad de encontrar la característica deseada de la población. Da como resultado una varianza de la muestra relativamente baja. Costos reducidos.	Aun cuando la probabilidad se utilice para la selección de los entrevistados iniciales, la muestra final es de no probabilidad. Las referencias tendrán características parecidas a la de las personas que los recomiendan.
<b>Muestreo por conveniencia</b>	Casos disponibles a los cuales tenemos acceso.	Técnica de muestreo menos costosa y que requiere menos tiempo. Las unidades de muestra son: accesibles, fáciles de medir y cooperativas. Se emplean en la investigación de exploración para generar ideas, razonamientos o hipótesis. Se usan en sesiones de grupo, cuestionarios de prueba previa o	Están presentes muchas fuentes potenciales de tendencias en la selección, incluyendo auto selección de los entrevistados. No son representativas de ninguna población definida. No tiene ningún sentido teórico generalizar a ninguna población. No son adecuadas para los proyectos de investigación de mercados que

		estudios piloto (es preciso interpretar los resultados con precaución).	comprenden inferencias sobre la población. No se recomiendan para la investigación descriptiva ni causal.
--	--	---	---

## 5. Técnica e instrumentos en la recolección de datos

*Recolectar los datos* implica elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico. Para poder recolectar los datos se necesita de una técnica e instrumentos de recolección de datos.

### 5.1. Técnicas de recolección de datos: Ventajas y Desventajas

Técnica de recolección de datos	Definición	Ventajas	Desventajas	Tipo de investigación
<b>Encuesta</b>	Consiste en obtener datos escritos del investigado o consultado en forma auto-administrada. (Ango & Bedriña, 2012)	Técnica indicada para mayor muestras. Técnica económica Es especialmente indicada para recoger opiniones, creencias o actitudes. (Navarro, 2001)	Dificultades para establecer relaciones causales No toma en cuenta los factores contextuales que pueden interferir en las respuestas del sujeto (Navarro, 2001)	Cuantitativo (Ango & Bedriña, 2012)
<b>Entrevista estructurada</b>	Consiste en obtener datos a través de la comunicación verbal. Preguntas definidas previamente según secuencia específica. Las preguntas pueden ser abiertas o cerradas, en el caso de que sean abiertos. (Ango & Bedriña, 2012)	Fácil análisis de datos No requiere personal muy especializado. (Ango & Bedriña, 2012)	Limitada naturalidad del encuentro Mucha inversión de tiempo (Ango & Bedriña, 2012)	Cuantitativo Cualitativo (Ango & Bedriña, 2012)
<b>Entrevista semi-estructurada</b>	Se determina de antemano cual es la información relevante que se quiere conseguir. Se hacen preguntas abiertas dando	Constituye un protocolo de actuación en los aspectos comunicativos Ayuda minimizar errores	Se puede convertir en una estructura rígida, si se desaprovecha la oportunidad (Prados, 2010)	Cualitativo

	oportunidad a recibir más matices de la respuesta, permite ir entrelazando temas, pero requiere de una gran atención por parte del investigador para poder encauzar y estirar los temas. (Peláez, y otros, 2011)	Permiten no olvidarnos de cosas importante Fácil de memorizar (Prados, 2010)		
<b>Entrevista no estructurada</b>	Sin guion previo. El investigador tiene como referentes la información sobre el tema. (Peláez, y otros, 2011)	El Analista puede ser más flexible en las preguntas Puede tener más información que áreas que no pensaron que fueron importante (Ango & Bedriña, 2012)	Puede existir información extraña. El análisis puede ser largo. Toma tiempo extraer los resultados de aquella información (Ango & Bedriña, 2012)	Cualitativo
<b>Observación</b>	Consiste en obtener datos a través de la inspección; donde el elemento de estudio no tiene ninguna participación. (Ango & Bedriña, 2012)	Proporciona una descripción más compleja Permite analizar los eventos de una visión global Se obtienen directamente los datos de la realidad sin intermediarios. El evento, fenómeno o conducta se describe en el momento que ocurre. (Hurtado, 2008)	El investigador tiene que seleccionar que exactamente pretende observar. Debe estar presente en todo momento. La presencia del observador puede modificar conducta del observador. Requiere mayor tiempo y mayores costos. (Hurtado, 2008)	Cuantitativo Cualitativo
<b>Grupo Focal</b>	La técnica de los grupos focales es una reunión con modalidad de entrevista grupal abierta y semi-estructurada, en donde se procura que un grupo de individuos	Se ofrece la oportunidad de interactuar con otras personas. Los participantes pueden decidir sus opiniones después de escuchar a otros. El grupo focal es un proceso vivo y	Menos control en una entrevista de grupo. Los datos son más difíciles de analizar. Resulta difícil reunir a las personas. (Huerta, 2005)	Cualitativo

	seleccionados por los investigadores discutan y elaboren. (Fontas, Conçalves, Vitale, & Viglietta, 1998)	<p>dinámico, el cual ocurre naturalmente. Provee suficiente flexibilidad para explorar asuntos no anticipados de antemano</p> <p>Tiene mayor credibilidad</p> <p>Otra ventaja es que los costos son bajos en relación a otras técnicas. (Huerta, 2005)</p>		
--	--	--	--	--

## 5.2. Instrumentos de recolección de Datos

A partir de las técnicas de recolección de datos, va depender que instrumento se utilizará, en la siguiente tabla se muestra los instrumentos con su respectiva técnica. (Ango & Bedriña, 2012)

Técnicas	Instrumentos
Encuesta	Cuestionario
Entrevista	Guía de entrevista
Grupo Focal	Guía de discusión
Observación	<p>Guía de observación</p> <p>Lista de cotejo</p> <p>Equipos de Medición</p>

## (1) Enfoques de investigación

Enfoques	Descripción
<b>Cualitativo</b>	Usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.
<b>Cuantitativo</b>	Utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación.

## (2) Alcance de investigación

Alcance de la Investigación	Propósito de las investigaciones	Valor
<b>Exploratorios</b>	Se realiza cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes.	Ayuda a familiarizarse con fenómenos desconocidos, obtener información para realizar una investigación más completa de un contexto particular, investigar nuevos problemas, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones futuras, o sugerir afirmaciones y postulados.
<b>Descriptivos</b>	Busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.	Es útil para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación.
<b>Correlacionales</b>	Su finalidad es conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular.	En cierta medida tiene un valor explicativo, aunque parcial, ya que el hecho de saber que dos conceptos o variables se relacionan aporta cierta información explicativa.
<b>Explicativos</b>	Está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables.	Se encuentra más estructurado que las demás investigaciones (de hecho implica los propósitos de éstas); además de que proporciona un sentido de entendimiento del fenómeno a que hacen referencia.

