



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

OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE GESTIÓN DE PABELLONES  
QUIRÚRGICOS EN HOSPITALES PÚBLICOS

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN  
INGENIERÍA DE NEGOCIOS CON TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN

PATRICIO ANTONIO WOLFF ROJAS

PROFESOR GUÍA  
OSCAR BARROS VERA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN  
EDUARDO CONTRERAS VILLABLANCA  
CRISTIAN JULIO AMDAN  
MARÍA BEGOÑA YARZA SÁEZ

SANTIAGO, CHILE

SEPTIEMBRE 2012

RESUMEN DEL PROYECTO DE  
GRADO PARA OPTAR AL GRADO  
DE MAGISTER EN INGENIERÍA  
DE NEGOCIOS CON TI.  
POR: PATRICO WOLFF R.  
FECHA: 13-09-2012  
PROF. GUÍA: Sr. OSCAR BARROS

## “OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE GESTIÓN DE PABELLONES QUIRÚRGICOS EN HOSPITALES PÚBLICOS”

El pabellón quirúrgico es un recinto diseñado y equipado para realizar actividades anestésicas o quirúrgicas, las cuales generan típicamente el 40% o más de los ingresos de un hospital. Sin embargo, el sistema de salud pública, actualmente, no responde satisfactoriamente a la demanda de intervenciones quirúrgicas electivas. El número de pacientes intervenidos quirúrgicamente está estrechamente relacionado con la disponibilidad de recursos y la forma en la cual se programan los pabellones.

El objetivo del proyecto es optimizar los procesos relacionados con la gestión de pabellones, enfocados principalmente en el uso eficiente de los recursos e instalaciones. La optimización se reflejará en reducción de los tiempos de espera, aumento de la utilización de los recursos y una mayor transparencia y equidad en la asignación.

La optimización se realizó mediante el rediseño detallado de procesos en base a la arquitectura de hospitales y el diseño de aplicaciones de apoyo fundamentadas en el uso de patrones, la ejecución de procesos y el desarrollo de servicios web. En este sentido, las lógicas de negocios desarrolladas en el sector privado, la teorías de gestión de operaciones, el rediseño de procesos apoyado por nuevas tecnologías de información y las aplicaciones de arquitecturas de procesos de negocios pueden ser utilizadas en hospitales públicos con el fin de mejorar la eficiencia y eficacia de ellos.

Se presenta un resultado exitoso de la aplicación de estas técnicas en el Hospital Exequiel González Cortés. Este resultado muestra un 10,2% de mejora en la programación de pabellones, en el período de estudio. Esta investigación representa un caso exitoso de aplicación de rediseño de procesos de negocios apoyados con analítica compleja y una implementación apropiada a los requerimientos del sector.

# Índice de Contenidos

<b>CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
1.1 ANTECEDENTES .....	9
1.2 INFORMACIÓN DE CONTEXTO.....	11
1.2.1 Información General: Salud pública en Chile .....	11
1.2.2 Información General: Servicio de Salud Metropolitano Sur.....	13
1.2.3 Información General: Hospital Exequiel González Cortés.....	14
1.3 SITUACIÓN ACTUAL .....	15
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	19
<b>CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....</b>	<b>20</b>
2.1 ENFOQUE DE PROCESOS.....	21
2.1.1 Metodología utilizada.....	21
2.2 MARCO TEÓRICO.....	23
2.2.1 Job Shop.....	25
2.2.2 Especificación del Job Shop.....	26
2.2.3 Alternativas de solución .....	28
2.3 ENFOQUE DE PROCESOS + LÓGICAS COMPLEJAS .....	30
<b>CAPÍTULO 3 PLANTEAMIENTO ESTRATÉGICO Y MODELO DE NEGOCIOS .....</b>	<b>32</b>
3.1 MISIÓN Y VISIÓN .....	33
3.1.1 Ministerio de Salud .....	33
3.1.2 Servicio de Salud Metropolitano Sur .....	34
3.1.3 Hospital Exequiel González Cortés.....	34
3.2 MAPA ESTRATÉGICO .....	36
3.3 MODELO DE NEGOCIOS .....	37
3.3.1 Esquema del Modelo de Negocios.....	37
3.3.2 Propuesta de Valor al Cliente .....	38
3.3.3 Beneficios Económicos.....	38
3.3.4 Recursos Claves .....	39
3.3.5 Procesos Clave.....	39
3.4 PERSPECTIVA ESTRATÉGICA .....	40
3.4.1 Frontera de productividad .....	40

<b>CAPÍTULO 4 ARQUITECTURA DE PROCESOS .....</b>	<b>42</b>
4.1 MACROPROCESOS .....	43
4.2 SERVICIOS COMUNES PROPIOS .....	45
4.2.1 <i>Servicio de agenda e información del paciente</i> .....	47
4.2.2 <i>Servicio de Pabellón</i> .....	48
<b>CAPÍTULO 5 REDISEÑO DE PROCESOS.....</b>	<b>50</b>
5.1 ALCANCE DEL REDISEÑO .....	51
5.1.1 <i>Motivación y objetivo del rediseño</i> .....	51
5.1.2 <i>Procesos clave en la gestión de pabellones</i> .....	52
5.2 DIRECCIÓN DE CAMBIO DEL REDISEÑO .....	54
5.2.1 <i>Estructura empresa y mercado</i> .....	54
5.2.2 <i>Anticipación</i> .....	54
5.2.3 <i>Coordinación</i> .....	55
5.2.4 <i>Prácticas de trabajo</i> .....	55
5.2.5 <i>Integración de procesos conexos</i> .....	56
5.2.6 <i>Mantenimiento consolidada de estados</i> .....	56
5.3 DETALLE DE LOS PROCESOS REDISEÑADOS .....	57
5.3.1 <i>Servicio de agenda e información del paciente: Contacto Pacientes</i> .....	57
5.3.2 <i>Servicio de Pabellón: Planificación y control de producción</i> .....	59
5.4 DETALLE DEL REDISEÑO .....	66
5.4.1 <i>Lógicas de Negocios</i> .....	66
5.4.2 <i>Procedimiento de ejecución</i> .....	77
5.4.3 <i>Información Requerida</i> .....	78
5.5 ALINEAMIENTO DEL PROYECTO CON LA ESTRATEGIA DEL HOSPITAL .....	82
5.5.1 <i>Perspectiva del Ciudadano</i> .....	83
5.5.2 <i>Perspectiva de los procesos clínicos y de apoyo</i> .....	85
5.5.3 <i>Perspectiva Financiera</i> .....	86
<b>CAPÍTULO 6 DISEÑO DE APLICACIÓN DE APOYO.....</b>	<b>87</b>
6.1 ARQUITECTURA DE SISTEMAS .....	88
6.2 CASOS DE USO.....	89
6.2.1 <i>Diagrama de casos de uso</i> .....	89
6.2.2 <i>Detalle de Casos de uso</i> .....	89
6.3 DIAGRAMAS DE SECUENCIA Y CLASES .....	91

6.3.1	<i>Selección de pacientes</i> .....	91
6.3.2	<i>Programar pabellones</i> .....	94
6.3.3	<i>Consolidar Tabla</i> .....	97
6.3.4	<i>Edición de tabla</i> .....	99
6.4	DIAGRAMA DE CLASES .....	102
<b>CAPÍTULO 7 IMPLEMENTACIÓN ORGÁNICA DE LOS PROCESOS.....</b>		<b>103</b>
7.1	ASPECTOS TÉCNICOS .....	103
7.1.1	<i>Etapas de la Implementación</i> .....	104
7.2	PLAN PILOTO .....	110
7.2.1	<i>Levantamiento de Información</i> .....	110
7.2.2	<i>Implementación del Plan Piloto</i> .....	111
7.2.3	<i>Resultados del Plan Piloto</i> .....	119
7.3	ASPECTOS DE MANEJO DEL CAMBIO .....	123
7.3.1	<i>Identificación de Cambios</i> .....	123
7.3.2	<i>Factores críticos de éxito/fracaso</i> .....	123
7.3.3	<i>Lo que debe ser conservado</i> .....	126
7.3.4	<i>Regulaciones y reglamento</i> .....	127
7.3.5	<i>Gestión de Poder</i> .....	128
7.3.6	<i>Creación de Sentido y Narrativas</i> .....	130
7.3.7	<i>Manejo de estados de ánimo</i> .....	131
7.3.8	<i>Estrategia Comunicacional</i> .....	133
<b>CAPÍTULO 8 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO .....</b>		<b>134</b>
8.1	VARIABLES RELEVANTES .....	135
8.1.1	<i>Origen de los Ingresos de FONASA</i> .....	135
8.1.2	<i>Origen de los ingresos de los Hospitales</i> .....	136
8.1.3	<i>Beneficios del Proyecto</i> .....	138
8.2	FLUJO DE CAJA .....	139
8.2.1	<i>Horizonte de planificación</i> .....	140
8.2.2	<i>Tasa de descuento</i> .....	140
8.2.3	<i>Impuestos</i> .....	140
8.2.4	<i>Ingresos</i> .....	140
8.2.5	<i>Costos</i> .....	143
8.2.6	<i>VAN</i> .....	147

<b>CAPÍTULO 9 GENERALIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA .....</b>	<b>148</b>
9.1 INTRODUCCIÓN A FRAMEWORKS .....	149
9.2 FRAMEWORK DESARROLLADO.....	149
9.2.1 <i>Lógica de Negocios generalizada</i> .....	149
9.2.2 <i>Dominio de la generalización</i> .....	150
9.2.3 <i>Framework base</i> .....	151
9.2.4 <i>Consideración de la prioridad</i> .....	153
9.3 FRAMEWORK DE SCHEDULING GENERAL.....	155
9.3.1 <i>Estructura de Objetos de Negocios</i> .....	156
9.3.2 <i>Métodos Computacionales</i> .....	157
9.4 ESPECIALIZACIÓN PARA EL CASO DE PABELLONES .....	160
9.4.1 <i>Estructura de objetos de negocios</i> .....	161
9.4.2 <i>Métodos Computacionales para el caso de pabellones</i> .....	162
9.5 ESPECIALIZACIÓN PARA OTRO CASO.....	164
9.5.1 <i>Estructura de Objetos de Negocios para el caso de la Papelera</i> .....	165
9.5.2 <i>Métodos Computacionales para el caso de la Papelera</i> .....	167
 <b>CAPÍTULO 10 LECCIONES APRENDIDAS Y TRABAJOS FUTUROS .....</b>	 <b>171</b>
10.1 LECCIONES APRENDIDAS.....	171
10.1.1 <i>De la estrategia y el enfoque de procesos</i> .....	172
10.1.2 <i>De los procesos y la lógica compleja</i> .....	172
10.1.3 <i>De la gestión de hospitales</i> .....	173
10.1.4 <i>Sobre los resultados</i> .....	174
10.1.5 <i>Tecnología y datos</i> .....	175
10.2 TRABAJOS FUTUROS.....	175
10.2.1 <i>Procesos relacionados</i> .....	175
10.2.2 <i>Problema multi-etapas</i> .....	176
10.2.3 <i>Planificación de capacidad de pabellones</i> .....	176
10.2.4 <i>Estimación de tiempos quirúrgicos</i> .....	177
10.2.5 <i>Mecanismos de control</i> .....	177
 <b>CAPÍTULO 11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	 <b>178</b>
 <b>CAPÍTULO 12 ANEXOS .....</b>	 <b>182</b>

# Índice de Figuras

Figura 1-1: Área geográfica del SSMS .....	14
Figura 1-2: Presupuestos del Sector Salud en Chile los últimos 10 años.....	16
Figura 2-1: Metodología Ingeniería de Negocios.....	23
Figura 2-2: Enfoque de 3 Subproblemas de programación de pabellón.....	24
Figura 2-3: Comparativa entre el problema <i>Job Shop</i> y el problema de pabellones .....	26
Figura 3-1: <i>Balanced Scorecard</i> .....	36
Figura 3-2: Modelo de Negocios .....	37
Figura 3-3: Reducción de la brecha por reducción de costos .....	41
Figura 3-4: Reducción de la brecha por aumento del valor entregado.....	41
Figura 4-1: Patrón de Arquitectura de hospitales públicos.....	43
Figura 4-2: Servicios Comunes Propios .....	46
Figura 4-3: Servicio de agenda e información del paciente .....	47
Figura 4-4: Servicio de Pabellón .....	48
Figura 5-1: Árbol de procesos rediseñados .....	52
Figura 5-2: Contacto Pacientes.....	57
Figura 5-3: Selección de Pacientes.....	58
Figura 5-4: Planificación y control de producción.....	59
Figura 5-5: Programación de Pabellones.....	60
Figura 5-6: Generar Tabla .....	63
Figura 5-7: Consolidar Tablas .....	64
Figura 5-8: Editar Tabla .....	65
Figura 5-9: <i>Balanced Scorecard</i> modificado.....	82
Figura 5-10: Número de Paciente por Tiempo Esperando – Caso 1 .....	83
Figura 5-11: Número de Paciente por Tiempo Esperando – Caso 2 .....	84
Figura 6-1: Arquitectura de Sistemas .....	88
Figura 6-2: Diagrama de Casos de Uso .....	89
Figura 6-3: Diagrama de Secuencia de Selección de pacientes.....	93

Figura 6-4: Diagrama de Clases de Selección de Pacientes .....	94
Figura 6-5: Diagrama de Secuencia de Programar pabellones.....	95
Figura 6-6: Diagrama de Clases de Calcular Tabla.....	96
Figura 6-7: Diagrama de Secuencia de Consolidar Tabla .....	98
Figura 6-8: Diagrama de Clases de Consolidar Tabla.....	99
Figura 6-9: Diagrama de Secuencia de Edición de tabla.....	100
Figura 6-10: Diagrama de Clases de Edición de tabla.....	101
Figura 6-11: Diagrama de Clases Consolidado .....	102
Figura 7-1: Modelo Operacional .....	112
Figura 7-2: Mapa del Sitio.....	113
Figura 7-3: Esquema de Servicios Web .....	114
Figura 7-4: Estructura de datos de la Heurística .....	117
Figura 7-5: Estructura de datos del proceso .....	118
Figura 7-6: Ejemplo resultado Plan Piloto .....	119
Figura 7-7: Esquema simplificado de la estructura de un hospital Público.....	129
Figura 8-1: Esquema de los ingresos de FONASA .....	135
Figura 8-2: Porcentaje de la población que pertenece a un sistema de salud.....	136
Figura 8-3: Rendimiento de Pabellón del Hospital HEGC proyectado.....	142
Figura 9-1: Estructura del Problema <i>Scheduling</i> propuesto en [8].....	151
Figura 9-2: <i>Framework</i> de <i>Scheduling</i> .....	152
Figura 9-3: Niveles de Priorización.....	154
Figura 9-4: Otra perspectiva de la estructura del problema de <i>Scheduling</i> .....	155
Figura 9-5: Estructura de Objetos de Negocios de <i>Scheduling</i> .....	156
Figura 9-6: Estructura de Objetos de Negocios particular de Pabellones .....	161
Figura 9-7: Estructura de Objetos de Negocios particular de la papelera .....	166
Figura 12-1: Interfaz de Seleccionar Pacientes .....	185
Figura 12-2: Interfaz de jornadas finales.....	186
Figura 12-3: Interfaz de actualizar lista de espera.....	187
Figura 12-4: Interfaz de presentación de resultados del modelo .....	188



# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1 Antecedentes

El Pabellón Quirúrgico es un recinto diseñado y equipado para realizar actividades anestésicas o quirúrgicas. En un pabellón se atienden intervenciones de diferentes tipos. Uno de estos tipos es la cirugía electiva. En este caso, los pacientes luego del diagnóstico pueden irse a su casa y esperar un tiempo determinado. El segundo tipo son intervenciones que se realizan a pacientes que llegan de forma espontánea y deben ser intervenidos quirúrgicamente de inmediato. La cirugía electiva genera típicamente el 40% o más de los ingresos de un hospital.

La programación de las actividades quirúrgicas en un centro médico es un proceso muy complejo [21]. La elección de horarios y la disponibilidad de recursos impactan directamente en el número de pacientes tratados, los tiempos de espera y el nivel de rendimiento del sistema. En una simple mirada, parece lógico implementar modelos que mejoren la coordinación y la eficiencia del sistema cuando los recursos son limitados. Sin embargo, existen grandes complicaciones a la hora de establecer reglas de negocio claras y que apunten a una mejora a las actuales prácticas.

Las complicaciones de la asignación surgen del gran número de consideraciones que se deben tener cuando se realiza la programación. Algunas de las variables involucradas son: la gran variedad de intervenciones quirúrgicas, las variaciones de los tiempos de intervención, las prioridades de los pacientes, la capacidad del centro médico, la ambulatoriedad de algunas intervenciones, los horarios médicos y la edad de los pacientes [24].

El sistema de salud pública de Chile no es capaz de responder a las demandas por atenciones médicas en los distintos niveles de atención (con la excepción de las atenciones de urgencia y de Obstetricia) [16]. En este sector resulta muy interesante rediseñar procesos relacionados con la gestión, centrados en el uso eficiente de los recursos e instalaciones. Por otro lado, el sector público presenta otras consideraciones de interés en la implementación de modelos de gestión que son utilizados habitualmente en el sector privado, pero tienen importantes costos o presentan grados de complejidad en implementación muy elevados para el sector público.

Las lógicas de negocios desarrolladas en el sector privado, la teorías de gestión de operaciones, el rediseño de procesos apoyados por nuevas tecnologías de información y las aplicaciones de arquitecturas de procesos de negocios, pueden ser aplicadas a hospitales públicos, con el fin de mejorar la eficiencia y eficacia de ellos. En esta dirección, surge el proyecto de optimización de procesos de gestión de pabellones en hospitales públicos.

El objetivo del proyecto es optimizar los procesos de gestión de pabellones quirúrgicos en hospitales públicos, mediante el rediseño alineado con la estratégica de la organización en la cual se implementará. Con esto se pretende obtener una optimización en el uso del recurso pabellón, reducción de tiempos de espera, hacer uso eficiente de los recursos humanos necesarios, reducción de los tiempos entre cada intervención y reducción de costos.

Casi tan importante como lo anterior, el proyecto presenta una oportunidad para lograr una mayor transparencia y mejorar la equidad en la asignación de los recursos como consecuencia del uso de una sistematización asociada a la priorización y calendarización [21].

Si bien, el modelo desarrollado en este proyecto fue pensado en un hospital público en particular, el proceso de asignación de pabellones quirúrgicos en un hospital público no debería diferir del de otro, por lo que se pueden extender los alcances del proyecto a otros hospitales [4].

## **1.2 Información de contexto**

En esta sección se encuentra una definición más detallada del proyecto, en donde se incluyen los objetivos y el ámbito en cual se desarrollará. Por otro lado, se presenta el modelo de negocios desde el punto de vista de la situación actual.

### ***1.2.1 Información General: Salud pública en Chile***

En esta sección se presentan algunos acontecimientos importantes en sector salud de Chile [19]. En 1842 se crea la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile y comienza el desarrollo propiamente tal de la medicina en Chile, a través del estudio de las enfermedades endémicas existentes y el mejoramiento de la higiene pública. En el año 1924 se crea el

Ministerio de Higiene, Asistencia y Previsión Social y se organiza la Caja de Seguro Obrero para cubrir los riesgos de enfermedad, invalidez, vejez y muerte.

En 1979 se fusionan el Servicio Médico Nacional de Empleados (Sermena) y el Sistema Nacional de Salud (SNS), con lo cual se reorganiza el Ministerio de Salud. Se crean los Servicios de Salud, el Fondo Nacional de Salud (Fonasa), la Central Nacional de Abastecimiento (Cenabast) y el Instituto de Salud Pública (ISP). La nueva institucionalidad permite el acceso a diferentes beneficios.

En el año 1981 se crean las Instituciones de Salud Previsional (Isapres), entidades privadas que otorgan prestaciones y beneficios de salud a sus afiliados mediante sistemas de libre elección. En 2005 entra en vigencia la nueva Ley de Autoridad Sanitaria y la Ley de Garantías Explícitas en Salud (AUGE), pilares fundamentales del nuevo sistema de salud chileno.

El sistema de salud chileno es un sistema mixto, con participación de los sectores público y privado en materia de seguros, financiamiento y entrega de los servicios de salud. El sistema de salud público es regulado por el Ministerio de Salud, quien diseña políticas y programas, coordina las entidades del área, supervisa, evalúa y controla las políticas de salud.

El Ministerio de Salud se organiza en servicios de salud, los que poseen y operan varios hospitales de distintos niveles de complejidad y centros de atención abierta, pudiendo establecer contratos con proveedores privados para servir a ciertas zonas o para tipos específicos de prestaciones.

En el sistema de salud pública de Chile existe un seguro social de salud administrado por el Fondo Nacional de Salud (FONASA). El sistema de salud privado está conformado por compañías aseguradoras de salud conocidas como Isapres y por otros sistemas de salud particulares. Las Isapres operan como un sistema de seguros de salud, basado en contratos individuales pactados con los asegurados.

Los trabajadores chilenos deben cotizar el 7% de su renta imponible al sistema de salud, con un tope de 4,2 UF mensuales. Este pago puede ir directo a FONASA, en cuyo caso la persona es beneficiaria del sistema público, o en el caso de optar a la salud privada, tener como destino una ISAPRE.

El sector público de salud se financia principalmente a través de dos fuentes de ingreso: el aporte fiscal directo y lo que se obtiene de las cotizaciones de los afiliados a FONASA.

### ***1.2.2 Información General: Servicio de Salud Metropolitano Sur***

El Servicio de Salud Metropolitano Sur de la RM tiene como objetivo entregar atención en salud, principalmente en las consultas de especialidades y hospitalización, formando con ellos un sistema de atención con niveles crecientes de complejidad.

El Servicio de Salud Metropolitano Sur tiene a cargo la administración de la red de establecimientos ubicados en el área metropolitana sur en el cual existen 6 establecimientos hospitalarios (siendo el hospital Exequiel González Cortés uno de ellos), 31 consultorios de atención primaria y 17 servicios de atención primaria de urgencia.

La atención primaria del SSMS está constituida por 31 Consultorios, 11 Centros de Salud Familiar (CESFAM), 11 postas rurales, 17 Servicio de Atención Primaria de Urgencia (SAPU) y centros comunitarios de salud familiar y centros comunitarios de salud mental (COSAM).

La Figura 1-1 muestra el área geográfica de la región metropolitana y destaca el área que cubre el SSMS.



**Figura 1-1: Área geográfica del SSMS**

El área metropolitana sur tiene una población total proyectada para el 2010 de 1.185.572 habitantes (según proyección INE) en una superficie de 1.176 km<sup>2</sup> abarcando 11 comunas, la población beneficiaria inscrita en el Sistema de Salud Público abarca 937.858 beneficiarios, correspondiente a un 79.11% de la población.

### ***1.2.3 Información General: Hospital Exequiel González Cortés***

El Hospital Exequiel González Cortés es un Hospital pediátrico de Alta Complejidad perteneciente a la Red Asistencial Metropolitana Sur. Este hospital cuenta con servicios de atención en urgencia, atención cerrada y atención abierta. Fue uno de los primeros hospitales que obtuvo el año 2007 la calidad de Hospital Auto Gestionado en Red, según lo determinado en la Ley N° 19.937 de Autoridad Sanitaria.

El establecimiento atiende a una población asignada de aproximadamente 260.000 niños y niñas menores de 15 años y 26.000 adolescentes mayores de 15 años (fuente: INE).

El Hospital tiene una dotación de 138 camas y 5 pabellones quirúrgicos. Las especialidades con las que cuenta el hospital son:

- Pediatría General
- Broncopulmonar
- Cardiología
- Dermatología
- Endocrinología
- Infectología
- Traumatología
- Genética
- Gastroenterología
- Inmuno-Reumatología
- Neurología
- Oncología
- Hematología
- Nutrición
- Nefrología
- Ginecología
- Cirugía Infantil
- Urología
- Cirugía Plástica y Quemados

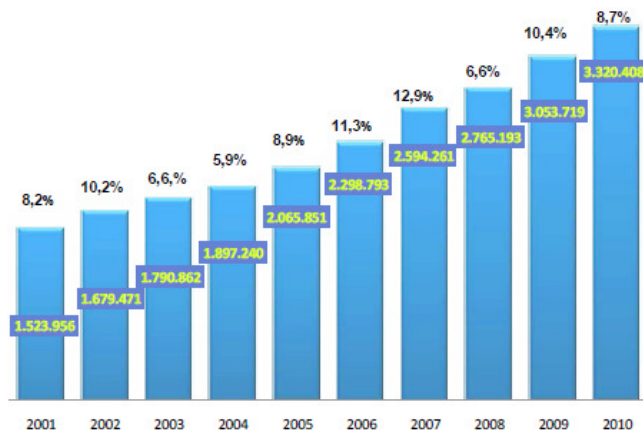
### **1.3 Situación Actual**

En la actualidad, la Red Asistencial del Sector Salud en Chile cuenta con un total de 183 Hospitales, de los cuales 59 son de Alta Complejidad, 24 de Mediana Complejidad y 100 de baja Complejidad. El total de camas de la red para el año 2010 es de 26.372. Existen 5 Centros de Diagnóstico y Tratamiento (CDTs) adjuntos a los hospitales públicos en Santiago.

Por otro lado, hay 330 centros de atención primaria y 40 hospitales privados; 22 en Santiago que poseen cerca de 1.804 camas y 18 en regiones con 826 camas.

Cerca de un 70% de la población chilena se atiende en el sector público y el restante 30% utiliza el sector privado. El presupuesto en salud ha crecido en promedio en un 10% anual, duplicándose entre los años 2001-2010. En los últimos cinco años el crecimiento del presupuesto en salud ha sido de un 44% (2006-2010).

En la Figura 1-2 se muestra un gráfico del presupuesto de los últimos 10 años en el sector salud.



**Figura 1-2: Presupuestos del Sector Salud en Chile los últimos 10 años**

El mayor gasto se ha visto reflejado en el incremento de las prestaciones otorgadas, como consultas de especialidad, exámenes bioquímicos y hematológicos, y exámenes de imagenología. De la misma forma, se observa una continua tendencia en la mejoría de la esperanza de vida al nacer y la mortalidad infantil, así como la calidad de vida del país.

Si bien, son importantes los avances obtenidos en los últimos años, persisten problemas referidos a: la inequidad en el acceso de la población a la atención de salud y en las coberturas de las prestaciones, burocracia en la toma de decisiones, falta de disciplina



financiera, la ineficiencia en la gestión administrativa, en el bajo rendimiento de los recursos. Muchos de estos problemas son habituales de encontrar en el sector público, pero esto no justifica que no existan iniciativas para combatir dichos problemas.

Los problemas del sector salud son fácilmente posibles de verificar en la persistente insatisfacción tanto de los usuarios del sistema, como de los mismos funcionarios. Sin duda, un área donde se manifiesta explícitamente esta insatisfacción es el área de pabellones de cirugía electiva.

En la actualidad, los hospitales públicos presentan problemas comunes en términos de la gestión de sus pabellones. La principal problemática que presentan los hospitales públicos es el gran número de intervenciones quirúrgicas (pacientes) en lista de espera. Especialmente, el gran número de pacientes que llevan esperando más del tiempo determinado como máximo de espera, asociado a su diagnóstico médico. En muchos casos, las características de estas listas de espera reflejan una falta de transparencia y equidad en la asignación de pabellones, lo que genera insatisfacción y desconfianza en el sistema.

Las causales de esta problemática son múltiples, a continuación se presentan las principales:

En algunos casos, el alto volumen o el bajo nivel de sistematización de la información genera problemas en el manejo de datos relacionados con los pacientes. Esto se manifiesta cuando los hospitales incurren en errores administrativos que, en algunos casos, perjudican a los pacientes. En algunos hospitales se evidencia una desconfianza en los sistemas de información, debido a malas experiencias de implementaciones anteriores, temor frente a que éstos pueden evidenciar malas prácticas, desconfianza en la Intranet o, incluso, desconfianza en la red eléctrica del hospital.

Si bien, se ha invertido altas sumas de dinero en la utilización de reportes y sistemas de manejo de datos en el hospital, el carácter de esta información es principalmente estadístico

financiero y no orientado a gestionar correctamente el hospital. Específicamente, estos datos son de carácter agregado y de ninguna forma permiten hacer seguimiento a los pacientes y las decisiones médicas que se toman sobre éstos.

El bajo nivel de sistematización de la información genera, entre otras cosas, dificultad para ejercer mecanismos de control sobre la gestión de los pabellones. En algunos casos, es posible encontrar metodologías poco claras en la gestión de pabellones.

El bajo grado de coordinación entre las entidades al interior del hospital ha generado, a lo largo del tiempo, la idea de que las partes al interior del hospital deben ser administradas por separado. Esto se debe a que cada área desconoce las actividades de las otras áreas, por lo cual, le es imposible anticiparse a éstas. Esto genera pocas expectativas de la utilidad de planificar las actividades y que cada unidad debe responder de manera independiente, los requerimientos que otras hagan. Debido a esto, la planificación se realiza basada en la contingencia y no en eficiencia de recursos.

Las intervenciones quirúrgicas son procesos complejos que requieren de personal especializado y recursos específicos y, en muchos casos, de alto costo. La imposibilidad de contar con alguno de estos recursos impide la utilización de todo el conjunto, lo que se refleja en bajas tasas de utilización de los recursos de pabellón por suspensión de pabellón.

Es importante considerar el alto grado de incertidumbre atribuible, tanto a los pacientes como sus patologías, así como el relativo a los recursos que se requieren para realizar una intervención quirúrgica. Esta incertidumbre se ha intentado corregir restringiendo el uso de la capacidad, lo que ha disminuido el impacto de ésta, pero ha limitado las posibilidades de programar eficientemente los pabellones.

## **1.4 Objetivos del proyecto**

El objetivo principal del proyecto es optimizar los procesos de gestión de pabellones quirúrgicos en un hospital público. Con esto se pretende optimizar el uso de los recursos involucrados en las intervenciones quirúrgicas, respetando las prioridades relativas de los pacientes, criterios médicos de asignación y las restricciones de capacidad del hospital.

Mediante el rediseño se pretende impactar procesos que son críticos en la gestión de pabellones, por medio de la sistematización y definiciones asociadas a esa sistematización. Para el desarrollo del proyecto se debe definir en conjunto con los hospitales las reglas de priorización, asignación y calendarización de pacientes que serán utilizadas.

Esta sistematización permitirá generar mecanismos de control asociados al funcionamiento y a las prácticas de los hospitales. Por otro lado, esta sistematización apunta a aumentar la transparencia en los procesos de asignación.

Si bien, el proyecto es planteado para un hospital en particular, la solución planteada pretende ser exportable a otros hospitales y otras instituciones que presenten problemáticas semejantes a las que sufren los hospitales públicos hoy en día.

## **Capítulo 2**

### **Marco Teórico Conceptual**

En este capítulo, se detalla la base teórica conceptual sobre la cual se apoya el proyecto. Específicamente, en este capítulo se presenta una mirada al enfoque de procesos que fue utilizado en este proyecto como metodología. Por otro lado, en este capítulo se analiza la teoría que refiere a la programación de pabellones y la generalización que permite entender teóricamente cómo se obtendrán los resultados y objetivos esperados. Finalmente, se analiza la combinación de lógicas complejas con enfoques de procesos.

## **2.1 Enfoque de Procesos**

El enfoque de procesos permite considerar las actividades de diferentes áreas funcionales como una sola unidad, la cual debe analizarse y diseñarse para cumplir un propósito. Este enfoque permite, entre otras cosas, coordinar las diferentes áreas funcionales que son parte del proceso [2].

En muchas empresas (y otras organizaciones) en el mundo, la aplicación de enfoques de procesos genera grandes beneficios, junto con mejorar la variable humana frente a una descentralización de las decisiones al grupo que maneja las decisiones y su autonomía para autoorganizarse. La explicación de esta sustantiva mejora radica en que rara vez se analizan o diseñan los procesos y su construcción suele ser basada en la tradición, la costumbre o la contingencia [5]. Esta conclusión no se aleja de lo hasta ahora observado en los hospitales públicos chilenos, donde la investigación de procesos con el uso de una metodología formal puede entregar resultados bastante significativos, en términos del funcionamiento cotidiano.

### ***2.1.1 Metodología utilizada***

La ingeniería de negocios presenta una metodología que es posible aplicar en este rediseño de procesos. Primero, se propone investigar sobre el planteamiento estratégico en cual se enmarcará el proyecto, en este punto es importante tener en consideración la planificación estratégica del hospital en el cual se desarrollará el proyecto del servicio de salud, en el cual se encuentra el hospital y finalmente la planificación estratégica del Ministerio de Salud en el momento de desarrollo del proyecto.

Luego de presentar este contexto estratégico es importante definir un modelo de negocios aplicable al contexto. En este punto deben ser definidos los clientes del negocio investigado, el valor agregado al cliente y los resultados económicos esperados en función de

los objetivos.

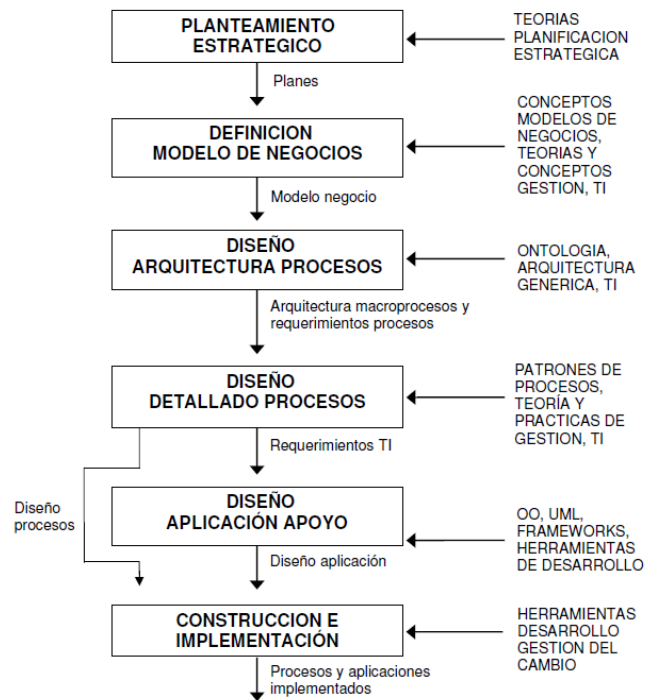
El paso siguiente a una definición de un modelo de negocios es el diseño de una arquitectura de negocios que permita definir, detallar y ubicar en un contexto global los procesos y requerimientos del rediseño. Este paso es fundamental para poder diseñar de manera detallada los procesos relevantes.

Un paso importante en el proyecto es el diseño detallado de procesos y lógicas de negocios asociadas a estos procesos, que básicamente resume el rediseño y guía la implementación y el diseño de las aplicaciones de apoyo al modelo diseñado.

El diseño de la aplicación de apoyo se basa en el rediseño y plantea una propuesta estandarizada de desarrollo de software. Esta propuesta debe ser capaz de cumplir con los requerimientos del rediseño y de ser presentada a un programador que comprenda los términos del estándar y sea capaz de entregar una aplicación computacional.

Finalmente, este enfoque finaliza con la construcción e implementación de la aplicación diseñada anteriormente. Para esta etapa es fundamental contar con herramientas de gestión del cambio que apoyen los procesos de implementación donde intervienen personas.

La Figura 2-1 muestra un esquema de la metodología utilizada en el desarrollo de este proyecto.



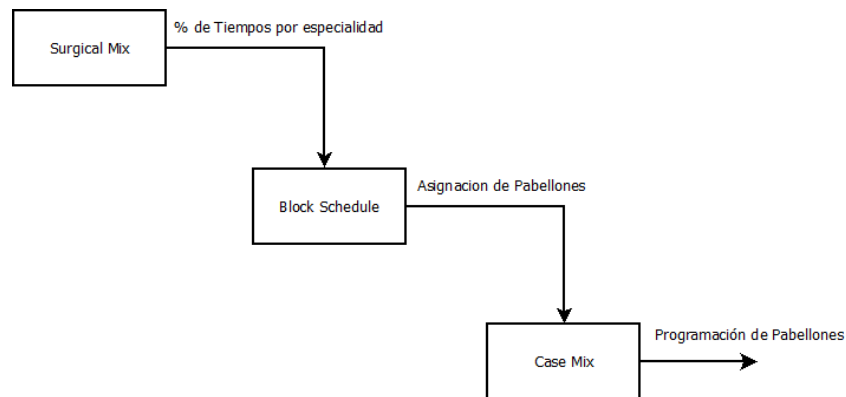
**Figura 2-1: Metodología Ingeniería de Negocios**

## 2.2 Marco Teórico

Para explicar el marco teórico de este proyecto, es importante recurrir a una de las ramas importantes de la gestión de operaciones. Ésta es la que refiere a los planes de producción o programación de máquinas, que entrega un soporte teórico sobre el cual se fundamenta conceptualmente este proyecto. Esta clase de problemas ha sido investigada ampliamente, debido a que resulta muy atractiva desde el punto de vista de la optimización de procesos productivos y por su complejidad, resulta muy interesante desde el punto de vista académico.

En lo que refiere a la gestión de pabellones, en la literatura, es posible identificar distintos sub problemas, referidos al nivel de decisión que se toma en cada uno. Según algunos autores, el enfoque de la programación de pabellones es primero dividir el problema en 3

subproblemas [9][21].



**Figura 2-2: Enfoque de 3 Subproblemas de programación de pabellón**

El primer subproblema corresponde a determinar qué porcentaje del tiempo se debe asignar a cada especialidad. Esto corresponde a un problema típico en los hospitales con un número fijo de Pabellones Quirúrgicos. Existen iniciativas para determinar un método equitativo de distribución de tiempo a las especialidades [9].

El segundo subproblema, corresponde a determinar qué bloques de tiempo y qué pabellones deben ser asignados a cada especialidad. En algunos casos, para resolver esto se proponen modelos de programación lineal para resolver el problema de asignación. En otros casos se propone utilizar datos históricos y fijar los bloques horarios [15].

El tercer subproblema es el aborda este proyecto y corresponde a la asignación de pacientes a los bloques horarios y pabellones, para mejorar la eficiencia y la utilización de los recursos. Este subproblema es habitualmente considerado del tipo Job Shop por su objetivo y características.

Es fácil ver que *Surgical Mix* y *Block Schedule* pertenecen a niveles de planificación de recursos en el largo plazo. La planificación de recursos e insumos y la planificación de los horarios médicos y de personal pueden ser apoyadas por analítica compleja también. En este caso, la planificación de horarios de personal, por ejemplo, podría ser apoyada por simulación



y la asignación de pabellones por modelos de optimización. El resultado de ambas es una planificación que puede ser orientada a la demanda y las características de esta, en función de las horas de personal y otros recursos. Actualmente, estos subproblemas son resueltos en los hospitales públicos de Chile en base a una construcción histórica y a las características de los recursos con que éstos cuentan. Es posible demostrar que la construcción histórica de la planificación, independiente de las distorsiones que puedan existir, tenderá a adaptarse a la demanda y sus características, sujeta a las restricciones del medio. De existir diferencias entre los resultados de los modelos de optimización y los resultados de la construcción histórica, se puede demostrar que éstas serán menores. Por esto, desde la perspectiva de la situación actual conviene centrarse en estudiar el tercer subproblema.

### **2.2.1 Job Shop**

La programación de pabellones quirúrgicos puede ser considerada a simple vista como un problema clásico de *Job Shop* [8]. El problema del *Job Shop* se define como un problema de optimización matemático, donde se intenta maximizar la utilización de las máquinas (*facilities*), minimizar el tiempo de operación o el costo total.

En este problema se definen  $n$  tareas que deben ser cumplidas por  $m$  máquinas, recorriendo rutas específicas para cada tarea. Cada tarea demora un tiempo determinado y tiene un costo asociado. Sobre este problema se definen algunas variaciones como tiempos de vencimiento y tiempos de *Set-Up*, que permiten acercar el modelo a aplicaciones específicas.

El problema puede tener complejidades que provienen de distintas fuentes. En algunos casos, es posible utilizar modelamiento matemático entero y resolver el problema con paquetes optimizadores estándar. La gran cantidad de combinaciones posibles o soluciones factibles pueden ser suficientemente grandes para requerir heurísticas u otras metodologías más complejas que permitan obtener soluciones aceptables en tiempos de ejecución adecuados al tipo de problema.

### 2.2.2 Especificación del Job Shop

Cuando se habla de gestión de pabellones y optimización de recursos de pabellón se está hablando de cómo se asignan los recursos del hospital a los pacientes que serán intervenidos quirúrgicamente. A esta programación se le denomina tabla quirúrgica y contiene la asignación de pabellones, planificación de los recursos y el orden de intervención de los pacientes.

Existe un gran número de investigaciones científicas en lo que refiere a programación de pabellones quirúrgicos [12]. Muchas de estas investigaciones se centran en la programación de la tabla quirúrgica. Dentro de las investigaciones que se centran en la programación de pacientes, en algunos casos se proponen modelos matemáticos de optimización multicriterio y en otros casos heurísticas para resolver los problemas.

Como ya se dijo anteriormente, la programación de pabellones quirúrgicos puede ser vista como un problema clásico de *Job Shop* [8]. Sin embargo, en este caso particular se debe considerar algunas especificaciones del problema maestro, algunas de éstas se muestran en la Figura 2-3.

Problema tipo Job Shop Scheduling	Problema de Pabellones
<ul style="list-style-type: none"><li>• n tareas predefinidas</li><li>• m Maquinas o recursos</li><li>• r Rutas</li><li>• Cada operación demora un tiempo t</li><li>• (Tiempos de Set-Up varían entre tareas)</li><li>• (Lead Time)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• n intervenciones Qx.</li><li>• m pabellones (d medicos)</li><li>• 1 ruta</li><li>• Cada intervención demora un tiempo t</li><li>• Tiempos de Set-Up relativamente Ctes.</li><li>• Sin Lead Time</li></ul>

**Figura 2-3: Comparativa entre el problema *Job Shop* y el problema de pabellones**

Aquí, es posible observar que existe un solo tipo de ruta, debido a que las intervenciones sólo requieren de pasar por un pabellón y no de una secuencia como en otros casos de programación de máquinas. Los tiempos de *Set-Up* son considerados constantes entre los tipos de intervenciones pertenecientes a una misma especialidad. Por ejemplo, si una intervención causa mucha pérdida de sangre, ésta requiere de tiempos de *Set-Up* diferentes a las intervenciones menos sangrientas, pero este tiempo no cambia dependiendo del tipo de la intervención anterior o posterior.

En un sentido estricto, si existen plazos de vencimiento o *Lead Time* (definidos por las garantías explícitas en salud, GES) definidos por el Ministerio, que definen tiempos que se deben respetar entre que ocurre el diagnóstico y que se realiza la intervención. Sin embargo, desde el punto de vista del negocio, esta consideración es incluida en otra parte del proceso y no debe tenerse en cuenta en el modelo.

Otra variación importante que incluye la programación de pabellones al problema maestro es una batería de restricciones de asignación. Aquí, se incluyen consideraciones que especifican que no todas las intervenciones pueden ser asignadas a todos los médicos, ni a todos los pabellones. Algunas intervenciones deben ser asignadas única y exclusivamente en algunas jornadas.

En el problema de pabellones se consideran otros recursos que deben ser incluidos en el problema maestro, este es el caso de los médicos que realizan la intervención. Es importante considerar que el problema de pabellones debe intentar repartir la carga de trabajo de los médicos, dentro de lo posible. Aquí, aparece una consideración extra que no es incluida en el problema maestro del *Job Shop*. Esta consideración modifica la función objetivo, prefiriendo soluciones que repartan la carga de trabajo entre los médicos disponibles.

Sin duda, la consideración más importante que aparece y que modifica la función objetivo es el respeto de la prioridad de los pacientes. El problema *Job Shop* intenta maximizar la utilización de las máquinas, minimizar el tiempo o el costo total. En este caso, se pretende

maximizar la utilización, pero respetando una prioridad relativa que tiene cada uno de los pacientes. La prioridad es determinada en otra parte del proceso. Sin embargo, la manera en la cual esta prioridad influye en la decisión de asignación de pacientes debe ser considerada en el modelo.

### **2.2.3 Alternativas de solución**

Como se mencionó anteriormente, el problema del *Job Shop* puede llegar a requerir heurísticas u otras metodologías más complejas que permitan obtener soluciones aceptables en tiempos de ejecución adecuados al tipo de problema.

En la teoría de complejidad computacional, el problema del *Job Shop* es considerado fuertemente del tipo NP-Difícil. Específicamente, el SCSP (de las siglas en inglés: *Surgical Case Scheduling Problem*) es NP-Difícil [13]. Saber que este problema es NP-Difícil permite centrar los esfuerzos en no tratar de encontrar, mediante algoritmos, reducir los tiempos de ejecución poligonales, centrándose en heurísticas u otras metodologías que permitan disminuir los tiempos de ejecución, entregando soluciones aceptables, pero no las óptimas. Esto ha motivado el desarrollo de numerosas investigaciones, la técnica de solución empleada puede ser catalogada principalmente en programación matemática, Heurísticas y Meta-heurísticas [15][20].

A continuación se presenta una clasificación de las técnicas de solución que son propuestas en algunas investigaciones donde se resuelve el tema de programación de pabellones:

1. Programación matemática
  - a. Programación *lineal*
  - b. Programación *cuadrática*
  - c. Programación *entera mixta*

- d. *Generación de columnas*
- e. *Branch-and-price*
- f. *Otras*

## 2. *Heurísticas*

- a. *Greedy*
- b. *Búsqueda local*
- c. *Otras*

## 3. *Meta-heurísticas*

- a. *Simulated annealing*
- b. *Búsqueda Tabú*
- c. *Algoritmos Genéticos*
- d. *Otras*

Cada una de estas técnicas de solución está enfocada en explotar una propiedad específica del problema que se intenta resolver. En muchos casos, no basta con la programación matemática entera para poder resolver el problema. En estos casos se requiere de la implementación de heurísticas o meta-heurísticas que permiten disminuir los tiempos de cálculo. En este sentido, los desarrollos basados en meta-heurísticas son muy particulares y la solución se vuelve poco exportable.

Los paquetes optimizadores (como por ejemplo CPLEX) que se enfocan en resolver modelos de programación matemática, actualmente permiten obtener buenos resultados. Sin embargo, por las características del problema y los tiempos de ejecución requeridos, se hace difícil para los paquetes optimizadores manejar cantidades de variables como las que componen problemas de este tipo.

Algunos mecanismos de solución resultan ser sensibles a determinada variable, por ejemplo, el número de pacientes o el número de pabellones. Específicamente, es el caso de los

modelos de optimización matemáticos enteros.

Por las características del problema, para este caso, Generación de Columnas parece ser una alternativa bastante buena desde el punto de vista teórico. Sin embargo, como se observa en este proyecto, la dificultad del modelo radica en el modelamiento matemático de la prioridad relativa de los pacientes. Este problema persiste en implementaciones matemáticas del tipo Generación de Columnas.

Cuando el volumen de pacientes o pabellones es muy alto, la alternativa es utilizar una Heurística que obtenga mejores tiempos de solución, sacrificando la obtención de un óptimo. La solución entregada por estas heurísticas puede no ser la óptima, pero algunas pueden ser suficientemente buenas. Por las características del diseño de la prioridad, en este caso, se justificaría buscar soluciones del tipo *Greedy* o heurísticas basadas en ramificación.

En muchos casos, el mecanismo de solución elegido no es único. Lo que da mejores resultados es considerar más de un mecanismo de solución para hacer más robusta la solución frente a distintos escenarios. Otra de las alternativas es dividir el problema en varios subproblemas. En este sentido, muchas investigaciones separan el problema de asignación de pabellón del problema de agendamiento. Esto permite obtener buenas soluciones en tiempos adecuados, sin embargo, esto puede generar la pérdida de un óptimo global.

## **2.3 Enfoque de Procesos + Lógicas Complejas**

Como se ha visto, esta tesis tiene, aparte de una lógica de negocios compleja, una componente de procesos muy importante y relevante desde el punto de vista conceptual. Por esta razón, resulta interesante analizar el fundamento teórico que avale desarrollos que mezclan rediseño de procesos y lógicas complejas como es el caso presentado en este proyecto.

Es bastante difícil encontrar información sobre aplicaciones reales de esta combinación. Según Davenport et al. [14] esto se debe principalmente a que los desarrolladores de ambas especialidades provienen de mundos diferentes.

El funcionamiento de los procesos en las empresas ha sido el fruto de la historia y la experiencia. Rara vez, los diseños son sistémicos, orientados al funcionamiento y al cumplimiento de los objetivos de una empresa en su conjunto, lo cual hace que, en general, los procesos de negocios sean extremadamente ineficientes [1]. Otra fuente de ineficiencia es confiar primero en la experiencia de quienes se encuentran en el negocio dándole mucha importancia a la intuición y la experiencia. Esto no debería ser el primer recurso para apoyar la toma de decisiones. Ante esto, Davenport et al. [14] proponen que la analítica en conjunto con procesos de negocios puede llevar a las organizaciones a tomar mejores decisiones. La combinación de analíticas complejas con procesos pueden mejorar la adopción de decisiones y algunas decisiones pueden ser automatizadas e incluidas en el proceso.

Empresas como Amazon, UPS, Netflix, Harrah's, Capital One y Boston Red Sox, con ejemplos del uso de analíticas complejas en sus procesos orientadas análisis cuantitativo, modelos predictivos y a una administración basada en hechos que guían las decisiones.

En el caso específico de los hospitales, la arquitectura de negocios permite dar un marco, sobre el cual se pueden rediseñar procesos. En este sentido, es importante identificar en qué parte de la arquitectura se encuentran las lógicas de negocios que pueden ser apoyadas por analítica compleja.