(3) Diseños de Investigación

Diseño de Investigación	Descripción
<b>Experimentales</b>	Los experimentos manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control. Diseños posibles: <ul style="list-style-type: none"> <li>- pre-experimentos</li> <li>- experimentos puros</li> <li>- cuasi-experimentos</li> </ul>
<b>No experimentales</b>	Estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos. Diseños posibles: <ul style="list-style-type: none"> <li>- transeccional o transversal</li> <li>- longitudinales</li> </ul>
<b>Estudio de Casos</b>	Estudios que al utilizar los procesos de investigación cuantitativa, cualitativa o mixta; analizan profundamente una unidad para responder al planteamiento del problema, probar hipótesis y desarrollar alguna teoría". Ofrece una tipología de los estudios de casos que tiene que ver con el número de unidades o entidades a considerar: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Un solo caso o unidad de análisis.</li> <li>- Múltiples unidades de análisis o casos</li> <li>- Múltiples casos "cruzados" o "entrelazados"</li> </ul>
<b>Cualitativos</b>	En el enfoque cualitativo, el diseño se refiere al "abordaje" general que habremos de utilizar en el proceso de investigación. Tal clasificación considera los siguientes diseños genéricos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- teoría fundamentada</li> <li>- diseños etnográficos</li> <li>- diseños narrativos</li> <li>- diseños de investigación-acción</li> </ul>

(4) Tipo de Muestreo

Tipo de muestreo	Descripción
<b><u>Muestreo Probabilístico</u></b>	
<b>Estratificada</b>	Muestreo en el que la población se divide en segmentos y se selecciona una muestra para cada segmento.
<b>Por racimos</b>	Muestreo en el que las unidades de análisis se encuentran encapsuladas en determinados lugares físicos.
<b>Aleatorio simple</b>	El procedimiento empleado es el siguiente: 1) se asigna un número a cada individuo de la población y 2) a través de algún medio mecánico (bolas dentro de una bolsa, tablas de números aleatorios, números aleatorios generados con una calculadora u ordenador, etc.) se eligen tantos sujetos como sea necesario para completar el tamaño de muestra requerido.

<b>Aleatorio sistemático</b>	Este tipo de muestreo, para obtener una muestra sistemática al azar se debe enumerar las observaciones de 1 a n. Luego determinar el intervalo de muestreo (IM), que consiste en dividir el número total de observaciones o unidades de muestreo de la población entre el tamaño deseado de la muestra.
<b>Muestreo No probabilístico</b>	
<b>Muestreo de participantes voluntarios</b>	Las muestras de voluntarios son frecuentes en ciencias sociales y médicas. Pensemos, por ejemplo, en los individuos que voluntariamente acceden a participar en un estudio que profundiza en las experiencias de cierta terapia, otro caso sería el del investigador que desarrolla un trabajo sobre las motivaciones de los pandilleros de un barrio de Madrid e invita a aquellos que acepten acudir a una entrevista abierta.
<b>Muestreo de expertos</b>	En ciertos estudios es necesaria la opinión de individuos expertos en un tema. Estas muestras son frecuentes en estudios cualitativos y exploratorios para generar hipótesis más precisas o la materia prima del diseño de cuestionarios.
<b>Muestreo por cuotas</b>	Este tipo de muestra se utiliza mucho en estudios de opinión y de marketing. Por ejemplo, los encuestadores reciben instrucciones de administrar cuestionarios a individuos en un lugar público (un centro comercial, una plaza o una colonia), al hacerlo van conformando o llenando cuotas de acuerdo con la proporción de ciertas variables demográficas en la población
<b>Muestreo en cadena (bola de nieve)</b>	Se identifican participantes clave y se agregan a la muestra, se les pregunta si conocen a otras personas que puedan proporcionar datos más amplios, y una vez contactados, los incluimos también. La investigación sobre la guerra cristera operó en parte con una muestra en cadena (los sobrevivientes recomendaban a otros individuos de la misma comunidad).
<b>Muestreo por conveniencia</b>	Casos disponibles a los cuales tenemos acceso.

(5) Técnicas e instrumentos para recolección de datos

<b>Técnicas</b>	<b>Definición</b>	<b>Instrumentos</b>
<b>Encuesta</b>	Consiste en obtener datos escritos del investigado o consultado en forma auto Administrada.	Cuestionario
<b>Entrevista estructurada</b>	Consiste en obtener datos a través de la comunicación verbal. Preguntas definidas previamente según secuencia específica. Las preguntas pueden ser abiertas o cerradas, en el caso de que sean abiertos.	Guía de entrevista
<b>Entrevista semi-estructurada</b>	Se determina de antemano cual es la información relevante que se quiere conseguir. Se hacen preguntas abiertas dando oportunidad a recibir más matices de la respuesta, permite ir entrelazando temas, pero requiere de una gran atención por parte del investigador para poder encauzar y estirar los temas.	Guía de entrevista
<b>Entrevista no estructurada</b>	Sin guión previo. El investigador tiene como referentes la información sobre el tema.	Guía de entrevista
<b>Observación</b>	Consiste en obtener datos a través de la inspección; donde el elemento de estudio no tiene ninguna participación.	Guía de observación Lista de cotejo Equipos de Medición

---

Trabajo de Título  
2014

<b>Grupo Focal</b>	La técnica de los grupos focales es una reunión con modalidad de entrevista grupal abierta y semi-estructurada, en donde se procura que un grupo de individuos seleccionados por los investigadores discutan y elaboren.	Guía de discusión
--------------------	--	-------------------

8.4 *Anexo 4: Criterios definidos para la selección de cada parámetro y su alternativa seleccionada*

(1) Selección del Enfoque de la Investigación

Selección de criterio:

Definición de criterios para enfoque de la investigación	
Criterios	Fundamento
Resultado es único para todos los Hospitales	La idea es que el resultado sea aplicable a cualquier Hospital chileno.
El problema es abierto	El problema no está acotado ni definido
Los resultados de la investigación no son numerables, sino que se expresan cualitativamente.	No es necesario realizar estudios estadísticos para el obtener el resultado de la investigación, es más bien, interpretar la realidad del flujo de pacientes de los hospitales y llevarlo a un diagrama explicativo.

Selección de enfoque de Investigación:

Criterios	Enfoques de la investigación	
	Cualitativo	Cuantitativo
Resultado es único para todos los Hospitales	Si	No
El problema es abierto	Si	No
Los resultados de la investigación no son numerables, sino que se expresan cualitativamente.	Si	No

Enfoque seleccionado: **Enfoque Cualitativo.**

(2) Selección del Alcance de investigación

La investigación desarrollada mantiene un problema poco estudiado, del cual se tienen dudas si es que no se ha abordado antes, dado que no hay información clara que correlacione los flujos de paciente de un hospital para realizar un modelo de optimización. Por lo tanto el alcance de la investigación debe ser exploratorio, dado que ayuda a familiarizarse con fenómenos desconocidos, y ayuda a obtener información para realizar una investigación más completa de un fenómeno en particular. Además permite establecer prioridades para futuras investigaciones que es lo que se desea en el presente trabajo.

Entonces la selección del alcance de investigación es un **Alcance Exploratorio**

(3) Selección del diseño de investigación

Esta selección está limitada por el enfoque de la investigación (que se dijo anteriormente que es cualitativo) y por el alcance de la investigación (que se definió como exploratorio).

Posibles diseños de investigación:

Alcance de investigación	Posibles Diseños	Cualitativo y/o Cuantitativo
Exploratorio	Transeccional exploratorio	Cualitativo y Cuantitativo
	Pre experimental	Cuantitativo
	Estudio de Casos	Cualitativo y Cuantitativo
	Estudios cualitativos	Cualitativo
Descriptivo	Pre experimental	Cuantitativo
	Transeccional descriptivo	Cualitativo y cuantitativo
	Estudio de casos	Cualitativo y cuantitativo
	Estudios cualitativos	Cualitativo
Correlacionar	Cuasi experimental	Cuantitativo
	Transeccional correlacionar	Cuantitativo
	Longitudinal(no experimental)	Cuantitativo
	Estudio de casos	Cuantitativo
Explicativo	Experimental	Cuantitativo
	Cuasi experimental, longitudinal y transaccional	Cuantitativo
	Estudio de casos	Cuantitativo

Selección de criterios:

Definición de criterios para el diseño de investigación	
Criterios	Fundamento
Establecer relaciones de las actividades de un hospital.	Resultado que se busca de la investigación.
No se pretende solucionar un problema	No se pretende solucionar un problema específico sino más bien dar a conocer algo.
No se pretende crear una nueva teorías	No se pretende crear teorías ya que no hay problema específico que resolver y por ende, no hay hipótesis.
Conocimiento de la realidad del ahora de manera generalizada.	La idea es tener una idea de la realidad del ahora para luego, en futuras investigaciones, desarrollar ideas más micro.