Como se presenta en el desarrollo de esta tesis, la utilización de una arquitectura de procesos, apoyada por analítica compleja permite, entre otras cosas, encontrar problemáticas no descubiertas en ejercicios académicos. Por otro lado, esta combinación permite obtener resultados aplicables en casos reales y cuyo impacto es importante desde el punto de vista global.

## **Capítulo 3**

# **Planteamiento Estratégico y Modelo de Negocios**

Para entender el contexto estratégico del negocio se plantean las visiones y misiones de las entidades involucradas, así como el mapa estratégico de la organización y el modelo de negocios. En esta misma línea, se presenta el planteamiento que tendrá el proyecto y los objetivos del mismo.



## **3.1 Misión y Visión**

A continuación se presentan las misiones y visiones del Ministerio de Salud, el Servicio de Salud Metropolitano Sur y finalmente del Hospital Exequiel González Cortés que es en el cual se realizó la investigación y la implementación.

### **3.1.1 Ministerio de Salud**

#### **3.1.1.1 Misión**

La misión institucional del Ministerio de Salud es contribuir a elevar el nivel de salud de la población; desarrollar armónicamente los sistemas de salud, centrados en las personas; fortalecer el control de los factores que puedan afectar la salud y reforzar la gestión de la red nacional de atención. Todo ello para acoger oportunamente las necesidades de las personas, familias y comunidades, con la obligación de rendir cuentas a la ciudadanía y promover la participación de las mismas en el ejercicio de sus derechos y sus deberes.

#### **3.1.1.2 Visión**

La visión del Ministerio de Salud es que las personas, familias y comunidades tendrán una vida más saludable, participarán activamente en la construcción de estilos de vida que favorezcan su desarrollo individual y colectivo. Vivirán en ambientes sanitariamente protegidos. Tendrán acceso a una atención en salud oportuna, acogedora, **equitativa**, integral y **de calidad**, con lo cual se sentirán más seguras y protegidas.

### **3.1.2 Servicio de Salud Metropolitano Sur**

#### **3.1.2.1 Misión**

*“Ser una red de salud integrada cuyo objetivo principal sea lograr el mejor impacto sanitario en nuestra población asignada, mediante una **gestión de excelencia**, con un trabajo coordinado y **centrado en las necesidades** de nuestros usuarios, fomentando la participación social, el desarrollo de las personas que trabajan en la organización, **la equidad y el uso eficiente de los recursos de la red**”.*

#### **3.1.2.2 Visión**

*“Satisfacer integralmente las necesidades de salud de la población, proyectándonos al 2010 como un servicio que alcanza sus objetivos sanitarios, que cuenta con personal orgulloso y comprometido, y **usuarios que confían** en su red asistencial”*

### **3.1.3 Hospital Exequiel González Cortés**

#### **3.1.3.1 Misión**

*“El Hospital de Niños Exequiel González Cortés, es un Establecimiento Asistencial Docente, dependiente del Servicio de Salud Metropolitano Sur, que fundamenta su quehacer en la satisfacción de las necesidades de Promoción, Prevención, Recuperación y Rehabilitación de la Salud de la población infantil y adolescente del área sur de la Región Metropolitana. Con equipos multidisciplinarios comprometidos, con el más alto nivel de **excelencia profesional** y tecnológico, en desarrollo permanente y trabajando en un ambiente grato, **respetando los derechos de las personas** e integrando a la familia, la comunidad y la red asistencial en los cuidados y tratamiento de los niños “*

### **3.1.3.2 Visión**

*“Al año 2014 nuestro compromiso con las personas es atenderlos con **calidad certificada** y **tiempos de espera definidos** para cada atención”*

### 3.2 Mapa Estratégico

A continuación se presenta el mapa estratégico, basado en teorías de *Balanced Scorecard* (BSC) [18]. Este mapa fue desarrollado por el hospital y cuyos resultados son producto de una investigación a la cual se tuvo acceso en las etapas finales del desarrollo de esta tesis<sup>i</sup>.

En la Figura 3-1 se presenta el BSC desarrollado para el periodo 2010- 2014.

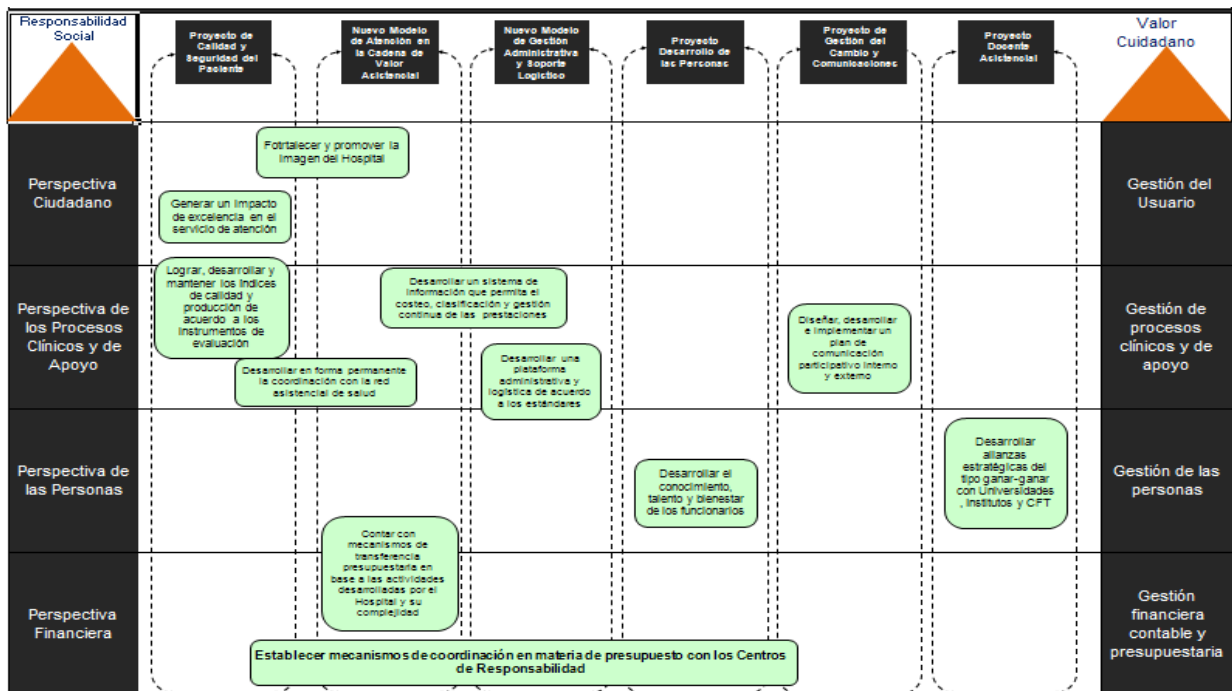


Figura 3-1: *Balanced Scorecard*

Este mapa permite hacer visible para todo el hospital los distintos objetivos que persigue la organización. Desde el punto de vista de este proyecto, esto permite identificar cuáles son los objetivos y las perspectivas involucradas. En la sección 5.5 se presenta el detalle de cómo los objetivos de este estudio se alinean con la estrategia del hospital descrita en este capítulo.

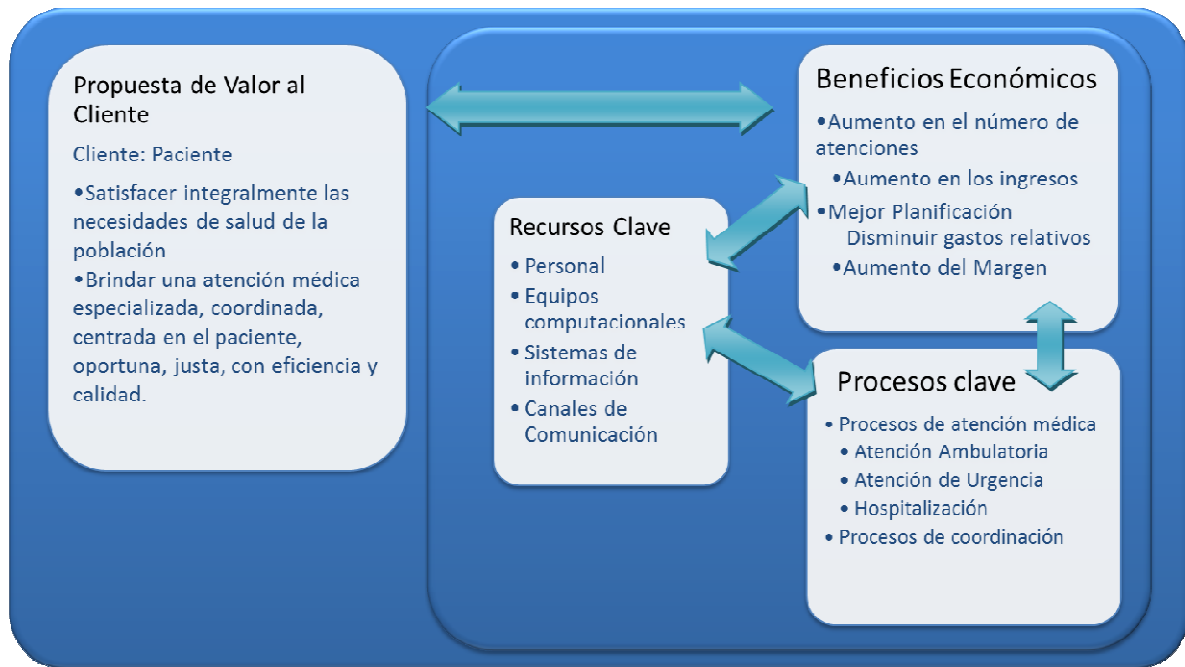
<sup>i</sup> Plan Estratégico Hospital de niños Exequiel González Cortés 2010-2014

### 3.3 Modelo de Negocios

Para poder pensar en un modelo de negocios y aplicar las propiedades de éstos en el sector público y específicamente en un hospital, es fundamental definir muy bien quién es el cliente, cuál es el valor agregado que se le dará con aplicación del proyecto y el resultado económico que se obtendrá.

#### 3.3.1 Esquema del Modelo de Negocios

La Figura 3-2 muestra un esquema con el modelo de negocios utilizado para este proyecto [17].



**Figura 3-2: Modelo de Negocios**

En los siguientes puntos se detalla el esquema presentado en este modelo de negocios.

### ***3.3.2 Propuesta de Valor al Cliente***

A continuación se presenta la definición del cliente, el trabajo que se debe realizar para satisfacer las necesidades de la población y la oferta del hospital.

#### **3.3.2.1 Definición de Cliente**

Pese a que en ciertos círculos pueda resultar difícil de aceptar, los clientes de los hospitales públicos son los pacientes que a él llegan. Entendiendo que el cliente es aquel que contrata servicios a un proveedor.

#### **3.3.2.2 Trabajo a realizar**

El hospital se plantea satisfacer integralmente las necesidades de salud de la población. Por las características del sistema de salud público chileno y de la red asistencial que compone el hospital, la población objetivo es principalmente la población infantil y adolescente del área sur de la Región Metropolitana.

#### **3.3.2.3 La Oferta**

La oferta que se pretende entregar al cliente (en este caso el paciente del hospital) es una atención médica especializada, coordinada, centrada en el paciente, oportuna, justa, con eficiencia y calidad.

### ***3.3.3 Beneficios Económicos***

Un mejor resultado económico del hospital, en este caso, se centra en el aumento del margen. Este margen proviene del aumento en el número de atenciones, que generará un

aumento en los ingresos. Es fácil ver que si se mejora la productividad, se generan más servicios. Esto permite que el hospital pueda contar con más recursos producto de los ingresos por servicios prestados.

Por otro lado, una mejor planificación de los recursos tendera a disminuir los gastos relativos como consecuencia de aumentar la coordinación entre unidades a bajo costo.

### ***3.3.4 Recursos Claves***

Los principales recursos de la organización son el personal que este posee, tanto administrativos como personal clínico. Por las características del sector salud, son los médicos y enfermeras los que tienen contacto directo con el paciente. El conocimiento que éstos posean representa el principal valor que se le puede entregar al paciente.

Otro recurso fundamental son todos los equipos de apoyo clínico, ya que éstos permiten apoyar la toma de decisiones y los tratamientos. Finalmente, los recursos computacionales toman gran importancia, en especial por el volumen y criticidad de datos que un hospital maneja.

### ***3.3.5 Procesos Clave***

Es importante notar que los procesos clave en el hospital se dividen en dos tipos. Por un lado, están los procesos de atención médica, principalmente los procesos asociados a la atención ambulatoria, de urgencia y hospitalización. Estos procesos deben responder a las necesidades de los pacientes, ser especializados y con los estándares de calidad adecuados.

Por otro lado, están los procesos de coordinación y gestión clínica. Éstos refieren a los procesos que permiten que se puedan desarrollar las atenciones clínicas de manera coordinada, eficiente y oportuna.

### **3.4 Perspectiva estratégica**

En esta sección se muestra una primera aproximación a la perspectiva estratégica que toma el proyecto en base a la estrategia de la organización. Sin embargo, una vez definido el rediseño de los procesos planteado se podrá identificar de mejor manera el alineamiento del proyecto con la estrategia. Este alineamiento será cubierto con mayor detalle en la sección 5.5.

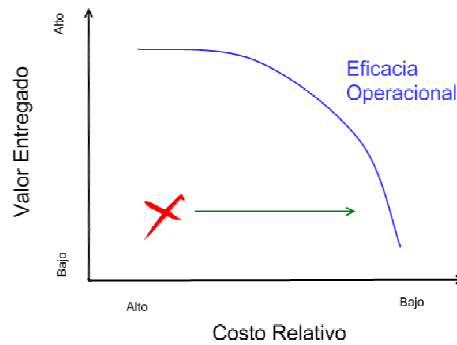
#### ***3.4.1 Frontera de productividad***

Los antecedentes del sector y en especial los del hospital permiten ver fácilmente una enorme distancia entre la frontera de productividad (donde se encuentran las organizaciones con las mejores prácticas) y el lugar en el que se encuentran los hospitales públicos hoy en Chile. La distancia se debe principalmente a las dos dimensiones que presenta esta frontera. Por una parte, está el alto costo en el que se incurre para llegar a resultados. Sin embargo, la principal causa de la enorme brecha se basa en el valor entregado al cliente, en este caso el paciente, reflejado en la mala calidad de la atención.

El planteamiento estratégico apunta en la dirección de acercar el funcionamiento del hospital a la frontera de productividad. En este sentido, el acercamiento a las buenas prácticas permitirá lograr una mayor eficacia operacional. Sin embargo, la eficacia operacional en el sector de la salud pública tiene diferentes aristas. Las principales que serán abordadas son: la reducción de costos por medio del uso eficiente de recursos, la equidad en el acceso y la calidad en el servicio. Claramente, en este proyecto la calidad en el servicio no refiere a temas médicos, sino que a la calidad en cómo se está entregando este servicio.

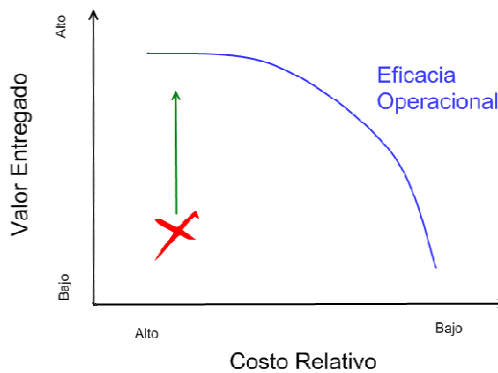
La distancia al estado de eficacia operacional es abordada en el proyecto de dos maneras simultáneamente. Por una parte, está reducir el alto costo en el que se incurre para llegar a resultados.





**Figura 3-3: Reducción de la brecha por reducción de costos**

Por otro lado, la enorme brecha se puede reducir generando valor agregado al cliente, en este caso el paciente, reflejado en la reducción de los tiempos de espera y en la justicia en la asignación de pabellón quirúrgico.



**Figura 3-4: Reducción de la brecha por aumento de valor entregado**

El cumplimiento de los objetivos del planteamiento estratégico pretende ser abordado por medio de lo descrito en el marco teórico y la aplicación de técnicas computacionales, de optimización de procesos de planificación y manejos de datos.

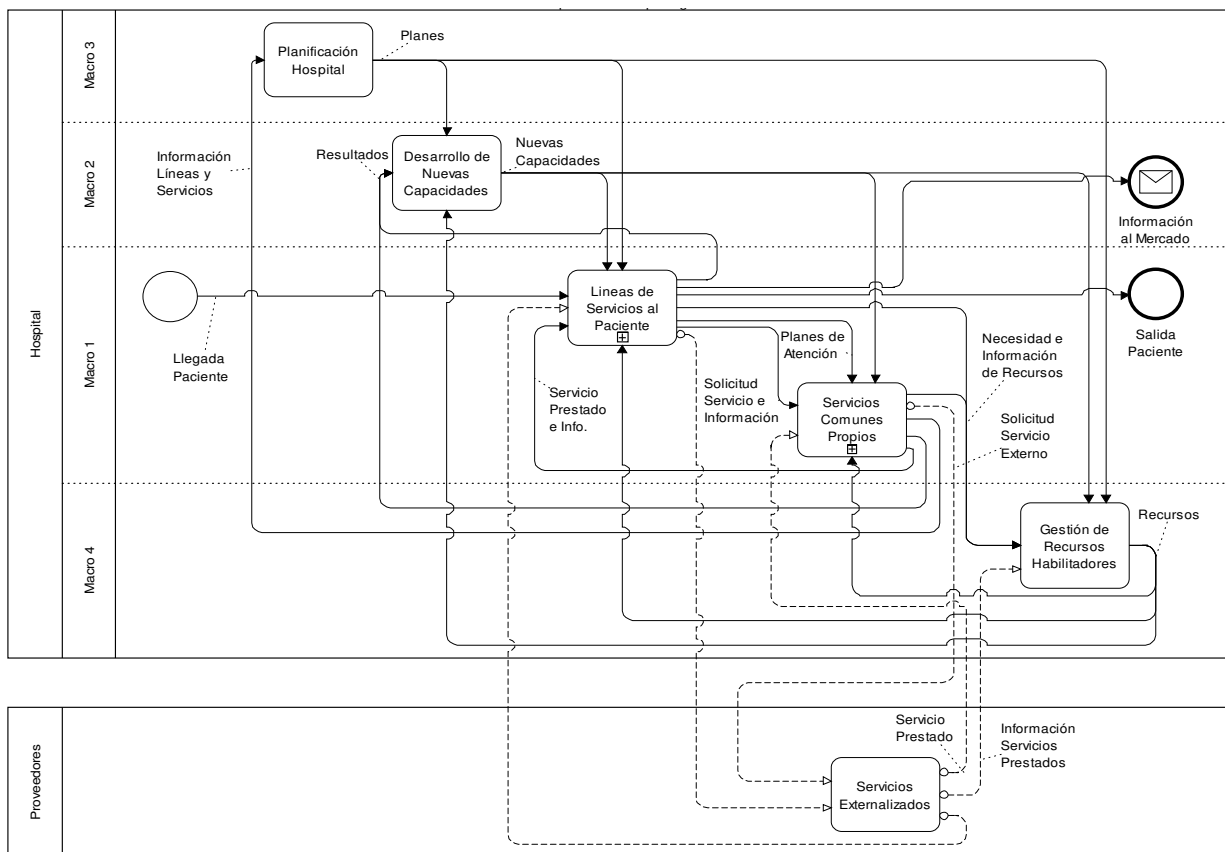
## Capítulo 4

# Arquitectura de Procesos

Herramientas como los patrones de arquitecturas de procesos habitualmente utilizados en el ámbito de los negocios pueden ser utilizados en el caso de los hospitales públicos [1]. El objetivo detrás del análisis de la arquitectura de procesos es presentar una estructura de procesos sistémica, que entre otras cosas, guía el rediseño de procesos y permite identificar las interacciones entre los procesos de una organización. En este sentido esta arquitectura es un modelo de referencia que permite orientar el rediseño. En este capítulo se presenta el diagrama de Macroprocesos para los hospitales públicos de Chile, que ha sido ampliamente estudiado en numerosas publicaciones [6][7].

## 4.1 Macroprocesos

El diagrama de Macroprocesos que se presenta, utiliza la herramienta IDEF0 en combinación de algunas herramientas de BPMN para hacer explícitos los elementos que componen la arquitectura empresarial y sus interacciones. Este diagrama es una adaptación del diagrama presentado por Barros & Julio (2010) cuya principal diferencia está en la incorporación de la relación de servicio comunes propios con proveedores externos.



**Figura 4-1: Patrón de Arquitectura de hospitales públicos**

En la Figura 4-1 es posible detectar los 4 Macroprocesos identificables en todo negocio. Es importante hacer la observación que el Macroproceso 1 correspondiente a la cadena de valor en el caso de los hospitales está compuesta de dos partes: la primera, es referente a las líneas de atención al paciente y en la segunda se encuentran los servicios comunes que

soportan las líneas de servicio al paciente. El Macroproceso 1 será detallado en la sección siguiente.

En este caso, el Cliente no es detallado como otro *Pool*, ya que su interacción con el Macroproceso principal está especificado como eventos de llegada y salida del mismo, y son estos eventos los que gatillan los procesos. Esto es común de encontrar en modelaciones en industria de servicios, donde el paciente es parte integral del proceso que se ejecuta.

El Macroproceso 2 corresponde al desarrollo de nuevas capacidades y recibe como “insumos” los resultados de las líneas de atención al paciente y de los servicios comunes propios. El control proviene de los planes del Macroproceso de planificación. Este Macroproceso utiliza recursos habilitantes y entrega nuevas capacidades a las líneas de atención al paciente y a los servicios comunes propios.

El Macroproceso 3 corresponde a la planificación del hospital que recibe información del Macroproceso 1 y sus planes entran como control a este. El cuarto Macroproceso provee de recursos habilitantes al Macroproceso 1 y recibe de éstos información de su funcionamiento.

Aparte de los Macroprocesos detectados, también es posible identificar proveedores externos que prestan servicios a los procesos en las líneas de atención al paciente y a los servicios comunes propios. Como ejemplo de estos últimos, se encuentra que en algunos hospitales se contratan anestesistas a honorarios, los cuales son modelados como servicios externos que apoyan procesos considerados dentro de servicios comunes. Las líneas de servicios a los pacientes también requieren de servicios externos para apoyar procesos.

## 4.2 Servicios Comunes Propios

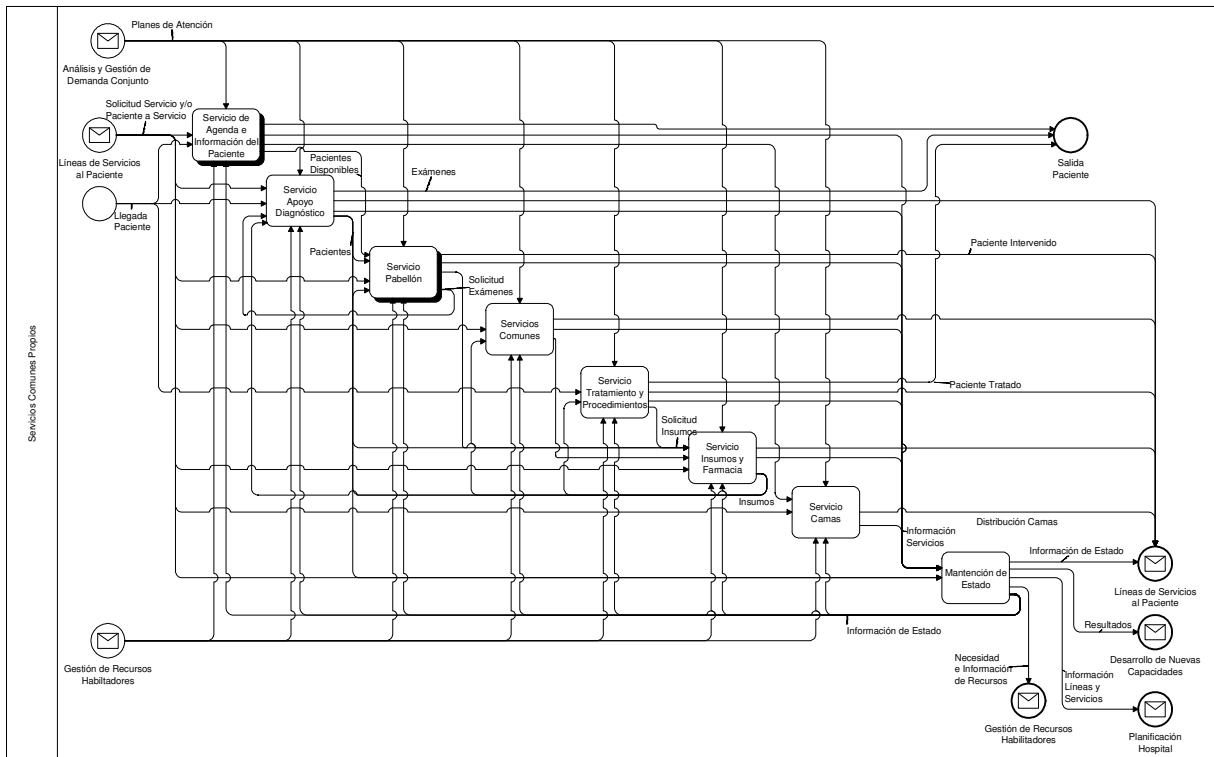
Existe un gran número de servicios que son comunes entre las distintas líneas de atención al paciente y éstos son agrupados en este Macroproceso y se muestran a continuación:

- Servicio de agenda e información del paciente
- Servicio de apoyo al diagnóstico
- Servicio de Pabellón
- Servicios Comunes
- Servicio de Tratamiento y Procedimientos
- Servicio de Insumos y Farmacia
- Servicio de Camas
- Mantención de Estado

El proceso de mantención de estado apoya los servicios de este Macroproceso, manteniendo la información que es requerida y entregada en cada servicio. En algunos hospitales, es posible observar que el proceso de Mantención estado no se encuentra tan formalizado como debería y no todos los datos son almacenados en sistemas comunes, por lo que existe duplicación de procesos de ingreso de datos lo que finalmente lleva a duplicaciones y errores en los mismos.