Diseño de investigación:

Criterios	Diseños de investigación					
	Transeccional exploratorio	Estudio de casos	Estudios cualitativos			
			Teoría fundada	Etnográfico	Diseño narrativo	Diseño investigación-acción
Establecer relaciones de las actividades de un hospital.	Si	Si	No	No	No	Si

No se pretende solucionar un problema	Si	Si	Si	Si	Si	No
No se pretende crear una nueva teorías	Si	Si	No	Si	Si	Si
Conocimiento de la realidad del ahora de manera generalizada.	No	Si	No	No	Si	No

Diseño de Investigación seleccionado: **Estudio de Casos**

(4) Selección tipo de muestreo

Para la selección del tipo de muestreo se debe considerar que se tiene un enfoque cualitativo, un alcance exploratorio y un diseño de estudio de casos. Además nuestra investigación es definida con un tipo de muestreo no probabilístico ya que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación, por lo tanto, nuestra investigación se ve acotada a 5 tipos de muestreo.

Selección de criterios:

Definición de criterios para el tipo de muestreo	
Criterios	Fundamento
Muestra económica	Para esta investigación no se cuenta con recursos monetarios por lo que debe ser alcanzable
Muestra simple que no requiera demasiado tiempo	Se debe elegir una muestra que no requiera de mucho tiempo, dado el tiempo acotado que se tiene para desarrollar este trabajo.
Muestra con casos accesibles	Acceso a muestras que estén al alcance para el desarrollo de esta investigación.
Muestra con acceso a expertos	Se debe tener acceso a profesionales del área de la salud que conozcan el funcionamiento de un hospital y el flujo de pacientes que en este se genera.

Tipo de muestreo

Tipo de muestreo	Criterios			
	Muestra económica	Muestra simple que no requiera demasiado tiempo.	Muestra con casos accesibles.	Muestra con acceso a expertos.
Muestreo por conveniencia	Si	Si	Si	Si
Muestreo por cuotas	No	No	No	No

Muestreo participantes voluntarios	Si	No	No	No
Muestreo bola de nieve	No	Si	No	Si
Muestreo por experto	Si	Si	Si	Si

Tipo de muestreo seleccionado es el **Muestreo por experto** y **Muestreo por conveniencia**

(5) Selección de técnica e instrumentos para la recolección de datos

La selección de la técnica e instrumentos para la recolección de datos se acota a sólo algunas técnicas dado que se habla de se cuenta con un enfoque cualitativo. Estas se limitan a una entrevista estructurada, a una entrevista semi-estructurada, a una entrevista no estructurada, a observación o a grupo focal.

Selección de criterios:

Definición de criterios para la técnica de recolección de datos	
Criterios	Fundamento
Técnica en que el tiempo no intervenga.	Se necesita de una técnica que no necesite mucho tiempo, dado el tiempo acotado que se tiene para el desarrollo de este trabajo.
Técnica de la que el investigador tenga control	El investigador debe tener el control de la técnica, debe guiar la recolección de la información para evitar incorporar información no deseada.
Técnica que asegure no pasar por alto ningún aspecto relevante.	Técnica que asegure no dejar fuera información relevante
Técnica que permita adquirir información de áreas que eran importante y se pasaron por alto.	Técnica que asegure no dejar fuera información que no se considera relevante pero que si lo es.

Técnica de recolección de información:

Criterios	Técnicas de recolección de información				
	Entrevista estructurada	Entrevista semi-estructurada	Entrevista no estructurada	Observación	Grupo Focal
Técnica en que el tiempo no intervenga.	No	Si	Si	No	Si

Técnica de la que el investigador tenga control	Si	Si	Si	Si	No
Técnica que asegure no pasar por alto ningún aspecto relevante.	Si	Si	No	No	Si
Técnica que permita adquirir información de áreas que eran importante y se pasaron por alto.	No	Si	Si	Si	Si

Propuesta de  
Modelo de  
Optimización

Es así como se puede obtener que la técnica de recolección de información es mediante una **entrevista semi-estructurada**. Es por esto, entonces, que el instrumento a utilizar es una **Guía de entrevistas**.

**8.5 Anexo 5: Listado de dotación de equipamiento médico según unidades**

Listado de equipamiento, tanto médico como de amoblado para las diferentes unidades de un hospital. Cabe mencionar que este equipamiento esta listado independiente de la cantidad y que el equipamiento industrial fue dejado fuera dado que no concuerda con la finalidad de este trabajo. Por lo tanto, solo parte del equipamiento que en la Guía Metodológica para Estudios de Preinversión Hospitalaria se lista como equipamiento de apoyo, entra en este anexo.

Listado referencial de equipamiento – atención abierta (ambulatoria)		
Amalgamador mecánico	Electroencefalógrafo	Piso giratorio
Analizador de glucosa	Electromiógrafo	Piso operador
Angiógrafo retinal	Electronistagmógrafo	Polisomnógrafo
Articulador ocluser	Escabel	Prensa hidráulica
Articulador semiajustable	Escritorio clínico	Proctoscopio adulto/pediátrico
Audiómetro	Esfigmomanómetro	Proyector de optotipos
Autorefractómetro-queratómetro	Esófagoscopio	Queratómetro
Balanza adulto con tallimetro	Espirómetro	Rectoscopio
Balanza lactante	Flujómetro/humidificador	Rectosigmoidoscopio
Biombo plomado	Gonoscopio	Refractómetro oftalmológico
Biómetro ocular	Histerómetro de Sims	Refrigerador
Bomba de aspiración	Horno mufla	Resectoscopio
Broncofibroscopio standard	Impedanciómetro	Retinoscopio de mancha
Broncofibroscopio terapéutico	Lámpara de exámen	Retinoscopio de mancha mural
Broncofibroscopio ultrafino	Lámpara de hendidura	Reveladora automática placas dentales
Caja de lentes	Lámpara de procedimientos	Rinofaringolaringoscopio
Caja de lentes con montura de prueba	Lámpara fotocurado	Rx dental
Caja de prismas	Lensómetro	Set cubetas para prótesis
Cámara silente	Lensómetro manual	Set espéculos vaginales
Campímetro computarizado	Linterna para exámen	Set Instrumental
Carro con sistema trimodular	Lupa estereoscópica	Set instrumental endodoncia
Carro de curación	Lupa iluminada de gran campo pedestal	Set instrumental otorrino
Carro de emergencia	Luz frontal	Sigmoidofibroscopio
Carro de procedimientos	Martillo de reflejos	Silla clínica
Carro de Transporte Material Limpio	Mesa de curación y exámen	Silla de ruedas
Carro de Transporte Material Sucio	Mesa exámen ginecológico	Silla ergonómica
Carro de transporte paciente	Mesa Killian	Sillón dental
Carro de Transporte Ropa Limpia	Mesa Mayo	Sillón ergonometrico
Carro de Transporte Ropa Sucia	Micromotor con contra-ángulo	Sillón otorrino
Colonoscopio corto alcance	Monitor desfibrilador	Sillón recuperación
Colonoscopio largo alcance	Monitor presión arterial no invasivo	Sistema Holter E.C.G.
Colonoscopio mediano alcance	Montura de prueba	Sistema Holter Presión arterial
Colposcopio	Motor aspiración dental	Sistema trimodular
Criocagulador	Mufla para corona	Test de esfuerzo