En la totalidad de las intervenciones se requieren de exámenes, los cuales pueden provenir de servicios comunes propios o externos. Sin lugar a dudas, las intervenciones quirúrgicas requieren de un gran número de recursos, los que deben ser considerados en la programación. Estos procesos también son relevantes para el proyecto, pero la modificación de éstos, aunque sea parcial, requiere de grandes esfuerzos a nivel organizacional y un compromiso a todo nivel de decisiones.

La Figura 4-2 muestra el diagrama de Procesos del Macroproceso de servicios comunes propios.



**Figura 4-2: Servicios Comunes Propios**

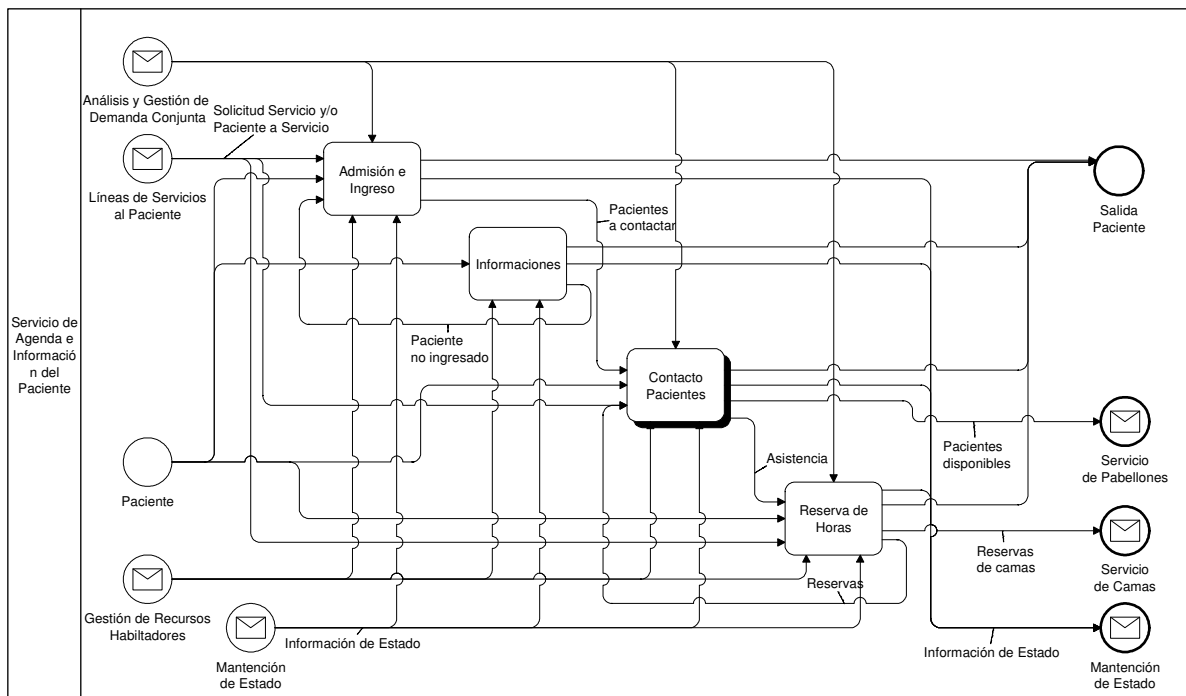
Pese a que existen distintos tipos de hospitales y varían los servicios comunes que tienen, la estructura presentada se conserva en la mayoría de ellos.

En esta parte de la arquitectura es donde se encuentran la mayoría de los procesos relacionados con la gestión de pabellones. Específicamente, en los procesos de servicio de agenda e información del paciente y servicio de pabellón. Esto motiva que sea de interés presentar con mayor grado de detalle estos servicios.

### 4.2.1 Servicio de agenda e información del paciente

En el hospital un servicio que es común a las cadenas de valor es el de agenda e información del paciente. Este servicio contiene los procesos de manejo de agendamiento, reservas de horas, contacto con los pacientes e informaciones. Los procesos de Contacto Pacientes refieren a los procesos en los cuales se contacta telefónicamente (o utilizando otro medio) a los pacientes, los cuales son centralizados, en la mayoría de los hospitales.

La Figura 4-3 muestra el diagrama de Servicio de agenda e información del paciente.



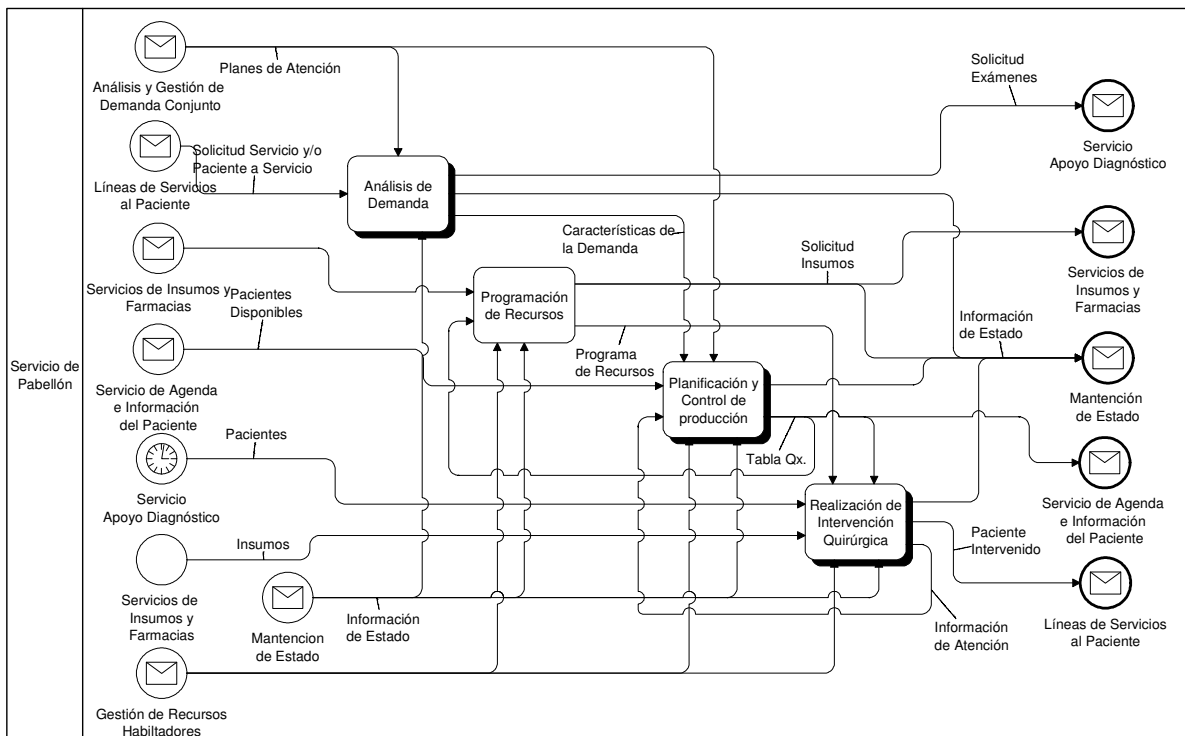
**Figura 4-3: Servicio de agenda e información del paciente**

Por su importancia en generar programaciones de tabla factibles de ser ejecutadas, es importante considerar lo que ocurre en los procesos de contacto con el paciente. Específicamente aquí, se determinan los pacientes que estarán disponibles para la programación. La forma en la que se detalla esta disponibilidad y los factores de los que depende se presentan en la sección 5.3.1.

### 4.2.2 Servicio de Pabellón

En esta sección se detallará el servicio de pabellón, el cual en donde se encuentran los principales procesos relacionados con la gestión de los pabellones. El Servicio de Pabellones es un servicio común a las líneas de atención al paciente. Este servicio además utiliza otros servicios comunes para su funcionamiento, como el servicio de camas, insumos y farmacias, tratamientos y procedimientos y el de agenda e información del paciente

La Figura 4-4 muestra el diagrama de procesos del servicio de pabellón.



**Figura 4-4: Servicio de Pabellón**

El Análisis de Demanda en este caso corresponde a los procesos asociados al análisis que se desprende de la lista de espera quirúrgica de las diferentes especialidades del hospital. Éstos permiten entre otras cosas determinar las características de la demanda para guiar los procesos de planificación y programación de los pabellones. Este análisis puede ser puntual para el caso de una especialidad o agregado dependiendo de la caracterización de la demanda



que se dese obtener y en especial, la información que se dese obtener para guiar una decisión.

Los procesos asociados a la Programación de Recursos son los encargados de coordinan los recursos con los que requerimientos que se desprenden de la tabla quirúrgica. Este programa es relevante en la ejecución de las intervenciones quirúrgicas, pero, según lo observado en los hospitales estudiados, no influye en la programación de los pabellones. No considerar los recursos en la programación puede requerir, por falta de los mismos, que se deba reprogramar. Esta es una fuente de ineficiencia y descoordinación producida por la segmentación de los servicios que están relacionados con el proceso quirúrgico. Sin embargo, la organización se ha estructurado para responder a los requerimientos de pabellón y notificar en caso de no poder cumplir con el requerimiento. Por su parte, al realizar la programación se consulta la existencia de un recurso, en caso de ser muy específico o crítico para la realización de la intervención.

El proceso de Planificación y Control de Producción contiene muchos procesos que deben ser rediseñados en el desarrollo del proyecto, debido a que es aquí donde se encuentran los procesos relacionados con la gestión de pabellones. El detalle de este será presentado en la sección 5.3.2. En estos procesos se centra el rediseño de procesos.

Los procesos en la Realización de la Intervención Quirúrgica son los que ocurren en los pabellones. En estos procesos ocurre la operación misma del pabellón. El detalle de lo que ocurre en él depende de los procesos definidos por el hospital y de las características de los pacientes. Sin embargo, es posible encontrar los procesos de Aduana, Evaluación Preanestésica, Anestesia, Intervención Quirúrgica y Protocolo Operatorio. El protocolo operatorio es el proceso en el cual se ingresa la información final de la intervención realizada. Este corresponde a un documento legal que finaliza el proceso quirúrgico cambiando de estado la orden en lista de espera.

## **Capítulo 5**

# **Rediseño de Procesos**

La gestión de pabellones en el hospital enfrenta problemáticas y nuevos desafíos y para enfrentarlos se deben rediseñar procesos que son fundamentales en ésta. En este capítulo se presenta el rediseño de procesos planteado en esta solución. Aquí, se presentan las direcciones de cambio que guían el rediseño y el alineamiento de este rediseño con la estrategia de la organización. En este capítulo, también se presentan los procesos rediseñados y el detalle de este rediseño.

## **5.1 Alcance del rediseño**

La problemática presentada en la sección 1.3 requiere de un rediseño de procesos orientados a los objetivos organizacionales presentados en el Capítulo 3. Estos procesos fueron identificados en la arquitectura presentada en el Capítulo 4 y los alcances de este rediseño se presentan en esta sección.

### ***5.1.1 Motivación y objetivo del rediseño***

Como se presentó en la sección 1.3 los hospitales públicos enfrentan problemáticas en lo referente a la gestión de sus pabellones quirúrgicos. Estas problemáticas se reflejan en listas de espera de pacientes que requieren atención quirúrgica electiva. El volumen de estas listas no permite poder incorporar criterios como la oportunidad de atención, la justicia de asignación y menos la utilización óptima de recursos.

La gestión de lista de espera permite transparentar y definir criterios que permiten establecer qué paciente debe ser atendido antes que otro. Por otro lado, esta priorización no refleja la decisión de asignación ya que para esto deben ser considerados tanto los recursos como las características de la intervención y el paciente. No es el objetivo de la lista de espera aumentar la productividad ni el número de pacientes tratados.

El objetivo del rediseño propuesto es optimizar los procesos de gestión de pabellones quirúrgicos, en un hospital público. Este rediseño de procesos pretende optimizar el uso de los recursos involucrados en las intervenciones quirúrgicas, respetando las prioridades relativas de los pacientes, criterios médicos de asignación y las restricciones de capacidad del hospital.

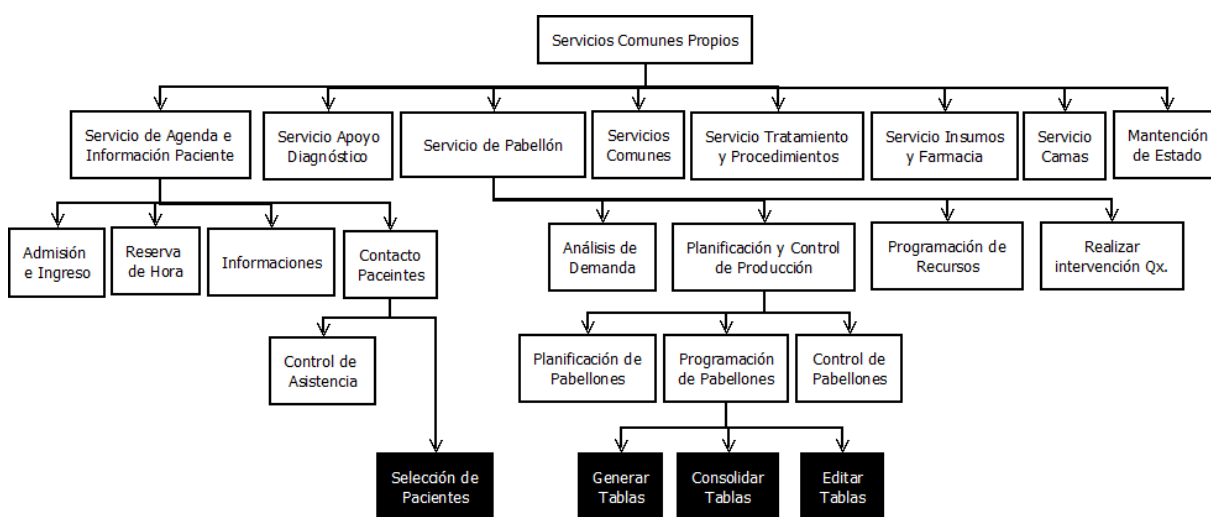
Para que el objetivo sea cumplido se debe rediseñar la técnica de programación semanal de pabellones de cirugía electiva. Para esto se utilizaron modelos basados en teorías

de gestión de operaciones específicamente las presentadas en la sección 2.2.

No se consideró como parte del rediseño la planificación a largo ni mediano plazo de los pabellones, asumiendo que la asignación de la capacidad a las distintas especialidades esta fuera del alcance de este proyecto y bajo el supuesto que esta asignación no representa parte importante de la problemática.

### 5.1.2 Procesos clave en la gestión de pabellones

La Figura 5-1 presenta el árbol de procesos construido en base a la arquitectura de procesos presentada en el Capítulo 4 donde se encuentran detallados los procesos que tiene un impacto significativo en la programación de los pabellones y que serán rediseñados.



**Figura 5-1: Árbol de procesos rediseñados**

Los procesos que se deben rediseñar son los de Selección de Pacientes, Programación de Pabellones, Consolidación de Tablas y Edición de Tablas (Ver sección 5.3.2). La principal diferencia de este rediseño está en optimización, la cual se apoya en cambiar la decisión de asignación que realiza una persona de manera manual, a resolver un modelo de asignación y calendarización de pabellones a pacientes por especialidad.

Esta decisión se apoya en la prioridad establecida por un conjunto de reglas de priorización que fueron desarrolladas en conjunto con los hospitales. La implementación de la lista de espera priorizada es parte de otro proyecto, por lo cual el manejo de esos datos y los procesos asociados a este manejo no son incorporados como parte de este rediseño.

El rediseño no reemplaza la decisión médica, sólo entrega una herramienta de apoyo que permite tomar mejores decisiones de manera informada y en menor tiempo, centradas en los pacientes y el uso de los recursos disponibles. Este rediseño no incorpora modificaciones en las asignaciones de pabellones a especialidades, por lo que utiliza las asignaciones construidas de manera histórica. El rediseño no incorpora mecanismos de control, pero la utilización del sistema permite generar indicadores que apuntan a controlar las decisiones que se toman, como: la prioridad al momento de programar pacientes, razones de cancelación de pacientes y responsables.

Para el rediseño se debe incorporar tecnologías de información en los procesos rutinarios del hospital, que permitan entregar al modelo la información necesaria para resolver el modelo y otras consideraciones relativas a las restricciones y objetivos que persigue el mismo.

Existen otros procesos que son importantes para el proceso de gestión de lista de espera quirúrgica, como el de ingreso de las órdenes quirúrgicas que ocurre en los procesos de ejecución de la atención ambulatoria electiva y el proceso de ingreso del protocolo quirúrgico que ocurre en la ejecución de la intervención quirúrgica. Estos procesos no se presentan como rediseños de este proyecto que son considerados como parte del rediseño de los procesos de gestión de la lista de espera quirúrgica.

## 5.2 Dirección de cambio del rediseño

Las variables de diseño permiten definir un marco de referencia que permita un diseño sistemático del detalle de procesos, a partir de la estrategia, modelo de negocio, arquitectura y situación actual [3].

A continuación se presentan las variables junto con la situación actual de cada una de ellas y lo que se propone modificar en el rediseño que plantea el proyecto.

### 5.2.1 Estructura empresa y mercado

VARIABLES DE DISEÑO	ACTUAL	PROPUESTO
<b>a. Estructura empresa y mercado</b>		
<b>a.1. Servicio integral al cliente</b>	NO	NO
<b>a.2. Lock-in sistémico</b>	NO	NO
<b>a.3. Integración con proveedores</b>	NO	NO
<b>a.4. Estructura interna: centralizada o descentralizada</b>	Descentralizada	Semicentralizada, apoyada por Sistemas Informáticos.
<b>a.5. Toma de decisiones: centralizada o descentralizada</b>	Descentralizada, Desinformada	Descentralizada, pero informada.

### 5.2.2 Anticipación

VARIABLES DE DISEÑO	ACTUAL	PROPUESTO
<b>b. Anticipación</b>		
<b>b.1. Planificación de operaciones</b>	Bajo grado de Planificación	Planificación basada en programación
<b>b.2. Planificación de insumos</b>	NO	Permite la Planificación a corto plazo
<b>b.3. Modelo predictivo</b>	NO	NO

### 5.2.3 Coordinación

VARIABLES DE DISEÑO	ACTUAL	PROPUESTO
<b>c. Coordinación</b>		
<b>c.1. Reglas informales</b>	Reglas de priorización y asignación de pabellones poco claras.	Reglas formales para coordinar con apoyo computacional la priorización y asignación de pabellones.
<b>c.2. Jerarquía</b>	Uso intenso, sobrecarga de personal administrativo y enfermeras.	Disminuir sobrecarga de personal administrativo y de enfermeras.
<b>c.3. Colaboración</b>	NO	Colaboración en la planificación, compartir información de utilidad.
<b>c.4. Partición</b>	Por departamentos	Disminuir partición por uso compartido de información, Mecanismos más poderosos de coordinación.

### 5.2.4 Prácticas de trabajo

VARIABLES DE DISEÑO	ACTUAL	PROPUESTO
<b>d. Prácticas de trabajo</b>		
<b>d.2. Lógica de apoyo a actividades tácitas</b>	NO	Lógica de Negocios Semi Automatizada
<b>Gestión de Pabellones</b>	Asignación de Recursos a especialidades	Apoyo a la asignación de Recursos a especialidades
<b>d.3. Procedimientos de comunicación e integración</b>	Muy Poco	Definición de flujo de trabajo para Programar pabellones, asignación de recursos
<b>d.4. Lógica y procedimientos de medición de desempeño y control</b>	NO	Lógica de medición Semi Automatizada
<b>Utilización de recursos</b>	NO	Lógica de medición de utilización de pabellones.

### 5.2.5 Integración de procesos conexos

VARIABLES DE DISEÑO	ACTUAL	PROPUESTO
<b>e. Integración de procesos conexos</b>		
<b>e.1. Proceso aislado</b>	SI	NO
<b>e.2. Todos o la mayor parte de los procesos de un Macroproceso</b>	NO	Posibilidad de integrarse con otros Macroprocesos
<b>e.3. Dos o más macros que interactúan</b>	NO	Integración entre Líneas de atención al paciente con Servicios comunes propios.

### 5.2.6 Mantención consolidada de estados

VARIABLES DE DISEÑO	ACTUAL	PROPUESTO
<b>f. Mantención consolidada de estados</b>		
<b>f.1 Datos propios</b>	Papel, Excel o Base de datos mal utilizada	Utilizar Base de datos para generar información útil.
<b>f.2 Integración con datos de otros sistemas de la empresa</b>	Muy Poco	Si, con los datos de admisión, atención ambulatoria electiva y pabellón.
<b>f.3 Integración con datos de sistemas de otras empresas.</b>	No	No

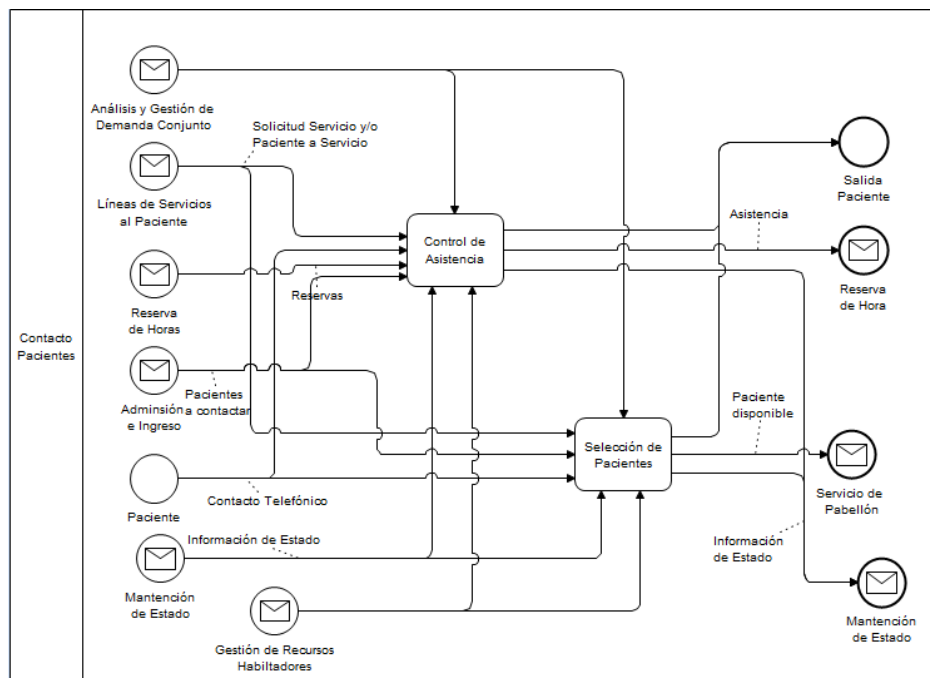


## 5.3 Detalle de los procesos rediseñados

En esta sección se presenta el detalle de los procesos rediseñados, para esto se utilizó BMPN en conjunto con IDEF0. Este rediseño se basa en la arquitectura presentada en el Capítulo 4, específicamente en los procesos pertenecientes a los servicios comunes propios. Entre los servicios comunes propios destaca el contacto Contacto Pacientes de los Servicio de agenda e información del paciente y Planificación y control de producción del Servicio de Pabellón.