Decibelímetro	Mufla para prótesis	Tonómetro aplanático
Delantal Plomado	Negatoscopio	Tonómetro portátil
Destartraje ultrasónico	Oftalmoscopio indirecto	Turbina alta velocidad con compresor
Detector latido cardíofetal	Ortopantomógrafo	Unidad dental completa
Diatermo coagulador	Otooftalmoscopio	Unidad dental portátil
Diatermo coagulador	Otoscopio	Unidad succión dental
Duodenofibroscopio	Oxímetro de pulso	Vibrador para vaciados de yeso
Ecógrafo obstétrico	Panendoscopio standard	Video endoscopia digestiva
Ecógrafo Oftálmico	Panendoscopio terapéutico	
Electrocardiógrafo	Panendoscopio ultrafino	

Listado referencial de equipamiento – atención cerrada (hospitalaria)		
Acelerador de infusión	Esfigmomanómetro	Monitor signos vitales
Analizador de glucosa	Expansor de injerto	Monitor signos vitales portátil
Artroscopio	Facoemulsificador	Motor corta yeso
Balanza adulto con tallímetro	Flujómetro/humidificador	Motor p/set isquemia
Balanza cama	Fotocoagulador láser yag	Mueble biblioteca
Balanza lactante	Histeroscopio	Nefroscopio percutaneo
Balón de contrapulsación aortica	Impresora	Negatoscopio
Bandeja de acero inoxidable	Incubadora de transporte	Neuroendoscopio
Bomba artroscopia	Lámpara de procedimientos	Otooftalmoscopio
Bomba aspiración quirúrgica	Lámpara quirúrgica	Oxímetro ambiental
Bomba circulación extracorporea	Laparoscopio ginecológico	Oxímetro de pulso
Bomba de aspiración universal	Laringoscopio	Piso anestésista
Bomba de infusión enteral	Litotriptor	Piso cirujano
Bomba de infusión jeringa	Mango de isquemia	Piso giratorio
Bomba de infusión volumétrica	Máquina de anestesia	Piso taburete
Calentador de infusión	Marcapasos externo	Pizarra
Cama	Mesa alimentación	Refrigerador
Camilla radiolúcida	Mesa anestésista	Reloj mural
Carro de curaciones	Mesa arsenalera	Resectoscopio
Carro de paro completo	Mesa casino	Rx Arco C
Carro de procedimientos	Mesa de curación y examen	Rx portátil
Carro de transporte material limpio	Mesa de parto	Set instrumental
Carro de transporte material sucio	Mesa de reuniones	Sierra eléctrica de cráneo
Carro de transporte paciente	Mesa ginecológica	Silla
Carro de transporte ropa limpia	Mesa mayo	Silla de ruedas
Carro de transporte ropa sucia	Mesa pabellonera	Silla ergonómica
Catre quirúrgico	Mesa quirúrgica neurocirugía	Sillón
Central de monitoreo	Mesa quirúrgica traumatológica	Sillón ergonómico
Cistoscopio quirúrgico	Mesa quirúrgica universal	Soporte universal
Coagulador bipolar oftálmico	Micromotor traumatológico	Unidad de oxigenoterapia portátil
Colchón antiescaras	Microscopio p/facoemulsificador	Unidad electroquirúrgica urológica
Computador	Microscopio quirúrgico	Unidad hemodinamia

Crioterapia oftálmica	Microscopio quirúrgico neurológico	Ureterorenoscopio
Cuna lactante	Microscopio quirúrgico oftalmológico	Uretrótomo
Cuna radiante	Microscopio quirúrgico ORL	Velador
Dermátomo	Monitor cadiofetal ante parto	Ventilador de transporte
Detector de latido cardiofetal	Monitor cardiofetal Intraparto	Ventilador manual
Diatermia oftálmica	Monitor desfibrilador	Ventilador no invasivo
Electrobisturí	Monitor gases anestésicos	Video endoscopio digestivo
Electrocardiógrafo	Monitor hemodiálisis	Vitrector
Endoscopio vascular	Monitor peritoneodiálisis	
Escritorio ejecutivo	Monitor presión arterial no invasivo	

Listado referencial de equipamiento – servicios de apoyo		
Ablandador de Agua	Escoliometro	Osmosis reversa
Balanza adulto con tallimetro	Escritorio clínico	Oxímetro de pulso
BAño de parafinoterapia	Escritorio ejecutivo	Paciente Flujómetro/Humidificador
BAño turbión extremidades inferiores	Esfigmomanómetro	Paciente Monitor hemodiálisis
BAño turbión extremidades superiores	Espaldera	Paciente Monitor presión arterial no invasivo
Bicicleta ergométrica	Espejo de corrección	Paciente Sillón Reclinable
Biombo plomado	Espirómetro	Pelvímetro
Bomba de infusión volumétrica	Espirómetro portatil	Podómetro
Calentador de compresas	Estanque agua pretratada	Procesador Rx laser
Calibrador de dosis	Estanque agua tratada	Refrigerador con freezer
Cámara multiformato	Fantoma acreditación	Resonador magnético
Camilla de evaluación neurologica	Filtro carbón	Reveladora automatica placas radiografica
Camilla de tracción	Filtro de profundidad	Rueda de hombros
Camilla de tratamiento articulada adulto	Gamacámara	Rx angiógrafo digital
Captador tiroideo	Grupo electrógeno	Rx arco C
Carro de curaciones	Guantes plomados	Rx básico osteopulmonar
Carro de paro completo	Identificadora de placas	Rx básico portátil
Carro de procedimientos	Identificadora de placas sistema luz-dia AP-L	Rx mamógrafo
Carro de transporte material	Impresora laser imagenología	Rx mamógrafo con eterotaxia
Carro de transporte material limpio	Inyector medio de contraste angiográfico	Rx seriográfico
Carro de transporte material sucio	Lámpara infrarroja de pedestal	Set de fantomas
Carro de transporte ropa limpia	Lámpara infrarroja-ultravioleta	Silla
Carro de transporte ropa sucia	Lámpara láser infrarrojo	Silla clínica
Chassis columna total	Mesa basculante	Silla de ruedas
Contador Geiger	Mesa de cuádriceps	Sillón Ergonómico

Delantal plomado	Mesa de curación y examen	Sistema de biopsia estereotáxica de mama
Ecógrafo lineal obstétrico	Mesa de trabajo extremidad superior Kanabel	Terapia interferencial
Ecógrafo oftalmológico	Mesa Mayo	Terapia láser
Ecotomógrafo doppler color cardiológico	Mesa universal kinesiología	Tomógrafo axial computarizado helicoidal
Ecotomógrafo doppler color multipropósito	Monitor desfibrilador	Ultrasonoterapia
Ecotomógrafo multipropósito	Monitor signos vitales	Ultratermia por onda corta
Electroestimulador	Mueble biblioteca	Unidad de tracción electrónica universal
Escala esquina	Negatoscopio	

8.6 *Anexo 6: Listado de dotación de instalaciones por unidades*

De la misma manera que en el Anexo 5, este anexo contiene un listado de instalaciones por unidad según la Guía Metodológica de Pre-inversión Hospitalaria. También se dejaron fuera algunos servicios de apoyo dado que no se consideran servicios de producción y no concuerdan con la finalidad de este trabajo de título, como lo son los servicios de apoyo logístico o industriales.

Dotación de instalaciones Atención Abierta (ambulatoria)

UNIDAD	SUBUNIDAD
Cirugía	Box Quirúrgico
	Box Curación
Medicina	Box Médico
	Box Tratamiento
Ginecología/Obstetricia	Box Gineco/Obstétrico
	Box Patología Cervical
	Box Procedimiento
	Box Ecografía
Enfermería	Estación enfermería
Odontología	Box Atención
	Diagnóstico
	Laboratorio
Otorrino	Box Atención
	Box Examen General
	Box Examen Octavo Par
Oftalmología	Box Varios
Neurología	Box Examen
Cardiología	Box Test Esfuerzo
	Box Holter
	Box ECG
Broncopulmonar	Box Procedimientos
	Box Examen
Dermatología	Box Procedimientos
Gastroenterología	Box Endoscopia Alta
	Box Endoscopia Baja

Dotación de instalaciones Atención Cerrada Hospitalaria

UNIDAD	SUBUNIDAD
UCI	Servicio
	Cubículo Paciente
	Estación de Enfermería
	Oficinas
	Residencia
	Estar Personal
UTI	Servicio
	Cubículo Paciente
	Estación de Enfermería
	Oficinas
	Residencia
Medicina	Servicio
	Cubículo Paciente
	Estación de Enfermería
	Oficinas
	Residencia
	Estar Personal
Cirugía	Servicio
	Cubículo Paciente
	Estación de Enfermería
	Oficinas
	Residencia
	Estar Personal
Pabellón Quirúrgico	Servicio
	General
	Oftalmológico
	Otorrino
	Traumatología
	Neurología
	Cardiovascular
	Urología
	Parto/Ginecología
	Oficinas
	Sala de Reuniones
	Residencia
Recuperación Anestesia	Servicio
	Cubículo Paciente

Pediatria	Servicio
	Cubículo Paciente
	Estación de Enfermería
	Oficinas
	Residencia
	Estar Personal
Ginecología/Obstetricia	Servicio
	Cubículo Paciente
	Estación de Enfermería
	Oficinas
	Residencia
	Estar Personal
	Sala Pre Parto
	Sala Parto
Urgencia	Reanimación
	Servicio
	Estación de Enfermería
	Residencia
	Oficinas
	S.O.M.E.

Dotación de instalaciones Servicios de apoyo

UNIDAD	SUBUNIDAD
Hemodiálisis	Servicio
	Oficinas
	Cubículo Paciente
	Box Consulta
	Estación de Enfermería
	Reutilización Dializadores
	Planta Tratamiento Agua
	Planta Energía
Imagenología	Imagenología
	Oficinas
Med. Física Rehabilitación	Fisioterapia
	Kinesioterapia
	Oficinas
	Oficinas

Manual para el desarrollo de un modelo de optimización para la producción hospitalaria

A. INTRODUCCIÓN

Los distintos hospitales del país tienen como mayor propósito el mejoramiento de la calidad de la atención integral de la salud. Este compromiso con la sociedad, en general y con el paciente en particular propone un reto para todos los servicios involucrados en el quehacer de la salud; es por ello, la importancia de entregar procesos óptimos con los recursos disponibles que cuenta la institución, para garantizar tal fin.

Esta guía propone al usuario una metodología para optimizar el proceso productivo de un hospital, tomando en cuenta todas aquellas variables involucradas en el proceso de estudio.

*\*Nota: La presente guía es solo una primera aproximación al desarrollo de un modelo matemático de optimización, la cual requiere de una implementación y una validación posterior.*

B. OBJETIVOS

- Entregar las herramientas para facilitar al usuario la identificación de los factores incidentes en los procesos productivos.
- Guiar al usuario en la optimización de sus procesos mediante el uso de un número detallado de pasos, que facilitaran el desarrollo de su modelo de producción.

C. ALCANCE

A todas las Organizaciones Hospitalarias con Unidades clínicas que mantengan procesos que produzcan servicios clínicos y de apoyo clínicos.

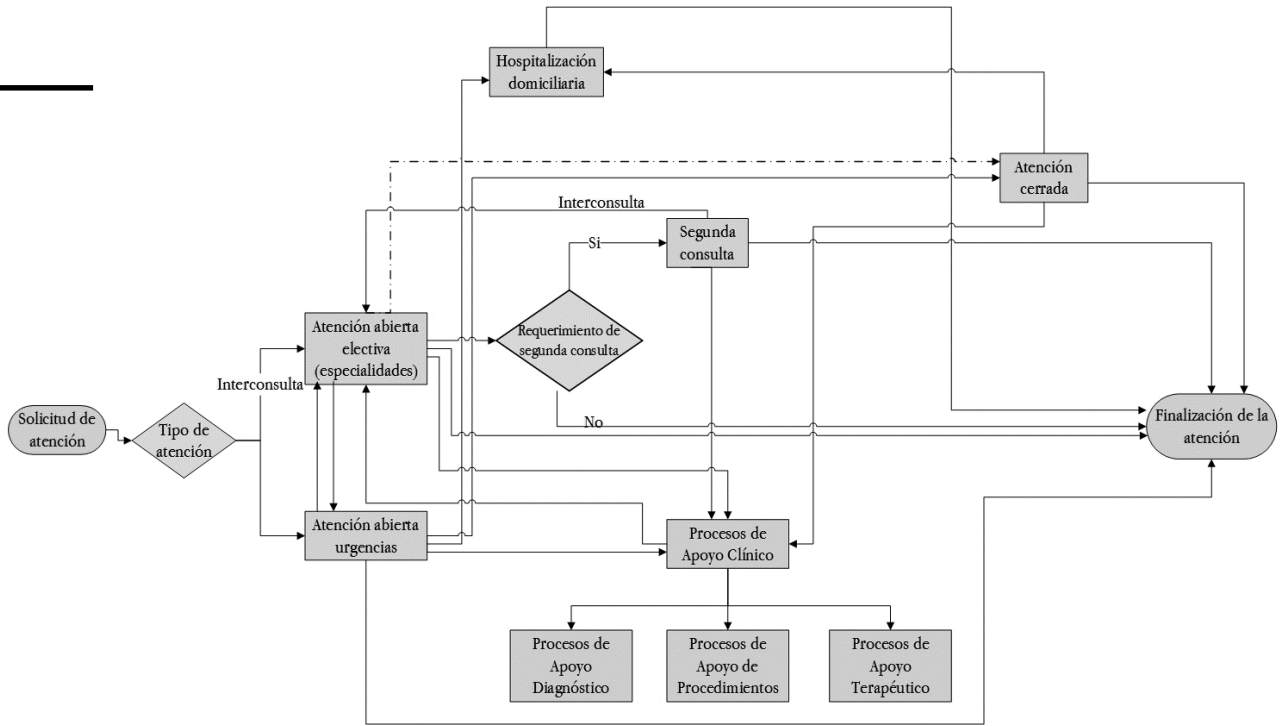
D. RESPONSABLES

Gestores Hospitalarios tales como Jefes o Referentes de las Unidades en estudio, encargados de coordinar un equipo de trabajo, que ejecute las actividades mencionadas en este manual.