### 5.3.1 Servicio de agenda e información del paciente: Contacto Pacientes

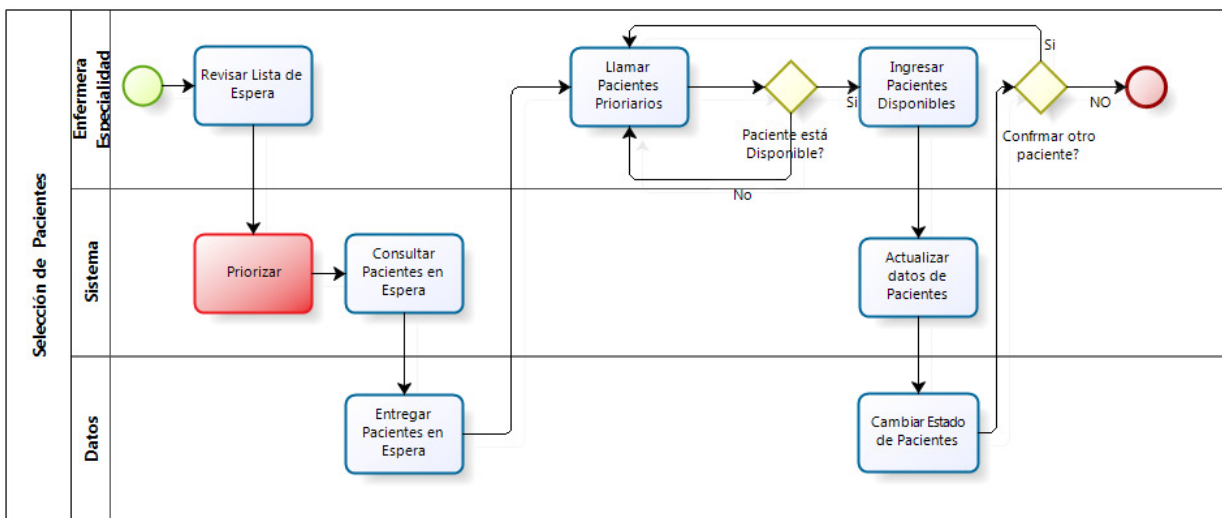
Como se detalló en la sección 4.2.1, este proceso es fundamental en la gestión de los pabellones quirúrgicos, específicamente los procesos de contacto con el paciente. Éste se detalla en la Figura 5-2.



**Figura 5-2: Contacto Pacientes**

Los procesos de control de asistencia y selección de pacientes sirven tanto a pabellones quirúrgicos como a atención ambulatoria electiva. Estos procesos permiten mantener el contacto con el paciente para manejar su disponibilidad (disponibilidad para ser operado en el caso de pabellón) y contacto para manejar la asistencia de éstos a controles (que pueden ser de diferentes cadenas de valor).

Para el caso de la gestión de pabellones quirúrgicos electivos, es importante saber el estado de disponibilidad de los pacientes antes de poder programarlos, por lo cual el proceso de Selección de Pacientes al momento de intentar realizar programaciones, cuyos pacientes efectivamente, puedan ser atendidos en el momento en el cual son programados. Existen varias causales de no disponibilidad de un paciente. Éstas pueden ser por casales atribuibles al paciente, como no encontrarse físicamente en la ciudad en la fecha estimada para la operación o causales médicas, como presentar cuadros de fiebre, síntomas de resfrío o exámenes no vigentes. La Figura 5-3 muestra el diagrama BPMN del proceso de Selección de Pacientes.



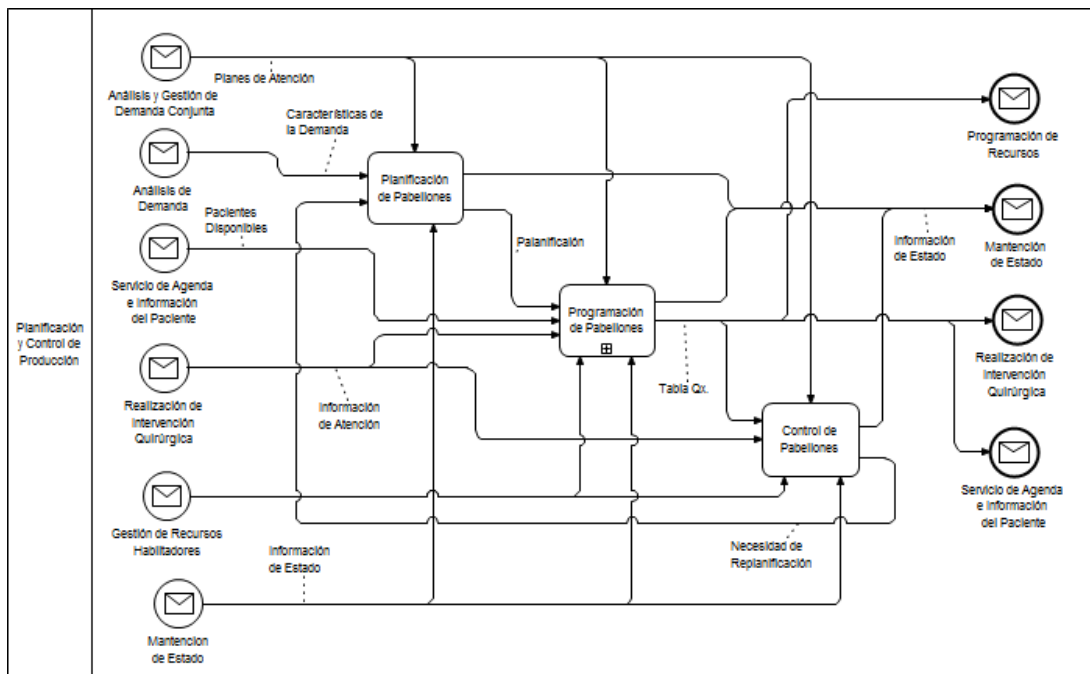
**Figura 5-3: Selección de Pacientes**

En este proceso se analiza la disponibilidad del paciente que debe asistir en el corto plazo al hospital para ser operado. Aquí, se plantea un rediseño importante en cuanto a la

situación actual al formalizar el proceso de selección de pacientes disponibles, incorporando los criterios de prioridad. El proceso es simple, pero permite evitar problemas significativos como cancelaciones, por no llegada de los pacientes o pacientes en condiciones que no sea posible ser operados (ej.: fiebre o resfrío).

### 5.3.2 Servicio de Pabellón: Planificación y control de producción

Como se detalló en la sección 4.2.2 es en el servicio de pabellones donde se encuentran los procesos que permiten gestionar los pabellones. Específicamente los de Planificación y Control de Producción. En la Figura 5-4 se presenta el diagrama de estos procesos.



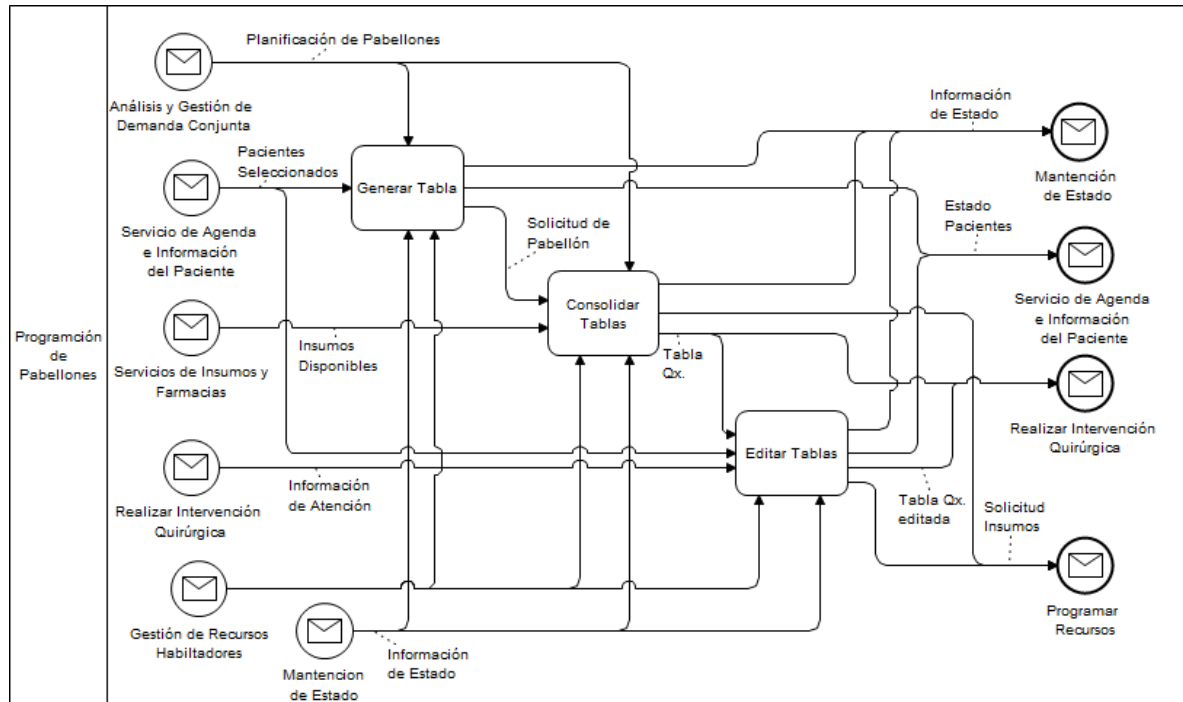
**Figura 5-4: Planificación y control de producción**

Desde el punto de vista operacional el más significativo de rediseñar es el de programación de pabellones. Es posible centrarse en este proceso, asumiendo que existe una planificación de los pabellones y una asignación de la capacidad que, por los alcances de este

proyecto, no es posible modificar.

Los procesos que aquí se encuentran requieren que exista una confirmación de la disponibilidad de los pacientes prioritarios, que fue descrita en la sección 5.3.1.

El detalle del proceso de programación de pabellones se muestra en la Figura 5-5.



**Figura 5-5: Programación de Pabellones**

Los procesos que componen la programación de pabellones son la generación de tablas, la consolidación de tablas y la edición de tablas. La generación de tablas es un proceso que realiza cada especialidad, en la cual programa a los pacientes disponibles, en un horizonte de planificación previamente estipulado. Tanto la generación de tablas como su consolidación ocurren previas a al periodo programado.

La consolidación es un proceso en el cual se reciben todas las programaciones de estas especialidades y se construye una, que detalla todas las actividades de pabellón, en el horizonte de tiempo estipulado. Ésta analiza la factibilidad conjunta entre las especialidades

para generar una tabla que contiene las intervenciones de todas las especialidades quirúrgicas. Esta factibilidad conjunta está dada por la restricción de recursos disponibles, como instrumental, equipamientos y personal especializado. Si bien, en un diseño correcto, el análisis de la factibilidad debería ser previo a la programación, el bajo grado de coordinación e informatización de la información que manejan los diferentes servicios, hace que rediseñar estos procesos sea una tarea que escapa a los alcances de esta investigación. Sin embargo, esta perspectiva pretende centralizar la información de la programación de pabellones para generar requerimientos a los servicios de manera estructurada y completa.

La edición de tabla es un proceso en el cual se modifica la programación, debido a que cualquier eventualidad ocurrida en la ejecución de la programación (específicamente, desde que se acepta la programación, hasta que finaliza el periodo programado) puede modificar lo programado y el hospital debe replanificar para intentar utilizar los recursos disponibles de la mejor manera.

A continuación se presenta el detalle de los procesos de Programación de pabellones que son relevantes para la gestión de los mismos.

#### **5.3.2.1.1 Generar Tabla**

El primer paso de este proceso es que el médico jefe de cada especialidad actualice los horarios de los médicos, para el próximo periodo de programación. La idea es precargar los horarios del último periodo de programación, ya que se espera que sólo agregue pequeñas modificaciones a este nivel.

El siguiente paso es verificar la lista de pacientes disponibles para ser programados. En esta actividad puede modificar los tiempos quirúrgicos y de anestesia asignados a cada paciente (tiempos que son previamente definidos en función de la intervención). En esta actividad puede especificar qué pacientes son prioritarios estrictos (independiente de su

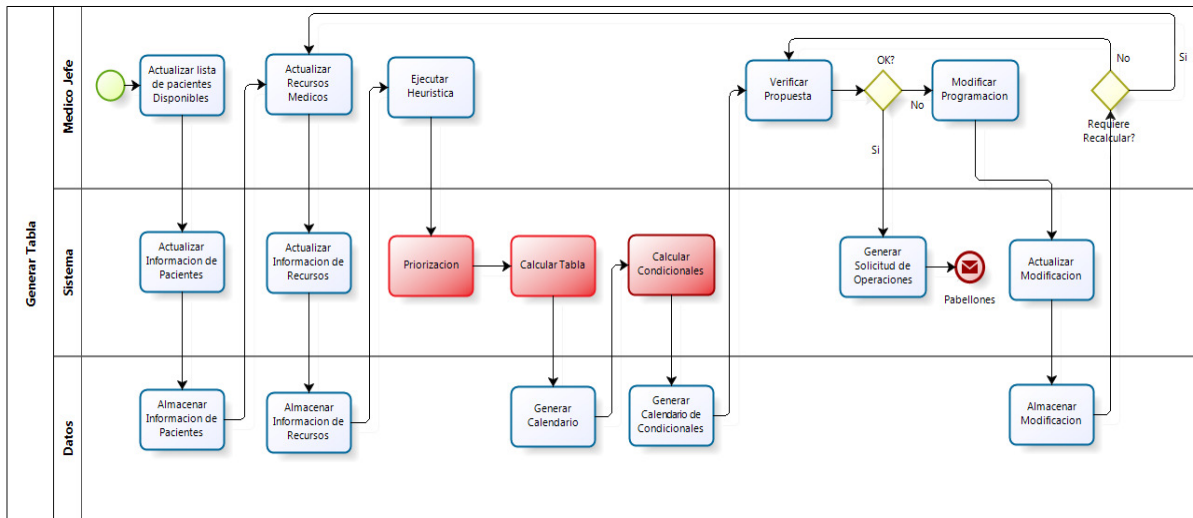
posición en la lista de espera). Además, en esta actividad puede asignar un médico a la intervención de manera estricta. En esta actividad el médico puede determinar que paciente puede ser programado condicional y qué paciente no. Esto se presenta con mayor detalle en la sección 5.4.1.3.

Luego de hacer esto, el médico jefe ejecuta la heurística que asigna los pacientes disponibles a los horarios y pabellones en los cuales pueden ser operados. El sistema entonces ejecuta una lógica simple de priorización especificada en 5.4.1.1. Luego el sistema ejecuta el cálculo de la tabla quirúrgica, para más detalle de lógica utilizada (ver en sección 5.4.1.2).

El resultado es presentado en forma de vistas de la tabla quirúrgica calculada por el sistema. Para esto, se recomienda ver la sección 5.4.3.2. El médico jefe de especialidad puede realizar modificaciones sobre los resultados entregados, pero estas razones requieren que se ingrese la causa de la modificación. Esto permite ajustar el modelo para ejecuciones posteriores y que exista un registro de las modificaciones realizadas a la programación. En caso de que se confirme la programación, el estado de los pacientes debe cambiar a programado cuando el paciente sea notificado de la fecha de su hospitalización y en ese momento se envía una solicitud de intervención que va a pabellones.

Luego, se generan las solicitudes de intervención en una tabla quirúrgica, la cual debe ser confirmada por el jefe de pabellones en el proceso de Consolidación de tabla.

En la Figura 5-6 se presenta el diagrama de procesos rediseñado en BPMN de Generar Tabla.



**Figura 5-6: Generar Tabla**

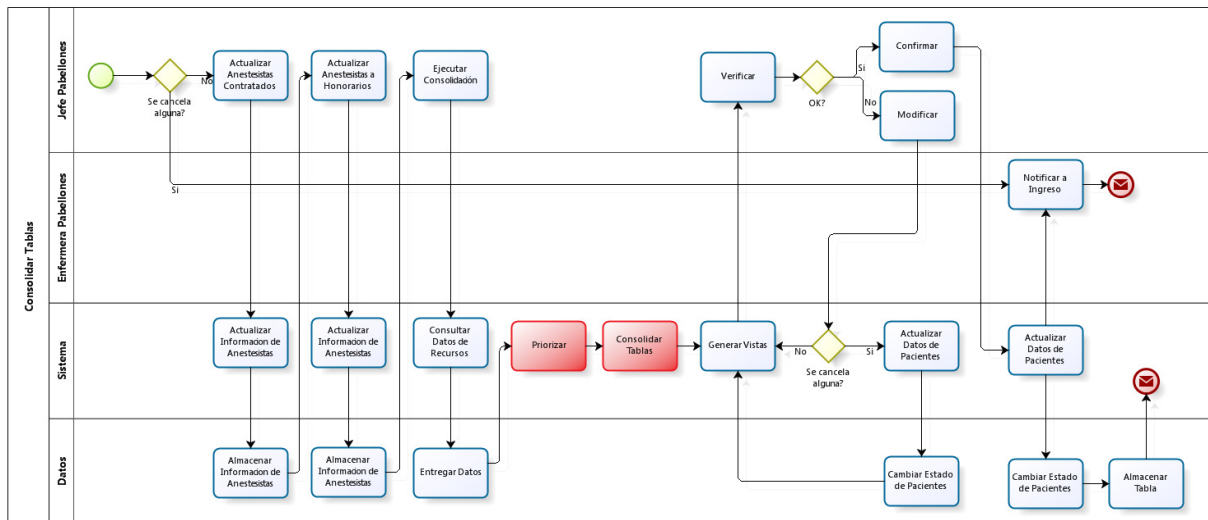
### 5.3.2.1.2 Consolidar Tablas

Como se mencionó anteriormente este proceso corresponde a consolidar las tablas generadas por cada especialidad en una tabla que contiene la programación de todas las especialidades en todos los pabellones. Luego de la generación de tablas, de todas las especialidades, el jefe de pabellones debe consolidar las tablas. Para esto, debe analizar los horarios de anestesistas contratados y a honorarios e ingresar esta información en sistema. Posterior a esto, se debe ejecutar la consolidación que es hacer una tabla quirúrgica completa que contenga todas las especialidades y todos los pabellones. El sistema generará nuevas vistas que serán presentadas al jefe de especialidad. El jefe de pabellones puede realizar algunas modificaciones sobre lo que el sistema entregue y en este caso se debe almacenar dichas modificaciones.

En caso que falte uno o más anestesistas en una jornada, el sistema deberá cancelar las especialidades que tengan pacientes con intervenciones quirúrgicas cuya categoría sea más cercana a “A” (es decir, con condiciones biomédicas que requieran de una intervención quirúrgica urgente). En este caso se presentará como una pregunta al jefe de pabellones para

que autorice esta cancelación. De no existir más modificaciones entonces el jefe de especialidad debe confirmar. Si se cancela alguna se debe notificar a ingreso para que notifique a los pacientes y a los jefes de especialidad de las especialidades canceladas. Luego de esto, se debe publicar en sistema la tabla quirúrgica programada a los actores del proceso.

En la Figura 5-7 se presenta el diagrama de procesos rediseñado en BPMN de Consolidar Tablas.



**Figura 5-7: Consolidar Tablas**

### 5.3.2.1.3 Editar Tablas

El proceso de edición de tablas quirúrgicas se basa en tratar de disminuir el efecto de la contingencia en la programación de pabellones. Este proceso ocurre durante la semana programada se inicia cuando el jefe de pabellones consulta la tabla quirúrgica y el sistema muestra la última versión de la misma. El jefe de pabellones puede revisar la tabla quirúrgica y no realizar ninguna modificación, en cuyo caso se almacena esta confirmación.

En caso que exista alguna cancelación de algún paciente se debe ingresar la razón por la cual se canceló dicho paciente. Dependiendo de cuál sea la razón el sistema tomará



diferentes caminos. En caso de faltar un anestesista o falta de tiempo, es evidente que no se puede realizar otra intervención en lugar de la cancelada, por lo que sólo se almacena la razón, se actualiza la tabla y los pacientes cambian de estado de “Programados” a “Disponibles”.

En caso de falta de cirujano, falta de pacientes u otro evento relacionado con el paciente, se verifica si existen pacientes en estado “Condicional”, priorizando los que tienen intervenciones que se puedan realizar a esa hora (por factibilidad). En caso de existir, el jefe de pabellones analiza la factibilidad de realizar ésta o estas intervenciones en lugar de la cancelada. Si hay un paciente “Condicional” y es factible, entonces este es confirmado y cambia de estado “Condicional” a “Programado”. En caso de no haber un paciente “Condicional”, entonces el sistema presenta los pacientes en estado “Disponible”. Si hay un paciente “Disponible” y es factible, entonces este es confirmado y cambia de estado “Disponible” a “Programado”. En caso de no existir pacientes disponibles o si existen pero no son factibles, entonces el sistema presenta la lista de pacientes que están esperando, en caso de haber otro factible se confirma y pasa de estado “En espera” a “Programado”.

En la Figura 5-8 se presenta el diagrama de procesos rediseñado en BPMN de Editar Tablas.

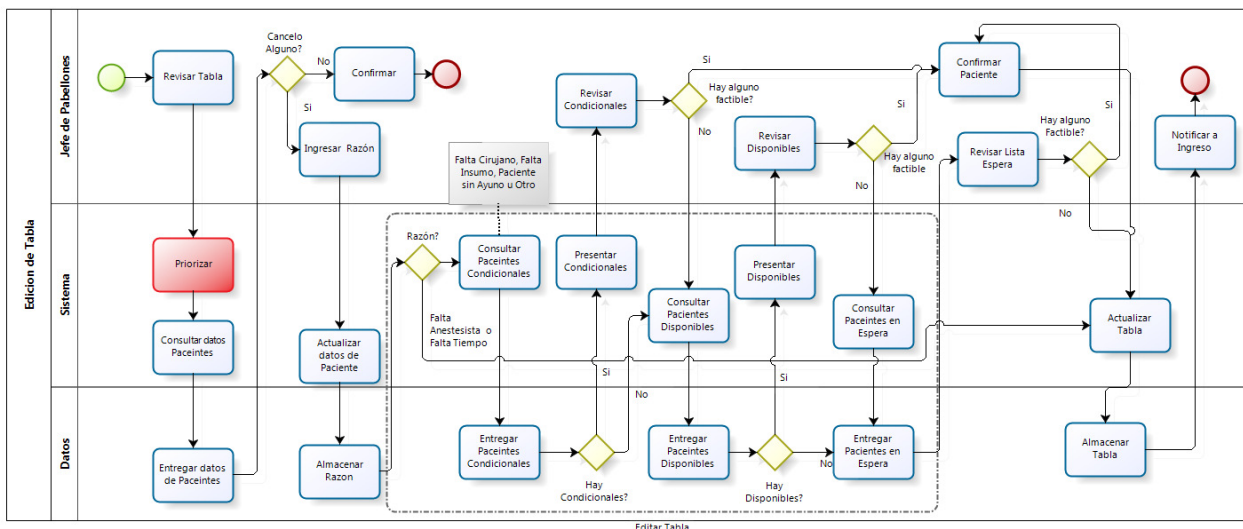


Figura 5-8: Editar Tabla

## **5.4 Detalle del rediseño**

En esta sección se presenta el detalle del rediseño propuesto en este proyecto donde se especifican las lógicas de negocios, los procedimientos de ejecución y los flujos de información.

### **5.4.1 Lógicas de Negocios**

La lógica de negocios que participa de mayor medida en este proyecto es la solución al problema de la asignación de pabellones, o también llamado Cálculo de Tabla. Sin embargo, existen otras lógicas de negocios que se requieren para hacer una buena programación de pabellones. El cálculo de tabla recibe información de los pacientes, de los recursos disponibles y de la prioridad de los pacientes.

A continuación se presentan las lógicas detalladas que son utilizadas en el rediseño de procesos.

#### **5.4.1.1 Priorización**

Para esta lógica se utilizó una técnica de priorización basada en el cálculo del NAWD o Tiempo de espera necesario ajustado [23].

Para realizar la priorización de paciente se debe contar con la categorización de pacientes según diagnóstico y consideraciones de agravantes asociados a cada paciente. Esta lógica se ejecuta siempre, para todos los pacientes, independiente del diagnóstico que tengan. La estrategia se basa en asignar una categoría biomédica a cada diagnóstico. Luego, se enumeran una serie de agravantes asociados a cada paciente y como éstos influyen en la categoría del diagnóstico base.

Por otro lado, es importante saber la cantidad de días de espera. Para la priorización de los pacientes se calcula el NAWD, determinado por la siguiente fórmula:

$$NAWD_i = P_i \cdot t_e \quad P_i \in \{1, 4, 12, 24, 48\} \quad (5.1)$$

Donde  $t_e$  representa el tiempo de espera, en días del paciente  $i$  y  $P_i$  representa un factor relacionado con la categoría del paciente. Mientras más urgente el diagnóstico del paciente, mayor debería ser el  $P_i$ , este número está estrictamente relacionado con los tiempos máximos de espera y representa la proporción entre éstos. De esta manera, si para un paciente el tiempo de espera es 3 meses y para el más grave es de una semana. Suponiendo que los meses tienen 4 semanas, entonces el más grave debe tener un  $P_i$  12 veces mayor al otro. Luego, los pacientes son ordenados por su NAWD de mayor a menor.

#### 5.4.1.2 Calcular Tabla

Sin duda, esta es la lógica de negocios más compleja que incorpora el rediseño de procesos de gestión de pabellones quirúrgicos. En muchos casos la estrategia para enfrentar este problema de la programación de pabellones es primero definir qué especialidades y grupos quirúrgicos se operarán en qué pabellones.