E. PROCEDIMIENTO

- (1) **Identificación del problema:** en esta sección el problema es definido como “*obtener la mejor combinación de los recursos disponibles de la organización hospitalaria*”. Lo que debe definir el usuario es el área de interés de la cual busca optimizar los recursos disponibles. En caso de ser necesario puede ser aplicado a una sola Unidad de la Institución Hospitalaria.
- (2) **Descripción del proceso Productivo:** esta descripción consiste en reconocer el macro proceso de producción, el usuario debe identificar la existencia de los servicios propios del hospital, los cuales clasificará en Procesos de Apoyo Clínico y los Procesos Clínicos, ya que estos son los que generan producción directa hacia el paciente. Se recomienda al usuario realizar un diagrama del proceso productivo, involucrando el soporte físico y humano

asociado a este. Para esto, puede basarse en el diagrama de Procesos Productivos mostrado a continuación, solo debe identificar los procesos que ocurren y que no ocurren en su organización hospitalaria, para adaptar el diagrama de procesos productivos y apegarlo a la realidad del hospital de estudio.



- (3) **Clasificación de productos terminados:** se recomienda al usuario realizar un listado de las prestaciones que puede entregar el hospital en estudio, tanto de Apoyo Clínico como los productos de los Procesos Clínicos, esto para identificar productos de las salidas de cada proceso involucrado. Debe basarse en el listado que se entrega a continuación y seleccionar con que unidades cuenta y con cuales no, y por ende, que prestaciones son entregadas por el hospital, y cuales no lo son.

Producto genérico (Procesos Clínicos)	Subproducto genérico	Producto específico
Urgencia		
Consulta de especialidad	Adulto Medicina	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Broncopulmonar</li> <li>- Cardiología</li> <li>- Endocrinología</li> <li>- Gastroenterología</li> <li>- Hematología</li> <li>- Medicina interna (indif.)</li> <li>- Medicina Física</li> <li>- Nefrología</li> <li>- Oncología</li> </ul>

		- Reumatología
	Adulto Cirugía	- General - Neurocirugía
	Adulto Otras espec.	- Dermatología - Neurología - Oftalmología - Otorrinolaringología - Patología mamaria - Traumatología - Urología
	Infantil Pediatría	- Broncopulmonar - Cardiología - Endocrinología - Gastroenterología - Hematología - Pediatría
	Infantil Cirugía	- Cirugía - Neurocirugía
	Infantil Otras	- Dermatología - Genética - Nefrología - Ginecología - Neonatología - Neurología - Oftalmología - Oncología - Otorrinolaringología - Psiquiatría - Reumatología - Traumatología - Urología
	Mujer Ginec. y Obstetricia	- Ginecología - Obstetricia
	Hospitalización	Hospitalaria
	Domiciliaria	

Producto genérico (Proceso de Apoyo Clínico)	Subproducto genérico	Producto específico
Diagnóstico	Laboratorio	- Bioquímicos - Dep, exud, sec y otros liq. - Genética - Hematología - Hormonas - Inmunología - Microbiología - Orina
	Imagenología	- Ultrasonografía - Radiología compleja - Radiología simple - TAC
	Anatomía Patológica	- Citodiag. Corriente - Est, hist, con mic elec.

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Est, hist con tec histoquim</li> <li>- Necropsia</li> </ul>
Terapéutico	Banco de Sangre y UMT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transfusiones</li> <li>- Diálisis</li> </ul>
	Medicina Física y Rehabilitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kinesioterapia</li> <li>- Terapia Ocupacional</li> </ul>
Procedimientos	Broncopulmonar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colocación y lectura ppd</li> <li>- Eosinofilia</li> <li>- Espirometría</li> <li>- Est. de difusión de gases</li> <li>- Fibrobroncoscopia</li> <li>- Inmunoterapia</li> <li>- Test cutáneo</li> <li>- Test de provoc. bronquial</li> </ul>
	Cardiología	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Angioplastía</li> <li>- Aortografía</li> <li>- Artereografía</li> <li>- Cinecoronariografía</li> <li>- Ecocardiograma</li> <li>- Ergonometría</li> <li>- Sonido cardíaco</li> <li>- Valvuloplastía</li> <li>- Ventriculografía</li> </ul>
	Dermatología	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biopsias</li> <li>- Cirugía menor</li> <li>- Electroforesis</li> <li>- Puvaterapia</li> </ul>
	Gastroenterología	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colorigiopancreatografía endl.</li> <li>- Colonoscopia</li> <li>- Escleroterapia endoscópica</li> <li>- Panendoscopia alta</li> <li>- Rectoscopia</li> <li>- Sigmoidoscopia</li> <li>- Test He-py</li> </ul>
	Ginecología	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecotomografía</li> <li>- Ecografía transvaginal</li> <li>- Monitoreo</li> </ul>
	Medicina nuclear y radioterapia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudios estáticos</li> <li>- Estudios dinámicos</li> <li>- Radioterapia</li> </ul>
	Neurología	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Electroencefalograma</li> <li>- Electromiograma</li> <li>- Estudios de conducción</li> <li>- Monitoreo</li> <li>- Potenciales evocados</li> </ul>
	Odontología	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cirugía bucal</li> <li>- Cirugía maxilo facial</li> <li>- Endodoncia</li> <li>- Odontología general</li> <li>- Odontopediatría</li> <li>- Ortodoncia curativa (fija)</li> <li>- Ortodoncia curativa (rem)</li> <li>- Periodoncia</li> <li>- Proc. de urgencia</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prótesis fija</li> <li>- Prótesis removible</li> <li>- Radiografía</li> </ul>
	Oftalmología	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Campimetría comput.</li> <li>- Campo visual</li> <li>- Curva de tensión</li> <li>- Ecografía ocular</li> <li>- Estrabismo</li> <li>- Tonometría</li> </ul>
	Oncología	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hedarización (quimio)</li> <li>- Irradiación sangre y otros</li> <li>- Otras quimioterapias</li> <li>- Radioterapia</li> </ul>
	Otorrinolaringología	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Audiometría</li> <li>- Impedanciometría</li> <li>- Electronistagmografía</li> <li>- Renomanometría</li> <li>- Nasofibronlaringoscopia</li> <li>- Octavo par</li> <li>- Lavado de oídos</li> </ul>
	Reumatología	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Infiltración medicamentosa</li> </ul>
	Traumatología	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bloqueos e infiltraciones</li> <li>- Bota corta</li> <li>- Bota larga</li> <li>- Corset</li> <li>- Curaciones</li> <li>- Férulas</li> <li>- Rodilleras</li> <li>- Tacos</li> <li>- Valvas</li> <li>- Vendajes</li> <li>- Yeso antebraquial</li> <li>- Yeso braquial-antebraquial</li> </ul>
	Urología	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Endoscopia prostática</li> <li>- Otoscopia</li> <li>- Dilatación uretral</li> <li>- Residuo vesical</li> <li>- Lavado vesical</li> <li>- P. de miccional uroflujomet.</li> <li>- Curación mediana</li> <li>- Perfil uretral</li> </ul>
	Otros procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cirugía menor</li> <li>- Cirugía compleja</li> <li>- Curación simple</li> <li>- Inyecciones</li> <li>- Toma de muestras orina</li> <li>- Toma muestra de sangre</li> <li>- Yesos</li> <li>- Reducciones ortopédicas</li> <li>- Valvas</li> <li>- Férulas</li> <li>- Infecciones</li> </ul>

(4) **Descripción de limitaciones:** se debe identificar y describir las restricciones asociadas al proceso productivo en estudio, estas estarán asociadas a:

- Capacidad instalada
- Recursos Humanos
- Soporte Físico
- Insumos
- Presupuesto
- Prioridad Sanitaria
- Proporcionalidad de Oferta y demanda

De lo anterior, debe identificar, cuales son los límites a los que las restricciones anteriores están sujetas.

Posteriormente se deben desarrollar las siguientes subetapas:

**a. Definición de la función a optimizar:** Definir qué es lo que se desea optimizar. Esto previamente se definió como la maximización de todas las prestaciones a entregar, lo que se expresa en la Ecuación 1.

$$Max B = \sum_{i=1}^n q_i$$

Ecuación 1: Función a maximizar

Donde:

**B:** Función a maximizar

**$q_i$ :** Cantidad de prestaciones médicas. La cantidad de prestaciones quedará expresada por “atenciones al año”.

**$n$  :** Cantidad total de prestaciones.

**b. Definición de las restricciones del modelo de optimización:** Las restricciones son definidas como sigue y es tarea del ejecutor de este procedimiento, definir los valores límites con los que se cuenta en el Hospital de estudio.

- i. **Proporcionalidad de Oferta y demanda**  
Condición que se expresa en la Ecuación 2:

$$\frac{q_1}{D_1} \geq 1$$

$$\frac{q_2}{D_2} \geq 1$$

$$\vdots$$

$$\frac{q_n}{D_n} \geq 1$$

Ecuación 2: Proporcionalidad de la Oferta y la Demanda

Donde:

$q_i$ : Cantidad de prestaciones médicas.

$n$  : Cantidad total de prestaciones.

$D$ : Total de la demanda de prestaciones

Las atenciones médicas a entregar no pueden ser mayor a su demanda, debido a que se puede incurrir en un despilfarro de recursos de la organización. En el caso de que esta proporción sea igual a uno o muy cercana a este valor, está indicando que el la oferta y demanda de prestaciones está en equilibrio.

- ii. **Presupuesto**

$$\sum_{b=1}^n u_b d_b \leq F$$

Ecuación 3: Restricción de Presupuesto

Donde:

$F$ : Presupuesto de la organización.

$u_b$ : Costo de prestaciones de un mismo tipo (considera todo insumo requerido para brindar dicha prestación).

$d_b$ : Cantidad de prestaciones de un mismo tipo.

$n$ : Cantidad de tipos de prestaciones brindada por la cartera de servicios.

Expresada de otra manera:

$$\sum_{b=1}^n \left( \frac{\text{costo}_{total}}{\text{remuneraciones}} \cdot \frac{\text{cantidad}}{\text{remuneraciones}} \right)_b + \left( \frac{\text{costo}_{total}}{SF} \cdot \frac{\text{cantidad}}{SF} \right)_b + \left( \frac{\text{costo}_{total}}{\text{insumos}} \cdot \frac{\text{cantidad}}{\text{insumos}} \right)_b \leq F$$

Ecuación 4: Desglose de Ecuación presupuestaria

En donde SF es el soporte físico, es decir instalaciones y equipamiento utilizado para brindar la prestación.

iii. Capacidad instalada

$$\sum_{i=1}^n q_i \leq \text{Recursos disponibles}$$

Ecuación 5: Restricción de Capacidad Instalada

Donde:

**$q_i$** : Cantidad de prestaciones médicas.

**$n$** : Cantidad total de prestaciones.

En la Ecuación 5 la producción de prestaciones y de insumos está determinada en base a los recursos disponibles, es decir, la capacidad instalada de la organización. Estos recursos disponibles pueden especificarse como el recurso humano con el que cuenta la organización, el equipamiento y los insumos requeridos para realizar la o las prestaciones  **$q_i$** , los que se detallan más adelante.

La expresión  **$q_i$**  hace referencia a todo tipo de prestación, es decir, tanto a los productos de los Procesos de Apoyo Clínico como a los productos de los Procesos Clínicos, por lo que  **$q_i$**  puede ser considerada como insumo si es vista desde la perspectiva de producción hacia los Procesos Clínicos.

iv. Recursos Humanos

$$\sum_{i=1}^n q_i / k_{RH_i} \leq \sum_{l=1}^L hr_l$$

Ecuación 6: Restricción de recurso Humano

Donde:

**$q_i$** : Cantidad de prestaciones médicas.

**$n$** : Cantidad total de prestaciones.

**$k_{RH_i}$** : Rendimiento del personal de Recurso Humano (cada tipo de personal tiene un rendimiento estándar establecido según la especialidad)

**$hr$** : Horas disponibles netas..

**$L$** : Total de tipos de Personal.

Los tipos de personal que intervienen directamente en el Proceso Productivo del Hospital son:

- Enfermera
- Matrona
- Tecnólogo Médico
- Técnico Paramédico

- Auxiliar Paramédico
- Auxiliar de servicio
- Médicos (general, especialista), Psicólogos
- Otros (especificar)

Se puede deducir las horas disponibles netas como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Horas disponibles netas} \\ = \text{Horas contratadas} - \text{Horas de no producción} \end{aligned}$$

Ecuación 7: Horas disponibles netas

Las horas de no producción se consideran como horas de vacaciones, permisos, capacitación, actividades administrativas, etc. Sin embargo, se debe considerar el supuesto de que no hay ausentismo por enfermedad (la gente no se enferma). Aunque en la práctica se deben considerar los días de ausentismo de la organización. Si este dato tiene cierto promedio se debe castigar dicho promedio.

Además el número de prestaciones teóricas que se pueden brindar se define en la Ecuación 8.

$$\begin{aligned} \text{Numero de prestaciones} \\ \text{teóricas} = \text{Horas disponibles del personal} * \text{Rendimiento del} \\ \text{para la producción} \quad \text{personal} \end{aligned}$$

Ecuación 8: Número de prestaciones que pueden ser brindadas

#### v. Soporte Físico

El soporte físico puede ser considerado como instalaciones, y equipamiento.

- **Equipamiento:** El equipo que debe ser considerado en esta fórmula es sólo aquel que incorpore variabilidad a la realización de la prestación. Este debe ser seleccionado desde el listado de equipamiento médico descrito por el EPH, que se puede encontrar en el Anexo 5 de este documento. A continuación se detalla la restricción de equipamiento.

$$\sum_{i=1}^n q_i / k_{E_i} \leq \sum_{o=1}^C h s_o$$

Ecuación 9: Restricción de la capacidad del equipamiento

Donde:

$q_i / k_{E_i}$  : Cantidad de prestaciones médicas por unidad de tiempo.

$n$  : Cantidad total de prestaciones.

$h s_o$  : Cantidad de horas anuales de uso efectivo de equipamiento.