Como se vio en la sección 5.3.2, para este proyecto se utilizará un horario fijo que está fuertemente influenciado por los horarios de los médicos que realizan las intervenciones y las capacidades de los distintos pabellones. En este sentido, el tercer subproblema es el que se pretende abordar en este proyecto, el cual corresponde a la asignación de pacientes a los bloques horarios y pabellones, para mejorar la eficiencia y la utilización de los recursos.

### **Consideraciones particulares del modelo**

A continuación se presentan las consideraciones del modelo que fueron contempladas para construcción del mismo:

1. La programación de Pabellones es por especialidad.
2. El horizonte de programación definido es una semana.
3. Se cuenta con una lista priorizada de pacientes/órdenes que serán operados.
4. Se respeta una prioridad que considera factores médicos y de tiempo de espera. Sin embargo, no es estricta la asignación. Es decir, se permite no incluir pacientes que debido a sus características no puedan ser asignados en una semana.
5. Un paciente no puede ser operado dos veces en una misma semana.
6. Se consideran paciente “especiales”. Esta condición es determinada en caso que el paciente tenga otra complicación (ej.: alergia al látex) que requiera de una consideración extra a la hora de programar una intervención quirúrgica (ej.: Sólo a primera hora del día).
7. En cada día, los pacientes son priorizados por edad.
8. El Hospital cuenta con información detallada de la disponibilidad horaria de su personal. La información se debe mantener actualizada para el correcto funcionamiento del modelo.
9. Las intervenciones requieren de un conjunto de médicos. Este conjunto posee diferentes perfiles dependiendo de la complejidad de la intervención. En el caso de ser especificado un médico y requerirse dos, se busca un turno en el cual el médico especificado

esté acompañado.

10. Se debe intentar repartir de forma equitativa la carga de trabajo de los médicos cada semana.

11. No todos los médicos pueden realizar todas las intervenciones. el médico principal debe saber realizar determinada intervención para que este pueda ser asignado.

12. Los horarios de atención son de lunes a viernes de 8:00 a 14:00 hrs. En la jornada de la mañana y de 14:30 a 17:30 hrs. En la jornada de la tarde.

13. Algunas intervenciones quirúrgicas requieren de insumos específicos que son comprados en casos especiales. Esos pacientes son programados los días jueves o viernes (preferentemente el viernes) y de no poderse, serán saltados para ser programados la semana siguiente.

14. Se permiten sobrepasos horarios en la programación. Estos sobrepasos permiten mejorar la eficiencia, pero requieren de un compromiso por parte del hospital que garantice cubrir los costos extras de esta consideración.

El modelo debe tener en cuenta consideraciones lógicas que apuntan a que no exista duplicación de médicos, pabellones o anestesistas. Que se respeten las horas de los días, tiempos de almuerzo, etc.

Es importante notar que los pacientes programados se encuentran en una lista de espera. Es decir, en este modelo no se considera programar pabellones que atiendan urgencias. Esto es debido a que el hospital posee pabellones especializados en esta clase de intervenciones.

El rediseño propuesto incorpora el hecho que la duración de la intervención es

---

ingresada por el médico que realiza el diagnóstico. Esto hace que no se considere la variabilidad en la duración de la intervención en la programación, debido principalmente a que se espera que la duración ingresada al modelo sea muy cercana a la duración real que tendrá la intervención.

#### **5.4.1.2.1 Descripción del modelo utilizado**

Existe un gran número de investigación científica en esta dirección, debido a las ventajas que se obtienen de la programación [12]. Los puntos 1 y 2 de la lista de consideraciones presentada anteriormente guían principalmente la elección del modelo a utilizar en este proyecto.

El estudio desarrollado por Wolff et al. [23] presenta consideraciones con respecto a la prioridad que se adecúan a las consideraciones de este proyecto. Este estudio evalúa una serie de modelos matemáticos y algoritmos que resuelven un problema similar al planteado para esta parte del proyecto. La conclusión de esta investigación plantea que la elección del modelo que entrega mejores resultados no es única y depende de algunas consideraciones particulares de las especialidades y los hospitales, así como de las características de los pacientes y sus intervenciones.

En este caso, las características de los pacientes y del hospital hacen que las combinaciones factibles en la programación del pabellón sean limitadas. Por otro lado, el rediseño requiere de reprogramaciones en la reunión de programación. Debido a estas consideraciones, el estudio plantea que se debería utilizar, en primera instancia, el algoritmo del tipo *Backtracking*, ya que éste es capaz bajo estas condiciones de entregar resultados en tiempos cercanos a 1[s] y respetando las prioridades relativas de los pacientes.

Como se mencionó en el trabajo de Wolff et al. [23] , la forma de afrontar esta

problemática que presenta la lógica de negocios que requiere implementar el proyecto, puede ser implementado un método computacional que encuentre soluciones factibles, dependiendo de las reglas de negocios. Una vez teniendo estas soluciones se puede evaluar cuál de estos resultados es el más conveniente y así obtener un resultado aproximado al óptimo, pero con mejores resultados con respecto al tiempo de ejecución.

Los modelos de programación entera presentados en dicho estudio resultan en algunos casos mejores que el algoritmo del tipo *Backtracking* en lo que respecta a la confiabilidad, los tiempos de ejecución y utilización de pabellón. Sin embargo, éstos no reflejan la prioridad estricta o presentan complicaciones de implementación en la definición de parámetros. Las características de los escenarios resueltos en esta tesis permiten utilizar el algoritmo del tipo *Backtracking*, pero en caso de exportar este proyecto a otro hospital se deben evaluar los escenarios para no tener problemas en casos menos restrictivos. Es decir, la elección para una implementación robusta sería utilizar en primera instancia el algoritmo del tipo *Backtracking*, en caso que este sobrepase un determinado tiempo de ejecución, lo recomendable sería utilizar el modelo de programación entera con prioridad modificada.

A continuación se presentan las etapas de la heurística desarrollada para solucionar el problema de la asignación de pabellones.

### **Etapa 1.1: Creación de Nodos**

Esta etapa consiste en evaluar para cada paciente jornadas y pabellones en las cuales se puede operar. Por paciente, se debe señalar la factibilidad de realizar en cada jornada y pabellón, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Duración de la intervención
- Disponibilidad del conjunto de médicos que puede realizar esa intervención.
- Si la intervención es especial y si es ambulatoria.

## **Etapa 1.2: Creación de Rutas**

Este es un método que permite construir combinaciones factibles, denominados rutas entre los nodos de los pacientes (soluciones factibles). En este punto se consideran:

- Total de duraciones no exceda la duración de la jornada acumulada para cada ruta.
- Factibilidad de cada nodo agregado (de la etapa anterior)
- No pueden existir más de dos intervenciones especiales en una jornada.

La técnica de este método es generar arreglos (o listas enlazadas) que contengan los nodos de los pacientes, recorriendo la lista de pacientes en orden de prioridad. Cada vez que se genera un arreglo (o combinación de nodos) se ingresa a una pila (o *stack*) de dos entradas FIFO. Cuando se extrae un elemento de la pila, se comprueba la factibilidad de agregar un nodo del paciente siguiente y si es factible, ese nodo se agrega al arreglo y este último ingresa nuevamente a la pila.

Cuando los nodos de un paciente no pueden ser asignados a ninguna ruta no es agregado y se continúa con el paciente que tenga la prioridad más cercana al dicho paciente.

Como consecuencia de la aplicación del método, la pila tendrá al final del proceso rutas con el máximo de nodos factibles (pacientes asignados) y respetando la prioridad.

## **Etapa 1.3: Evaluación de soluciones factibles**

El resultado de la etapa anterior puede entregar más de una solución factible (ej.: intercambio de dos pacientes parecidos entregaría dos soluciones diferentes). En esta etapa se evalúan las soluciones con las siguientes consideraciones:

- Los pacientes menores de 3 años es mejor operarlos en la mañana.
- Mientras menor sea la edad del paciente se incrementa la prioridad por operarlos en la



mañana.

- Las intervenciones más urgentes se intentan operar en los primeros días de la semana.

En esta etapa se genera una matriz similar a la de nodos, pero con valores enteros en lugar de unos y ceros. Estos valores dependen de los pesos o factores de multiplicación asignados a las diferentes reglas de negocios aplicadas en esta etapa. Como resultado de esta etapa se obtiene una solución factible y que es mejor que las otras combinaciones.

#### **Etapa 1.4: Ordenamiento de soluciones**

Una vez que cada paciente es asignado a una jornada, se ordenan los distintos pacientes en la misma jornada:

- Primero se ubica el paciente especial.
- Luego, se ordena por edad.

Como resultado de esta etapa se obtiene una calendarización de una semana, indicando para cada paciente el día y pabellón en el cual debe ser atendido.

#### **Etapa 2: Repartir la carga entre médicos**

Una vez que se tiene una solución de asignación de pacientes, ésta puede ser mejorada cambiando los médicos asignados de manera de mejorar la asignación horaria. Esta asignación se realiza en función de un porcentaje definido por el hospital. En algunos casos, este porcentaje depende de la cantidad de horas contratadas de cada médico.

Este simple método permite repartir de una manera más equitativa la carga entre médicos que poseen distintos niveles esperados de ocupación. Se debe recordar que la solución de la etapa anterior sólo busca alternativas factibles en lo que se refiere a la carga de

los médicos. En este caso se intenta mejorar esta asignación.

### **Etapa 3: Orden diario**

La determinación del orden (que determina la hora específica de intervención) se realizará luego de que cada paciente es asignado a una jornada y la carga de los médicos fue repartida de la mejor manera. En este caso, se ordenan los pacientes asignados en la misma jornada, considerando:

- Si existe paciente especial, éste se ubica a primera hora.
- Luego, se ordenan los pacientes por edad. (esto es debido a que los niños menores son menos resistentes al ayuno)

Como resultado de esta etapa se obtiene una calendarización de una semana con los pabellones y horarios específicos de cada paciente.

#### **5.4.1.2.2 Consideraciones adicionales al modelo utilizado**

A continuación, unas consideraciones adicionales que permiten ajustar dicho desarrollo a la problemática planteada en este caso.

Una pequeña diferencia que se introduce en este proyecto es que, para cada intervención, en lugar de tener una lista de médicos que es capaz de realizarla, lo que se tiene es una lista de perfiles médicos que deben realizar la intervención. Por otro lado, en este caso se cuenta con uno o más perfiles asociados a un médico. Esta leve diferencia permite que sea más sencillo el levantamiento de esta delicada información necesaria por el modelo. Desde el punto de vista de la programación, la incorporación de esta diferencia al modelo es bastante simple ya que sólo se deben modificar la forma en la cual se evalúa la factibilidad en la etapa 1.1.

Algunas intervenciones quirúrgicas requieren de insumos específicos, en este caso los pacientes son programados los días jueves o viernes. Ésta es una modificación a las consideraciones del modelo presentado en el estudio de Wolff et al.[23]. Sin embargo, no es necesario modificar el modelo, ya que los datos pueden ser tratados previamente imponiendo, para estos casos, restricciones sobre las jornadas de los lunes, martes y miércoles con el fin de que no se programen en estos días las intervenciones de los pacientes con estas características.

#### **5.4.1.3 Calcular Condicionales**

Cuando la duración de una intervención supera los dos tercios de la duración e la jornada es conveniente programar un paciente condicional. Esto permite disminuir el impacto de una cancelación del paciente. Como ya se ha dicho, para que una intervención pueda ser llevada a cabo se requiere de una gran cantidad de recursos materiales y humanos. En caso que una intervención sea cancelada por razones atribuibles al paciente estos recursos pueden ser utilizados para operar a otro paciente que este en estado condicional.

No todos los pacientes son factibles de ser programados condicionales. En base a su diagnóstico y a otras características del paciente, un médico puede determinar qué paciente puede ser programado condicional y qué paciente no.

Esta lógica programa los pacientes condicionales basados en la programación generada en la lógica “Calcular tabla”. Es decir, recibe como entrada la tabla quirúrgica calculada y calcula una segunda tabla que ubica pacientes (que pueden ser condicionales) en los lugares donde se programaron pacientes cuyas duraciones superaban los dos tercios de la duración de la jornada. Ésta es la principal razón por la cual es un proceso aparte de calcular tabla.

#### 5.4.1.4 Consolidar Tablas

El análisis de consolidación de tablas ocurre cuando existen bloques horarios conflictivos. Es decir, cuando el número de especialidades que han programado intervenciones quirúrgicas en la misma jornada es superior al número de pabellones que se pueden asignar. Esto se puede deber a diversos factores, siendo el más común la falta de anestesistas. En este caso lo que se realiza es lo siguiente:

1. Confirmar las especialidades que programaron casos especiales. Por ejemplo, los que programaron intervenciones con pacientes de otra región o cuya cancelación perjudique la condición del paciente.
2. Si quedan pabellones disponibles y especialidades se debe sumar en cada día la urgencia del diagnóstico de cada paciente y de cada especialidad. En este caso, se puede utilizar la categoría asociada, específicamente:

$$P_i \in \{1, 4, 12, 24, 48\}$$

3. Finalmente, se debe ordenar de mayor a menor y cancelar los menos prioritarios cambiando el estado de los pacientes de “Programados” a “Disponibles”.

#### 5.4.1.5 Editar Tablas

Esta lógica propiamente tal no requiere de cálculos y lo que contiene son las reglas en caso que exista alguna cancelación de algún paciente durante la semana programada.

Dependiendo de cuál sea la razón, el sistema tomará diferentes caminos. En caso de faltar un anestesista o falta de tiempo, es evidente que no se puede realizar otra intervención a cambio y los pacientes cambian de estado de “Programados” a “Disponibles”.

En caso de falta de cirujano, falta de pacientes u otro relacionado con el paciente, se

verifica si existen pacientes en estado “Condicional”. El jefe de pabellones analizará la factibilidad de realizar esta o estas intervenciones en lugar de la cancelada, entonces este es confirmado y cambia su estado de “Condicional” a “Programado”.

En caso de no existir pacientes “Condicionales”, entonces el sistema buscara pacientes en el estado “Disponible”, priorizando los que tienen intervenciones que se puedan realizar a esa hora, es decir que la duración de la intervención del paciente sea menor o igual la del paciente cancelado (por factibilidad). Esta lista se presenta al jefe de pabellones, quien analizará la factibilidad de realizar esta o estas intervenciones en lugar de la cancelada, entonces este es confirmado y cambia su estado de “Disponible” a “Programado”.

En caso de no existir pacientes disponibles o si existen pero no son factibles entonces el sistema presenta la lista de pacientes que están esperando, en caso de haber otro factible se confirma y pasa de estado “en espera” a “Programado”.

#### ***5.4.2 Procedimiento de ejecución***

Para lograr la ejecución de la lógica de negocios, se requiere de sistemas de tecnologías de información. Las lógicas de negocios pueden estar contenidas en un servicio web remoto o en el servidor del hospital. Como el volumen de datos que maneja el hospital es muy alto, éstos cuentan con bases de datos que con pocas modificaciones pueden ser adaptados para la implementación del proyecto.

Como el proceso es ejecutado por personal médico, en este caso el jefe de especialidad, se requiere de una interfaz amable que le permita ejecutar la heurística, actualizar datos o hacer correcciones al resultado. El sistema requiere de mantenedores de información que le permita al personal mantener toda la información de las intervenciones, médicos, anestesistas, etc.

### **5.4.3 Información Requerida**

Para resolver el problema, la información que debe ser extraída de la base de datos del hospital, para ser utilizada por el modelo se detalla a continuación:

#### **5.4.3.1 Datos de entrada**

##### **5.4.3.1.1 Lista de pacientes priorizada**

Esta lista contiene los siguientes ítems:

1. **Id del Paciente:** Número que permita su identificación.
2. **Número de prioridad:** Prioridad asignada en el proceso anterior de priorización de pacientes.
3. **Edad:** Edad del paciente en meses.
4. **Id de Intervención:** Intervención quirúrgica que se debe realizar al paciente (en caso de no existir una lista completa el modelo permite ingresar el nombre).
5. **Especialidad:** Especialidad médica de la intervención realizada
6. **Tiempo de duración:** tiempo estimado de duración de la intervención.
7. **Especial:** Si el paciente tiene alguna complicación que obligue a realizarla intervención sólo a primera hora de la mañana.
8. **Médicos:** En caso que la intervención no pueda ser realizada por los médicos, se debe indicar qué médicos deben realizar esta intervención.
9. **Estado del paciente:** Si el estado es de espera, programado, condicional, disponible, etc.
10. **Condicionalizable:** Si el paciente puede ser programado condicional.

##### **5.4.3.1.2 Disponibilidad de pacientes en las jornadas**

En esta tabla se indica si los pacientes están disponibles en las jornadas de atención. En caso de haber un problema, el paciente puede no estar disponible en dichos horarios.

#### 5.4.3.1.3 Duraciones de las Jornadas

En esta tabla se encuentra la duración de cada jornada en intervalos de 15 minutos. En esta matriz se ingresa el número de jornadas también, es decir, si la calendarización se desea hacer para 2 semanas, entonces el número de jornadas será 20.

#### 5.4.3.1.4 Jornadas en las que trabajan los médicos

En esta matriz se almacena la información detallada de la disponibilidad horaria de su personal. Corresponde a una tabla que contiene Médicos y Jornadas (la misma cantidad de las especificadas en el archivo de duración de jornadas). La información se debe mantener actualizada para el correcto funcionamiento del modelo.

#### 5.4.3.1.5 Información de los médicos

Se requiere información de los médicos pertenecientes a las diferentes especialidades que utilizan pabellón. La información mínima requerida es la que se muestra a continuación:

1. **Id del Médico:** Número que permita su identificación.
2. **Nombre:** Nombre completo del médico
3. **Especialidad:** Especialidad Médica.
4. **Perfil:** Perfil del médico.
5. **Estado del médico:** Activo u otro.

#### 5.4.3.1.6 Perfiles médicos requeridos para las Intervenciones

Ésta es una lista de intervenciones y el grupo de perfiles que se requieren para poder realizarlas.

#### **5.4.3.1.7 Intervenciones que pueden realizar los médicos**

Ésta es una tabla de Médicos y la lista de intervenciones que se realizan. Contiene unos cuando el médico puede realizar esa intervención y ceros en el resto.

#### **5.4.3.1.8 Asignación de equipos médicos (o especialidades) a las jornadas**

Los pabellones son asignados a diferentes especialidades a equipos médicos dependiendo de la capacidad de éstos y de las disponibilidades horarias de los equipos médicos y anestesistas. Esta tabla indica las especialidades médicas en cada una de las jornadas en cada pabellón.

#### **5.4.3.1.9 Disponibilidad de anestesistas en las jornadas**

En esta tabla se indica si los anestesistas están disponibles en las jornadas de atención.

#### **5.4.3.2 Datos de Salida del modelo**

El modelo presenta una solución que indica la siguiente información:

1. Los pacientes que fueron asignados en el plazo estipulado.
2. Los datos relevantes de cada paciente.
3. Los médicos y equipos médicos asignados.
4. Los horarios asignados para cada paciente.
5. Los pabellones asignados para cada paciente.



En la Tabla 5-1 se muestra un ejemplo simplificados de una vista que contiene los resultados del modelo que fueron antes mencionados.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
8:30		Paciente: 9	Paciente: 3	Paciente: 4	Paciente: 7
8:45		Datos del Paciente	Datos del Paciente	Datos del Paciente	Datos del Paciente
9:00					
9:15					
9:30					
9:45					
10:00					
10:15					
10:30					
10:45			Paciente: 1	Paciente: 5	Paciente: 6
11:00			Datos del Paciente	Datos del Paciente	Datos del Paciente
11:15					
11:30		Paciente: 2			
11:45		Datos del Paciente			
12:00					
12:15		Paciente: 8			
12:30		Datos del Paciente			
12:45					
13:00					
13:15					
13:30					
<hr/>					
14:00	Paciente 15				
14:15	Datos del Paciente				
14:30					
14:45					
15:00					
15:15					
15:30					
15:45					
16:00					
16:15	Paciente 23				
16:30	Datos del Paciente				
16:45					

**Tabla 5-1: Ejemplo de resultado del modelo**

Sobre esta misma tabla se realiza la Edición de Tabla. Los datos requeridos y entregados en este proceso son los mismos utilizados en Generar Tabla.

## 5.5 Alineamiento del proyecto con la estrategia del hospital

Una vez definido el rediseño es posible detallar la forma en la cual este rediseño se alinea con la estrategia de la organización. El rediseño propuesto está alineado con la estrategia de la organización, en el sentido de permitir aumentar la transparencia y la equidad en la asignación de los recursos, así como mejoras en los procesos, en la cantidad y oportunidad de la atención.

Como el proyecto de gestión de pabellones fue desarrollado de manera paralela al estudio que construyó el mapa de la sección 3.2, este proyecto no aparece en el mismo. El proyecto de gestión de pabellones pertenece a un grupo de proyectos que pueden ser catalogados bajo el nombre de “Nuevo modelo de gestión clínica”. Estos proyectos se enmarcarían en el mapa estratégico del hospital como se presenta en la Figura 5-9. Este mapa estratégico no corresponde a un mapa oficial, como en el caso del mapa de la Figura 3-1 y se presenta para mostrar los objetivos que persigue el proyecto desde las diferentes perspectivas.

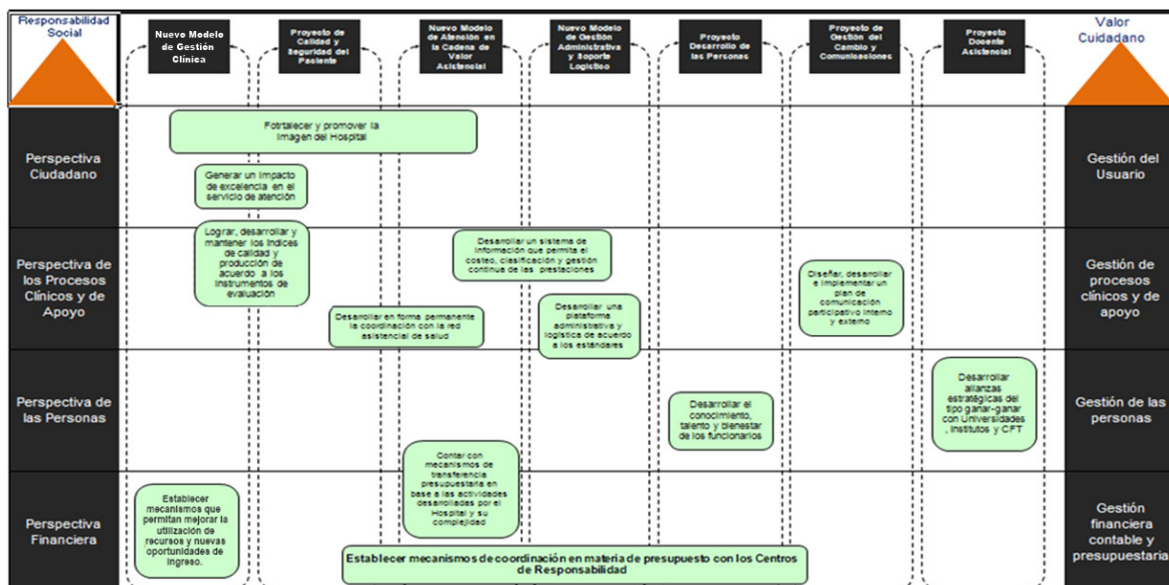


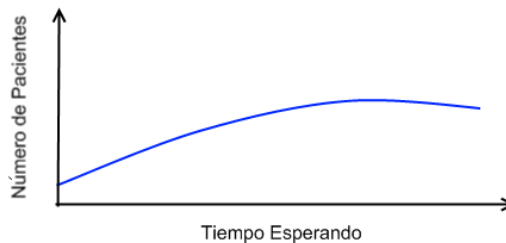
Figura 5-9: *Balanced Scorecard* modificado

Es importante notar que estos proyectos no plantean una nueva dirección estratégica, incluso comparten objetivos comunes con otros proyectos, como en los casos de las perspectivas del ciudadano y los procesos clínicos y de apoyo. En el caso de la perspectiva financiera lo que hacen es reforzar una estrategia definida. El detalle de los objetivos impactados por este proyecto desde cada perspectiva del *Balance Scorecard* se presenta a continuación:

### 5.5.1 Perspectiva del Ciudadano

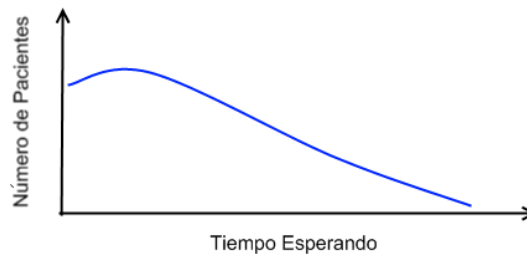
El proyecto pretende enfatizar que el hospital brinde una atención médica de excelencia, esto quiere decir: oportuna, justa, con eficiencia y calidad. Este proyecto no impacta el tema de la calidad de la atención clínica. Sin embargo, la excelencia tiene que ver también con la oportunidad de atención y la justicia en la asignación.