$C$  : Total de tipo de equipamiento

- **Instalaciones:** Las instalaciones, de la misma manera que el equipamiento, solo debe ser considerado si incorpora variabilidad a la producción de la prestación. El listado de todas las instalaciones que considera el EPH se enumera a continuación:
  - Pabellones quirúrgicos indiferenciados por especialidad y urgencias
  - Box de consultas médicas de especialidad
  - Box de consultas médicas de urgencia
  - Box de consultas médicas de especialidad
  - Box de consultas médicas de otras especialidades
  - Box de procedimientos
  - Salas de parto

En este caso se debe tener en cuenta cuales son las prestaciones específicas que requieran de instalaciones que integren variabilidad. La restricción que pueden presentar las horas disponibles para la prestación de atenciones está reflejada en la siguiente restricción:

$$\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{t_i} \leq \sum_{v=1}^V M_v$$

Ecuación 10: Restricción de la capacidad de las instalaciones

Donde:

- $q_i/t_i$ :** Cantidad de atenciones médicas realizadas en una hora en una instalación.
- $n$ :** Cantidad total de prestaciones.
- $M_v$ :** Cantidad de horas anuales efectivas de uso de instalaciones.
- $V$ :** total de instalaciones del hospital

#### vi. Insumos

Es importante considerar la restricción de producción de servicios de Apoyo Clínico dado que está sujeta a la producción de servicios de Apoyo Logístico y esta, a su vez, está sujeta a los insumos disponibles de la organización. La restricción que se ven sujetos los Procesos de Apoyo Logístico está dada por la Ecuación 11:

$$\sum_{i=1}^n q_i / I_i \leq W$$

Ecuación 11: Restricción de Insumos de Apoyo Logístico

Donde:

- $q_i/I_i$ :** Cantidad de producción de prestación por cantidad de insumos. Estas prestaciones pueden ser de Productos de Apoyo Clínico como Productos Clínicos.
- $W$ :** Capacidad de producción de insumos de Apoyo Logístico

Análoga a la Ecuación 12:

$$\sum_{i=1}^n w_i / I_i \leq Y$$

Ecuación 12: Restricción de Insumo de Apoyo Clínico

Donde:

$w_i / I_i$ : Cantidad de producción de prestación por cantidad de insumos. Estas prestaciones solo pueden ser Productos Clínicos

**Y**: Capacidad de producción de insumos de Apoyo Clínico

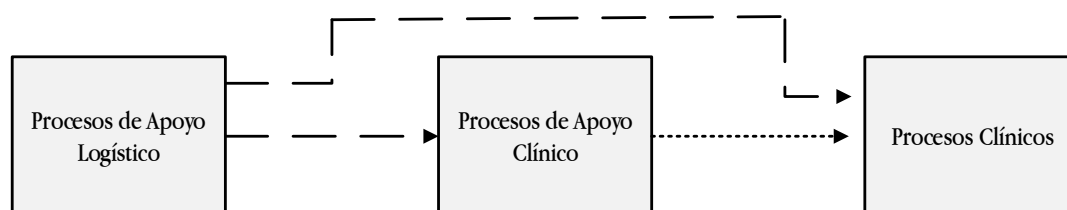
Para aclarar la aplicabilidad de ambas ecuaciones, se hace pertinente, en primer lugar, expresar estas fórmulas escritas, por lo que la Ecuación 11 queda expresada así:

*“Suma de todos los insumos usados en todas las prestaciones, no debe exceder la cantidad de insumos suministrada por los Procesos de Apoyo Logístico”*

Análogo a la Ecuación 12 queda expresada como:

*“Los insumos requeridos para la producción de los Procesos Clínicos no debe exceder la producción de Procesos de Apoyo Logístico”*

Para dejar aún más clara la aplicabilidad de estas fórmulas, en la figura siguiente se puede ver el diagrama de procesos operacionales básico. En él, se pueden apreciar dos tipos de conectores los que representan la Ecuación 11 y la Ecuación 12.



La línea segmentada “— — —” representa la producción de insumos desde el Proceso de Apoyo logístico, por lo que la expresión que representa este flujo es la Ecuación 11.

Ahora bien la línea segmentada “.....” representa la Producción de insumos desde los Procesos de Apoyo Logístico hacia los Procesos Clínicos, lo cual queda representado por la Ecuación 12..

El listado de Insumos clasificados puede ser la siguiente:

Insumos de Apoyo Logístico

- Raciones de alimentación
- SEDILE
- Lavandería y Ropería
- Esterilización
- Farmacia y Prótesis (Ministerio de Salud, 2001)

Insumos de Apoyo Clínico:

- Procedimientos (ver tabla de clasificación de productos)
- Diagnósticos (ver tabla de clasificación de productos)
- Terapias (ver tabla de clasificación de productos)

Los insumos de los Procesos de Apoyo Clínico pueden estar sujetos a que sean producidos por la propia organización hospitalaria (internalización) o que sean comprados (externalización). En este último caso se debe cumplir la siguiente condición:

$$\sum_{b=1}^G c_b h_b \leq T$$

Ecuación 13: Externalización de Insumos de Apoyo Logístico

Donde:

**T** : Presupuesto destinado a la compra de insumos o servicios de Apoyo Logístico

**c<sub>b</sub>** : Costo de servicios o insumos de un mismo tipo

**h<sub>b</sub>** : Cantidad de insumos o servicios de un mismo tipo comprados

**G** : Cantidad de tipos de insumos o servicios comprados a un servicio externo

La Ecuación 13 expresa que el costo de la compra de servicios de Apoyo Logístico no debe superar el presupuesto que se destina para dicho insumo. Este valor se obtiene mediante el producto del costo de cada servicio por la cantidad comprada.

#### vii. Prioridad Sanitaria

Restricción que implica la satisfacción de la totalidad de la demanda de una cierta prestación en específico como por ejemplo en el caso de las GES (Garantía explícita en salud), PPV (Programa prestaciones valoradas) y Prioridad sanitaria (muerte o invalidez).

$$\sum_{i=1}^n q_i = Z$$

Ecuación 14: Restricción por Prioridad Sanitaria

Donde:

**q<sub>i</sub>** : Cantidad de prestaciones médicas.

**n** : Cantidad total de prestaciones.

**Z** : Demanda conocida de prestaciones.

*\*Nota:* Es importante destacar que los coeficientes técnicos se deducen a partir de la observación de la oferta o producción efectuada de la organización. Esto puede ser lo que se realiza en el documento EPH o bien mediante definición de estándar (es decir, un dato: por ejemplo 4 atenciones por hora que están definidas) esto puede ser determinado por análisis de datos históricos, aunque se debe ser cuidadoso

---

*en su obtención, por ejemplo al deducir 8 atenciones por hora mediante este método lo que es imposible de realizar.*

c. **Formulación del modelo de optimización:** Formulación del modelo propiamente tal, eligiendo la herramienta matemática y el software a utilizar que se adapte mejor al desarrollo del modelo de producción.

- (5) **Explicación y construcción del modelo:** Etapa en que el usuario debe implementar el modelo matemático desarrollado en la herramienta computacional utilizando por ejemplo el complemento de Microsoft Excel SOLVER.
- (6) **Resolución:** El usuario debe realizar un desarrollo matemático completo, guiado de las distintas herramientas matemáticas que estén a su alcance para poder desarrollar las fórmulas de optimización propuestas.
- (7) **Verificación, Validación y Rendimiento:** se deben contrastar los datos obtenidos en el desarrollo matemáticos, con la realidad y con los óptimos requeridos, estos deben ser validados y analizados para su rendimiento.
- (8) **Análisis e interpretación de resultados:** una vez realizada la validación de estos datos y su correspondiente verificación de pruebas de error, se debe realizar una interpretación de los resultados obtenidos, tomando el resultado matemático e identificado el significado que este tiene para la institución.
- (9) **Implementación documentación y mantenimiento:** La documentación para mantenimiento constituye el elemento de referencia para el usuario que haya de realizar cambios o ampliaciones del estudio de optimización de la producción hospitalaria en el futuro.

La necesidad de mantenimiento deriva de:

- Defectos no detectados y que es necesario corregir.
- Cambios externos de índole política, técnica, social, etc. que afectan el estudio: normativa, moneda, novedades de un sistema operativo, etc.
- Solicitudes de los clientes o usuarios.