El objetivo en este punto es disminuir los tiempos de espera de los pacientes, desde el punto de vista del total de pacientes. Para graficar esto, se presenta un ejemplo en la Figura 5-10. Se aprecia el número de pacientes ordenados por el tiempo que llevan esperando, se observa que existe un gran número de pacientes que lleva mucho tiempo esperando.



**Figura 5-10: Número de Paciente por Tiempo Esperando – Caso 1**

La situación a la cual se pretende llegar con la implementación de modelos más justos es a la que se muestra en la Figura 5-11, en la cual, el número de pacientes que llevan esperando mucho tiempo es menor.



**Figura 5-11: Número de Paciente por Tiempo Esperando – Caso 2**

Es importante notar que en ambos casos el número de pacientes en lista de espera puede ser exactamente el mismo, pero existe una reducción en el tiempo de espera en pasar de la situación del primer gráfico al segundo.

En este caso, el tiempo de espera total se calcularía de la siguiente forma:

$$\text{Tiempo de Espera total} = \frac{\sum_{p=1}^n t_p^x}{n} \quad (5.2)$$

Donde  $n$  es el número de pacientes en lista de espera y  $t_p$  el tiempo de espera del paciente  $p$ .

La formalización de reglas de asignación de pabellones, por si sola genera justicia en la asignación al ser equitativa para todos los pacientes. Medir el impacto del proyecto en la justicia de las decisiones resulta ciertamente complicado. Una estrategia podría ser medir, en cada categoría de priorización, el tiempo total de espera de los pacientes que fueron asignados en un intervalo determinado y dividirlo por el número de pacientes. El tiempo total de espera ponderado de los pacientes por categoría de priorización debería ser mayor en el caso de una asignación más justa. En este caso el Tiempo de espera de la Categoría  $x$  sería:

$$\text{Tiempo de Espera de Categoría } x = \frac{\sum_{p=1}^m t_p^x}{m} \quad (5.3)$$

Donde  $m$  es el número de pacientes asignados en la categoría  $x$  y  $t_p^x$  es el tiempo de los paciente  $p$  de la categoría  $x$ .

### ***5.5.2 Perspectiva de los procesos clínicos y de apoyo***

En esta perspectiva se encuentra el objetivo de maximizar la utilización de los pabellones quirúrgicos. La utilización de los pabellones corresponde a un instrumento de evaluación ministerial el cual debe ser reportado mensualmente. Según el Ministerio de Salud de Chile<sup>ii</sup> el Porcentaje de utilización proviene de:

$$\text{Porcentaje de Utilización} = \frac{h_o + h_p}{h_D} \cdot 100\% \quad (5.4)$$

donde  $h_o$  corresponden a las Horas Mensuales Ocupadas Totales,  $h_p$  las Horas Mensuales de Preparación y  $h_D$  representa el Total de Horas Mensuales Disponibles.

El Total de Horas Mensuales Disponibles representa el total de horas mensuales que los pabellones se encuentran en condiciones de uso para realizar cirugía electiva. En pabellones destinados a intervenciones quirúrgicas electivas, corresponde estar disponibles a lo menos ocho horas diarias, los 5 días hábiles de la semana.

---

<sup>ii</sup> Manual de Instrucciones REM-2010 - Serie B, Ministerio de Salud de Chile, 2010.

Las Horas Mensuales Ocupadas Totales representan las horas efectivamente ocupadas para la totalidad de las intervenciones quirúrgicas realizadas en los pabellones del establecimiento. Las Horas Mensuales de Preparación registrarán las horas mensuales utilizadas en la mantención y desinfección del pabellón.

### ***5.5.3 Perspectiva Financiera***

El proyecto pretende asegurar el uso racional y oportuno de los recursos de pabellón. Por otro lado, mejorar la asignación supone generar nuevas oportunidades de negocio asociadas a realizar un mayor número de intervenciones quirúrgicas.

Los objetivos de esta perspectiva apuntan a:

#### **5.5.3.1 Mejorar uso de recursos**

En este caso, el objetivo es mejorar la utilización de los recursos con los que cuenta el hospital para realizar intervenciones quirúrgicas, esto se verá reflejado en los indicadores de utilización de pabellón, ya que un aumento en este punto indicará un claro aumento de la utilización de recursos.

#### **5.5.3.2 Generar nuevas oportunidades de ingresos**

La teoría dice que la planificación ayudará a realizar un mayor número de intervenciones quirúrgicas, lo que indica claramente un aumento en las oportunidades de ingreso para el hospital. El aumento no es directo en el número de intervenciones quirúrgicas realizadas, esto es debido a que las intervenciones poseen distintas duraciones. Sin embargo, en un intervalo de tiempo relativamente largo, el número de intervenciones realizadas debería ser superior.

## **Capítulo 6**

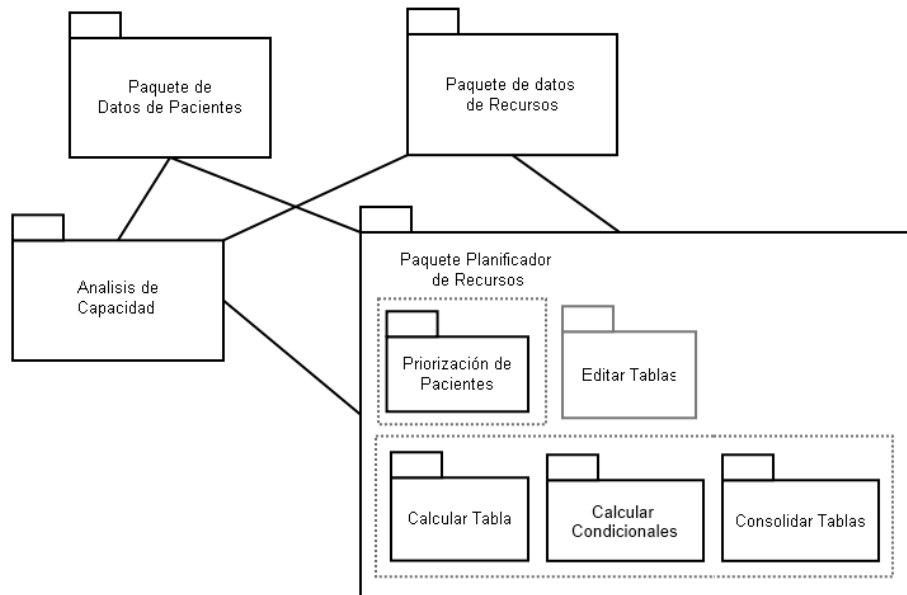
### **Diseño de aplicación de apoyo**

A continuación se presenta un detalle del diseño de la aplicación que sirve de apoyo al rediseño propuesto. Aquí se describe la arquitectura de sistemas, casos de uso, diagramas de secuencia y diagramas de clases.

Si bien en este capítulo se describe la aplicación utilizando tecnología tradicional de desarrollo de software. Para el desarrollo del piloto de este proyecto se utilizó ejecución de procesos. Pero esto será cubierto en la sección 7.2.

## 6.1 Arquitectura de Sistemas

En la Figura 6-1 se muestra la arquitectura de sistemas propuesta para este proyecto.



**Figura 6-1: Arquitectura de Sistemas**

Es importante hacer notar la diferencia entre el paquete de datos de pacientes (datos de demanda) y el paquete de datos de recursos. El paquete planificador de recursos debe considerar datos provenientes de ambos para realizar los cálculos respectivos a cada una de las lógicas de negocios alojadas en este paquete. Aquí aparece también el paquete asociado a la categorización de pacientes.

Consolidar Tabla recibe los datos de Calcular Tabla y Calcular Condicionales y a su vez, Editar Tabla recibe los resultados de Consolidar Tabla. Sin embargo, ambos utilizan los datos de recursos de pacientes. El análisis de capacidad puede contener ciertas lógicas de negocios que apuntan a resolver problemas de planificación de recursos agregados. En caso de la mayoría de los hospitales públicos de Chile, este análisis de capacidad no se encuentra en ningún sistema computacional y tiende a ser bastante estático y en algunos hospitales, poco relacionada con la demanda.

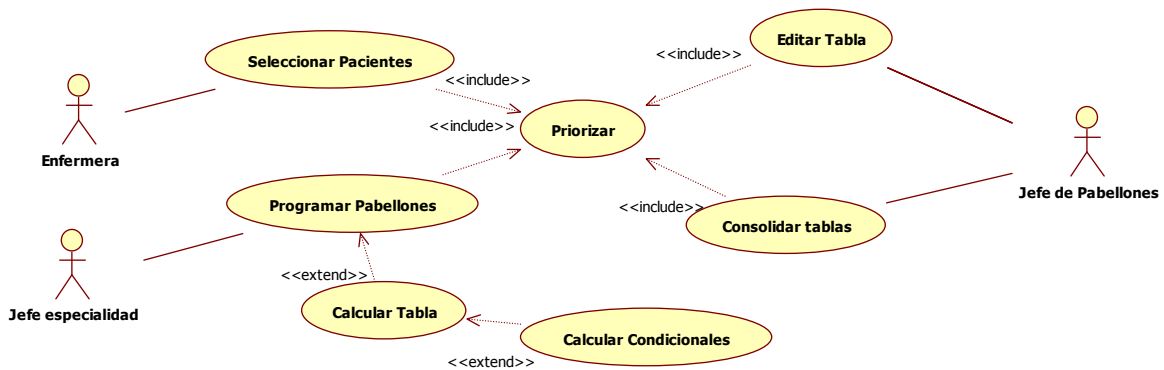


## 6.2 Casos de Uso

Una pieza fundamental en el desarrollo de las aplicaciones de apoyo es el diagrama de casos de uso el cual se detalla en esta sección.

### 6.2.1 Diagrama de casos de uso

La Figura 6-2 muestra el diagrama de casos de uso propuesto para este proyecto.



**Figura 6-2: Diagrama de Casos de Uso**

La principal razón por la cual se agruparon todos los casos de uso en un mismo diagrama es que existe una gran reusabilidad de estos casos de uso. En este caso los actores que participan son: El jefe de Pabellón, el jefe de especialidad y enfermera.

### 6.2.2 Detalle de Casos de uso

En esta sección se detallan los casos de uso presentados en el diagrama de la sección anterior.

#### 6.2.2.1.1 Programar pabellones

Este caso de uso es ejecutado por el jefe de especialidad. Se ejecuta luego de la

selección de pacientes realizada por ingreso donde se detallan los pacientes disponibles candidatos para ser intervenidos quirúrgicamente. Para ejecutar la heurística primero debe priorizar los pacientes. En el caso que existan pacientes con fechas asignadas para la semana que se pretende programar, éstos tienen la prioridad más alta. Luego se encuentran los pacientes provenientes de la priorización y los programados para semanas posteriores.

#### **6.2.2.1.2 Calcular tabla**

Este caso de uso aparece para hacer explícita la lógica de negocio que está detrás de programar pabellones. Es parte del caso de uso programar pabellones que es ejecutado por el jefe de especialidad. En arquitecturas de sistemas más complejos que resuelven el mismo problema planteado en este desarrollo, el cálculo de la tabla podría encontrarse en otro sistema y ser accedido mediante servicios web.

#### **6.2.2.1.3 Calcular condicionales**

Este caso de uso aparece para hacer explícita la lógica de negocio que está detrás de programar los condicionales. Es parte del caso de uso programar pabellones que es ejecutado por el jefe de especialidad. Esta actividad está en otro caso de uso debido a que podría no ser ejecutado si no se programan pacientes cuyas duraciones no superan dos tercios de la duración de la jornada en un horizonte de planificación.

#### **6.2.2.1.4 Consolidar Tabla**

Este caso de uso es ejecutado por el jefe de Pabellón y se ejecuta luego del cálculo de tabla de todas las especialidades. El resultado debe almacenarse como el resultado oficial de programación de pabellones del hospital cada semana. Debe ejecutar la priorización cada vez que se ejecute la tabla para tener la prioridad real de cada paciente.

#### **6.2.2.1.5 Editar Tabla**

Este caso de uso se ejecuta durante la semana programada, principalmente es accedida por el jefe de pabellón. La idea detrás de este caso de uso es ingresar cancelaciones y buscar mediante el sistema los mejores candidatos para ser intervenidos en lugar del paciente que por alguna razón fue modificado.

#### **6.2.2.1.6 Priorizar**

Este caso de uso aparece para hacer explícita la lógica de negocio que está detrás de la priorización de pacientes. Este caso de uso destaca por ser utilizado por prácticamente todos los casos de uso del sistema. Esto debido a que siempre se debe contar con la lista de espera más actualizada posible. Esto es, incluyendo los pacientes que pueden ser ingresados durante el día.

### **6.3 Diagramas de Secuencia y Clases**

A continuación se presentan los diagramas de secuencia de los casos de uso presentados en la sección anterior. Los casos de uso de priorización, calcular tabla y calcular condicionales no poseen interacción con los usuarios y son más bien computacionales, por lo cual no se presentan los diagramas de realización.

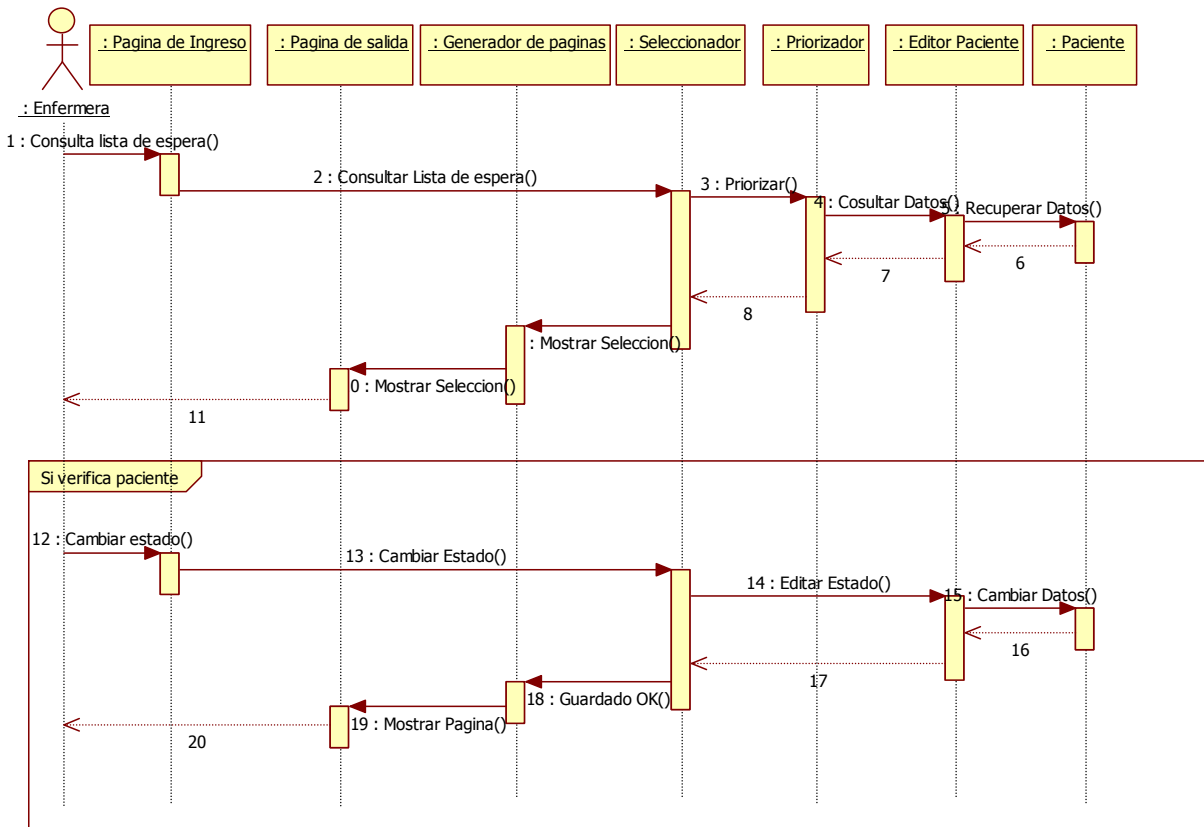
#### **6.3.1 Selección de pacientes**

La enfermera designada para esta labor consulta la lista de pacientes en lista de espera. El sistema debería entregar una lista de pacientes candidatos a ser llamados. Estos pacientes son determinados mediante la siguiente lógica:

1. Se mantiene una lista priorizada de pacientes en sistema. Esta lista priorizada depende de una categorización médica de la intervención quirúrgica, los agravantes del paciente, edad y el tiempo de espera transcurrido.
2. Se selecciona a los primeros X pacientes de esta lista. Donde X está determinado en primera instancia por el número promedio de pacientes que son operados en el intervalo de planificación con el cual se desee trabajar.
3. Los pacientes de esta lista no deben estar en estado de “operado” o “eliminado”.

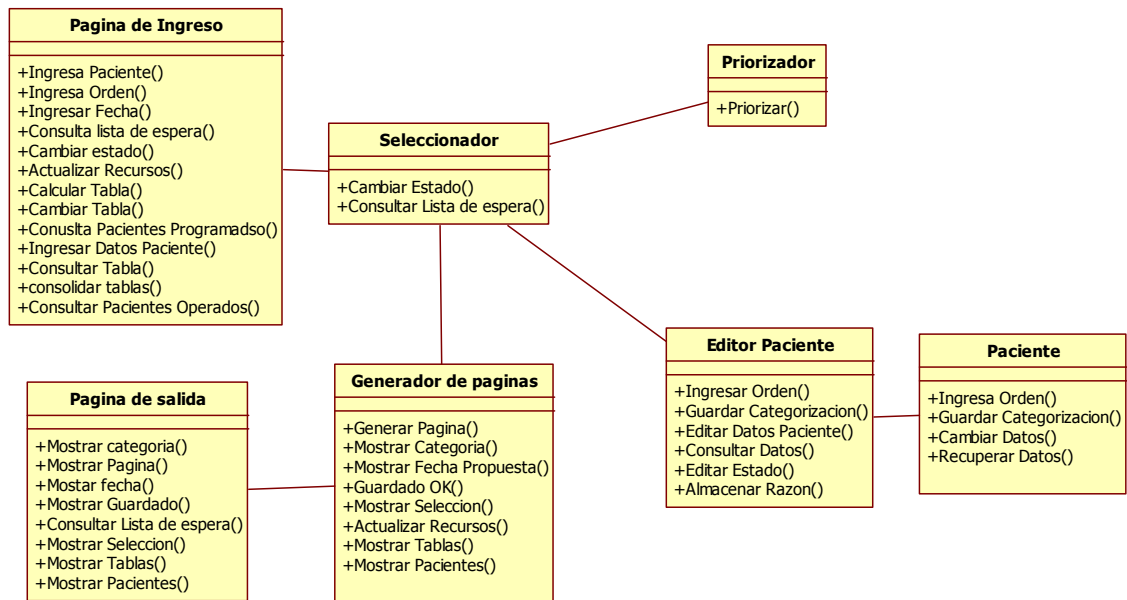
En ingreso, los pacientes en esta lista deben ser llamados, de no estar disponibles se debe almacenar la razón. En algunos casos, ésta deja al paciente nuevamente en estado de espera, en otros casos la modificación al estado del paciente puede ser mayor. A los pacientes que se encuentran disponibles se les debe cambiar la información de estado del paciente a “Disponible”.

En la Figura 6-3 se muestra el diagrama de realización de selección de pacientes, realizada por la enfermera.



**Figura 6-3: Diagrama de Secuencia de Selección de pacientes**

En la Figura 6-4 se muestra el diagrama de clases con las clases correspondientes a Selección de pacientes.



**Figura 6-4: Diagrama de Clases de Selección de Pacientes**

### 6.3.2 Programar pabellones

El paso siguiente es que el médico jefe de cada especialidad actualice los horarios de los médicos para el próximo periodo de programación. Esta funcionalidad también debe estar disponible sin necesidad que a continuación se calcule la tabla, debido a que la información aquí almacenada puede servir para otros propósitos y puede ser ingresada en cualquier momento por el jefe de la especialidad.

Luego de hacer esto, el médico jefe ejecuta la heurística que asigna los pacientes disponibles a los horarios en los cuales pueden ser operados. El sistema entonces ejecuta una lógica simple de priorización. Luego se ejecuta la heurística del cálculo de tabla. Si la propuesta no es correcta, el médico jefe de especialidad puede realizar modificaciones sobre los resultados entregados, pero estas razones requieren que se ingrese la causa de la modificación y volver a ejecutar la heurística. En caso de que se confirme la programación, el sistema debe enviar una solicitud y actualizar el estado de los pacientes.

En la Figura 6-5 se muestra el diagrama de realización de calcular tabla, realizada por el jefe de especialidad.

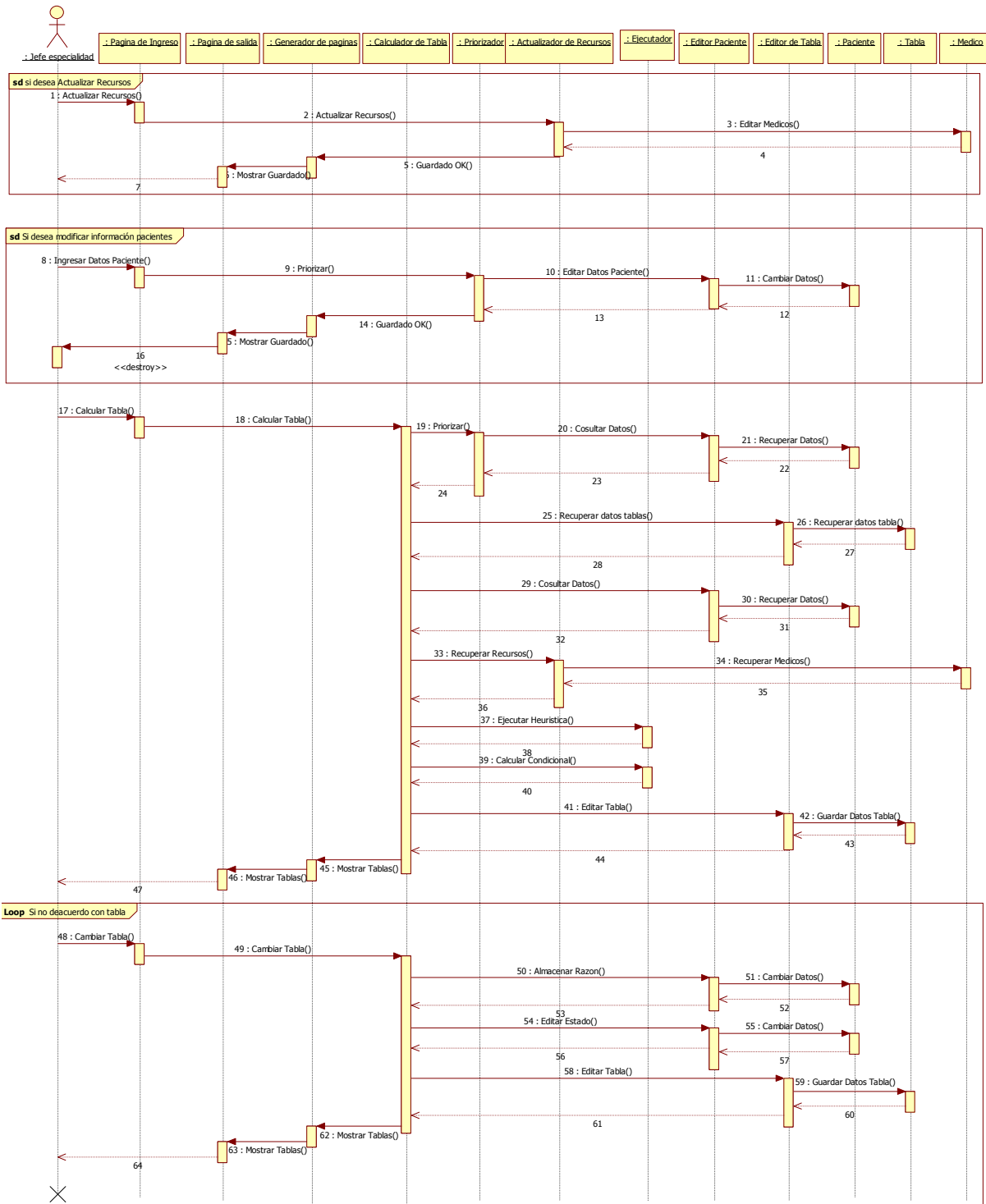


Figura 6-5: Diagrama de Secuencia de Programar pabellones

En la Figura 6-6 se muestra el diagrama de clases con las clases correspondientes a Calcular Tabla.

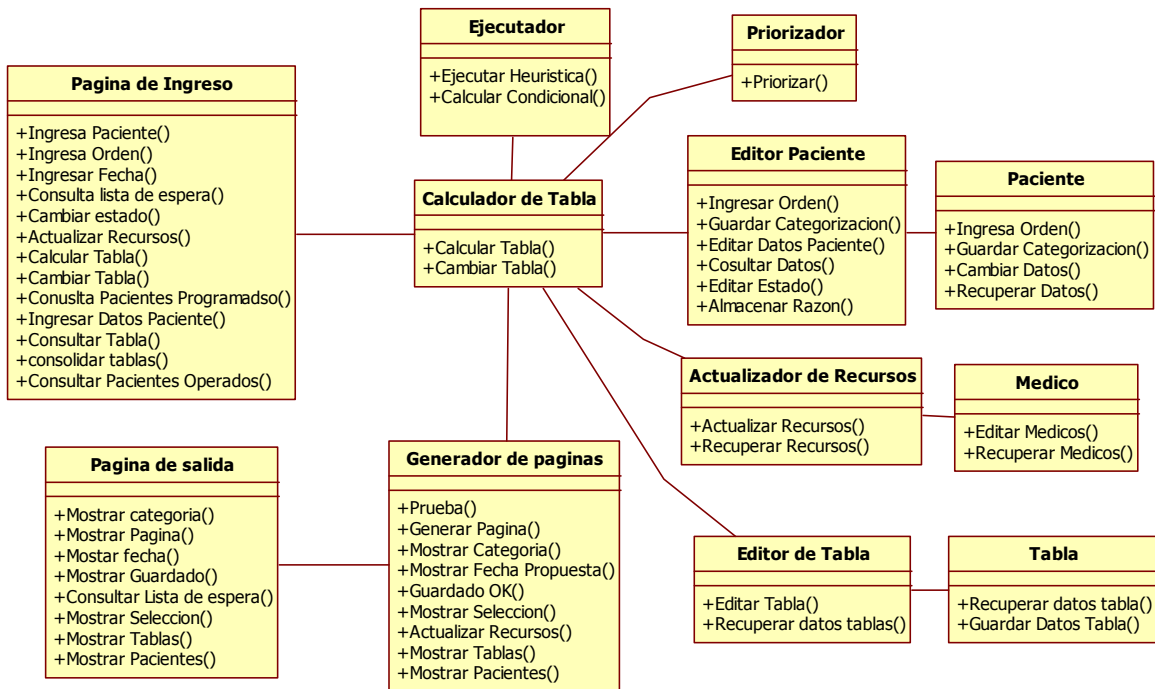


Figura 6-6: Diagrama de Clases de Calcular Tabla



### **6.3.3 Consolidar Tabla**

Luego de verificar la factibilidad, el jefe de pabellones debe analizar los horarios de anestesiistas contratados y a honorarios e ingresar esta información en sistema. Posterior a esto, se debe ejecutar la consolidación que básicamente es hacer una tabla quirúrgica completa que contenga todas las especialidades y todos los pabellones. Para esto, el sistema debe ejecutar la priorización y luego la lógica de consolidación.

En el caso que existan cancelaciones, el jefe de pabellones puede realizar algunas modificaciones sobre lo que el sistema entregue y, en este caso, se debe almacenar dichas modificaciones. De no existir modificaciones entonces el jefe de especialidad debe confirmar. Si se cancela alguna se debe notificar a ingreso para que notifique a los pacientes y a los jefes de especialidad de las especialidades canceladas. Luego de esto, se debe publicar en sistema la tabla quirúrgica programada a los actores del proceso.

En la Figura 6-7 se muestra el diagrama de escenarios de la segunda parte de Consolidación de pacientes, realizada por el jefe de Pabellón.

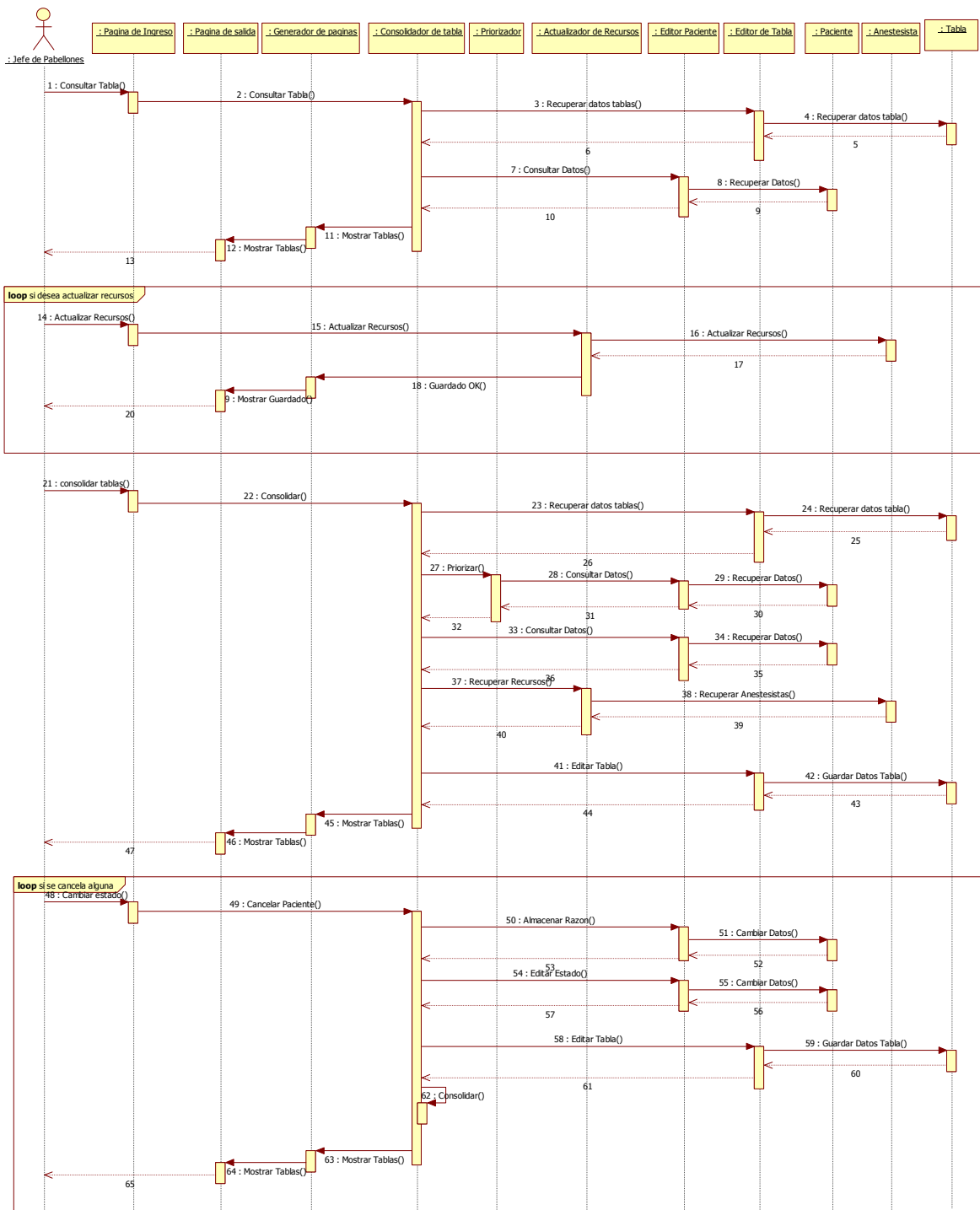


Figura 6-7: Diagrama de Secuencia de Consolidar Tabla

En la Figura 6-8 muestra el diagrama de clases con las clases correspondientes a Consolidar Tablas.

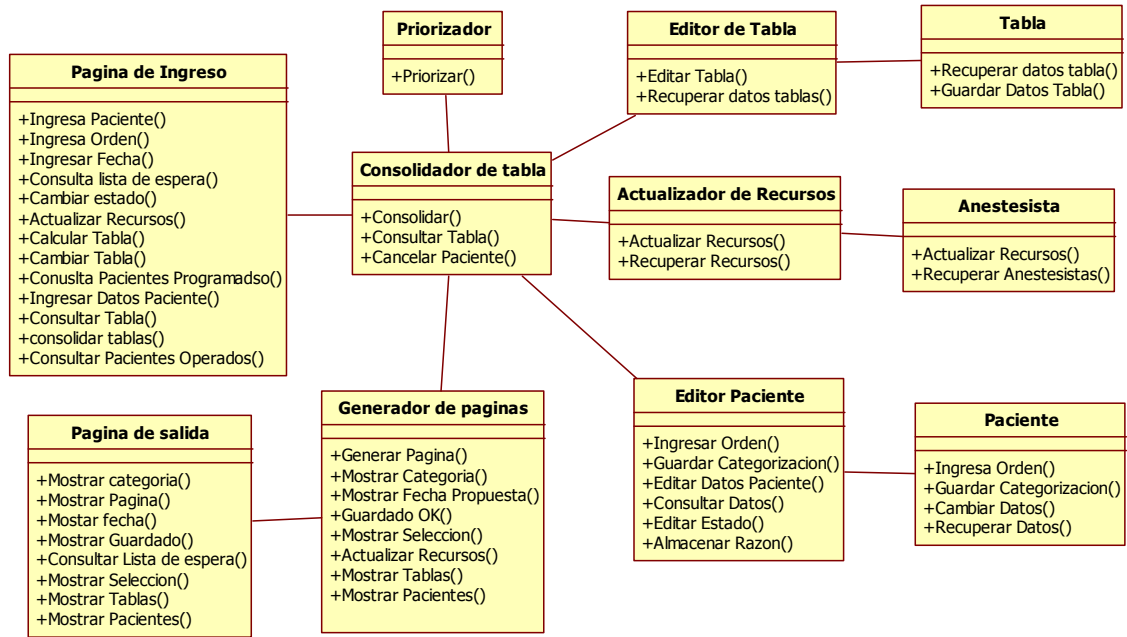


Figura 6-8: Diagrama de Clases de Consolidar Tabla

### 6.3.4 Edición de tabla

Se inicia cuando el jefe de pabellones consulta la tabla quirúrgica y el sistema muestra la última versión de la misma.

En caso que exista alguna cancelación de algún paciente, el primer paso es ingresar la razón por la cual se canceló dicho paciente. Dependiendo de cuál sea la razón el sistema tomará diferentes acciones determinadas por la lógica de edición de tablas. Como consecuencia, el sistema presentará una lista de pacientes sobre los cuales el jefe de pabellón podrá elegir. El jefe de pabellones puede revisar la tabla quirúrgica y no realizar ninguna modificación, en cuyo caso se almacena esta confirmación.

El diagrama de realización de editar de tabla, realizado por el jefe de Pabellón se presenta en la Figura 6-9.

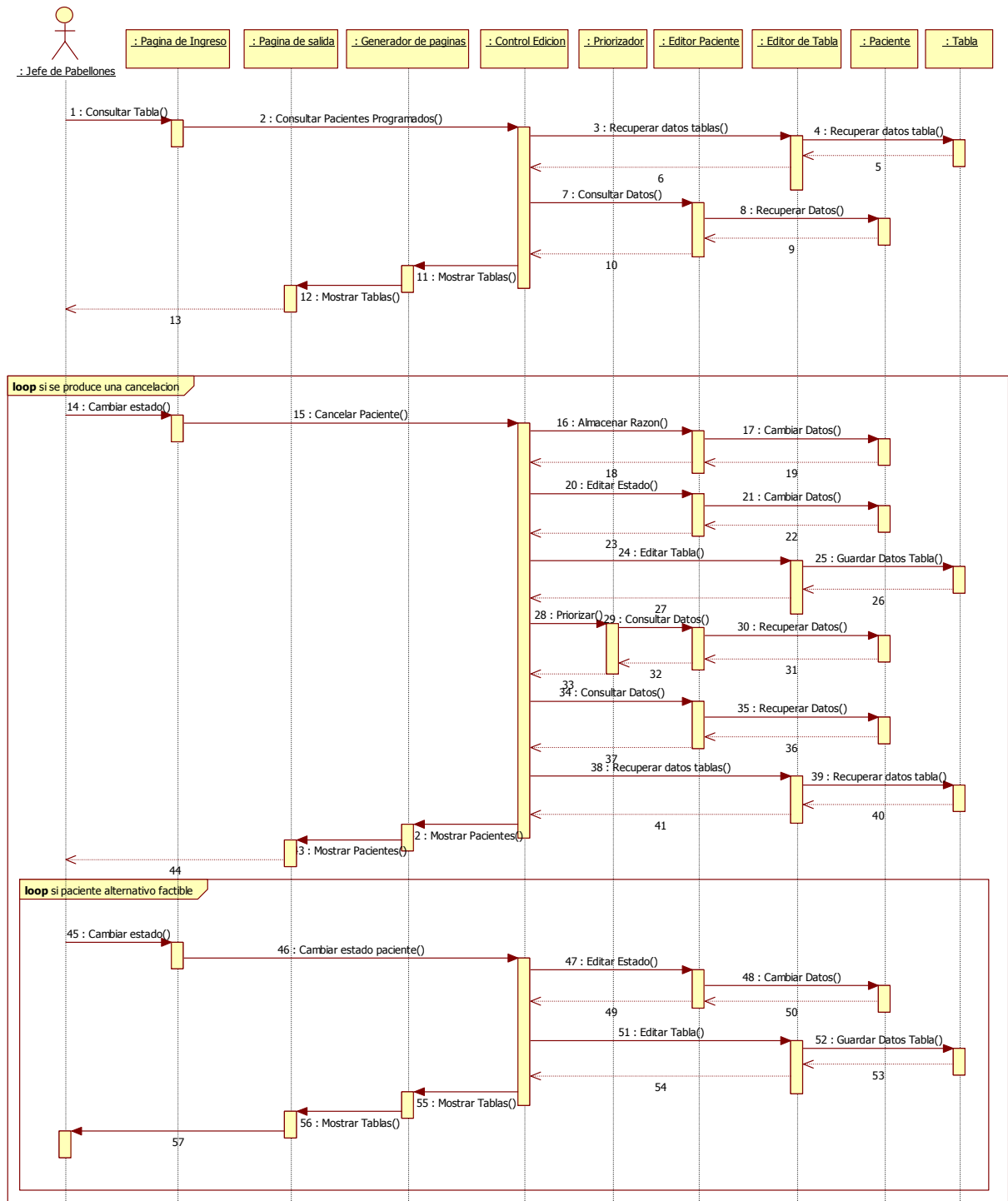
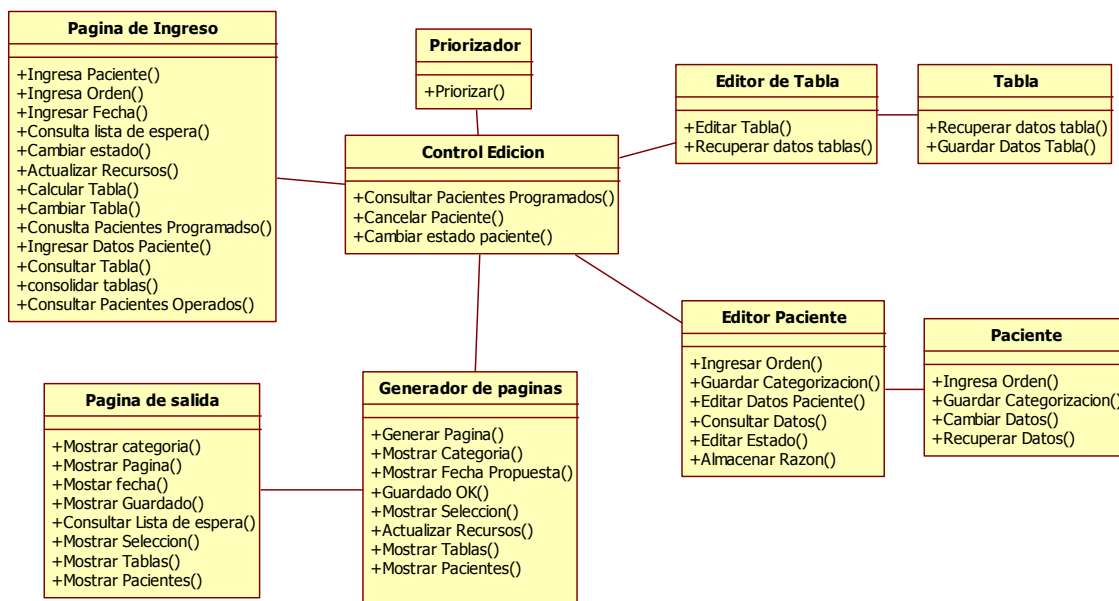


Figura 6-9: Diagrama de Secuencia de Edición de tabla

En la Figura 6-10 se muestra el diagrama de clases con las clases correspondientes a Edición de Tabla.



**Figura 6-10: Diagrama de Clases de Edición de tabla**

## 6.4 Diagrama de Clases

El diagrama de clases consolidado se presenta en la Figura 6-11.

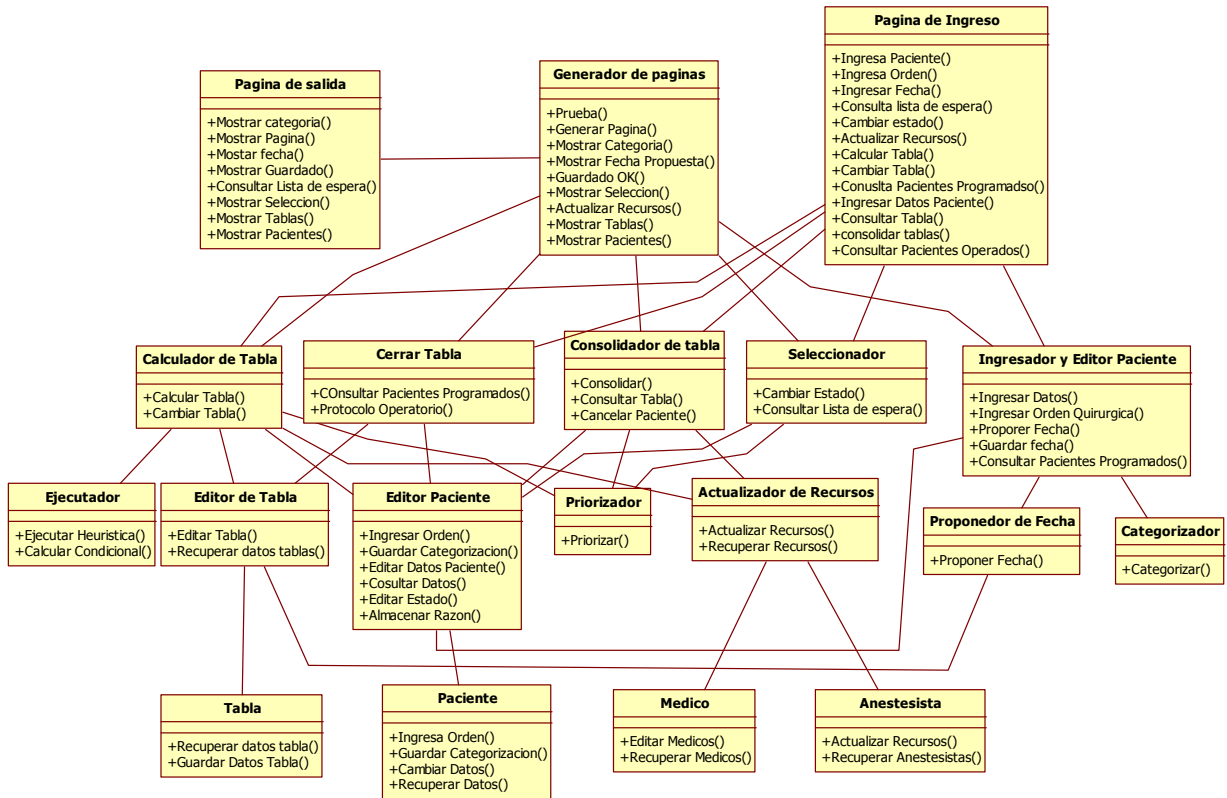


Figura 6-11: Diagrama de Clases Consolidado

## **Capítulo 7**

# **Implementación Orgánica de los Procesos**

En este capítulo se especifican aspectos técnicos relacionados con la implementación de este proyecto. Aquí, también se presenta el plan piloto del proyecto en conjunto con los resultados obtenidos de esta experiencia.

### **7.1 Aspectos Técnicos**

Para la implementación de este proyecto, se recomienda la utilización de ejecución de procesos apoyados por servicios web que contengan las lógicas complejas. Sin embargo, esta implementación requiere de una serie de etapas que se deben cumplir para poder ser implementadas.

### ***7.1.1 Etapas de la Implementación***

La implementación del proyecto en un hospital público requiere considerar una gran cantidad de etapas que deben ser en muchos casos cumplidas de manera secuencial. A continuación se presenta una descripción de cada una de las etapas que se deben cumplir junto con el responsable del hospital y las etapas que la preceden.

#### **7.1.1.1 Establecer Criterios de Priorización de Pacientes**

**Responsable:** Jefe de Especialidad

**Etapas Previas:** No

**Descripción:** En esta etapa se fijan cuáles son los criterios con los cuales se priorizará a los pacientes que se encuentran en una lista de espera para cirugía electiva. Es importante considerar que aquí se debe establecer cuáles son los datos específicos que se requiere de cada paciente para lograr determinar la posición relativa en la lista de pacientes existentes.

#### **7.1.1.2 Determinar listado de intervenciones-diagnósticos**

**Responsable:** Jefe de Especialidad

**Etapas Previas:** No

**Descripción:** En esta etapa se especifican (por especialidad) los diagnósticos que representan un porcentaje importante de los diagnósticos de esa especialidad. Junto con esto se especifican cuáles son las intervenciones quirúrgicas asociadas a cada diagnóstico.

#### **7.1.1.3 Categorizar diagnósticos**

**Responsable:** Jefe de Especialidad

**Etapas Previas:** Determinar listado de intervenciones-diagnósticos

**Descripción:** En esta etapa se deben categorizar los diagnósticos médicos definidos en la etapa de determinar listado de intervenciones-diagnósticos. En este caso, se utilizó una metodología en la cual se categorizan los diagnósticos de los pacientes y esta categoría puede ser modificada para cada paciente dependiendo de agravantes biomédicos específicos.



#### **7.1.1.4 Determinar agravantes asociados a diagnósticos**

**Responsable:** Jefe de Especialidad

**Etapas Previas:** Categorizar diagnósticos

**Descripción:** Una vez definidos las categorías de cada diagnóstico se deben determinar los agravantes que pueden tener cada diagnóstico y la forma en la cual la presencia de éstos modifica la categoría para determinado paciente.

#### **7.1.1.5 Priorización de Pacientes**

**Responsable:** Jefe de Especialidad

**Etapas Previas:** Categorizar diagnósticos y Determinar Agravantes asociados a diagnósticos

**Descripción:** Ésta es una etapa relativamente mecánica en la cual se determina la prioridad de la lista de espera actual por medio de la especificación del diagnóstico y los agravantes de cada paciente que determinan la categoría. Dependiendo de los criterios de priorización, esta categoría puede afectar la prioridad del paciente. Para este caso ésta, es combinada con el tiempo de espera de dicho paciente para determinar la posición del paciente en la lista de espera quirúrgica.

#### **7.1.1.6 Formalización de la Solicitud quirúrgica**

**Responsable:** Jefe de Especialidad

**Etapas Previas:** Establecer Criterios de Priorización de Pacientes, Determinar listado de intervenciones-diagnósticos y Determinar agravantes asociados a diagnósticos.

**Descripción:** La solicitud de pabellón contiene información que puede variar entre una especialidad y otra (y entre un hospital y otro). En esta formalización se definen los campos que deben ser contemplados en una solicitud y cuáles de éstos deben ser de carácter obligatorio. En este caso se considera que los campos donde se especifican los diagnósticos, intervención quirúrgica propuesta, agravantes y fecha de diagnóstico son de carácter obligatorios para cada paciente.

#### **7.1.1.7 Migración o Captura de datos de Pacientes**

**Responsable:** Encargado de Informática del Hospital

**Etapas Previas:** Formalización de la Solicitud quirúrgica y Priorización de Pacientes

**Descripción:** Aquí, se capturan los datos de los pacientes existentes actualmente en el hospital. Dependiendo de la existencia previa o no de una base de datos formal que contiene datos de los pacientes, se debe establecer con qué base de datos se trabajará. En caso que exista una base de datos, ésta debe ser limpiada y consolidada para evitar problemas en las etapas posteriores. Como ocurre en muchos hospitales, esta base de datos no puede ser modificada (ya que en muchos casos es utilizada para otros propósitos en el hospital) lo que se propone es utilizar esta base de datos y replicarla en una base datos (que puede estar en el mismo servidor que el sistema web) y en ésta hacer las correcciones pertinentes. En esta base de datos se deben agregar los datos faltantes en la base de datos anterior y que fueron definidos en la Formalización de la Solicitud quirúrgica.

#### **7.1.1.8 Determinar horarios de anesthesiólogos y médicos**

**Responsable:** Jefe de Especialidad y Jefe de Pabellón

**Etapas Previas:** No

**Descripción:** En esta etapa se formalizan los horarios médicos y de los anestesistas en los cuales habitualmente se encuentran disponibles para realizar intervenciones quirúrgicas. Esta información se especifica para establecer los horarios por defecto para que, en una implementación real, sólo se ingresen las modificaciones específicas de determinado horizonte de planificación.

#### **7.1.1.9 Determinar programación Semanal de Pabellones**

**Responsable:** Jefe de Pabellón

**Etapas Previas:** No

**Descripción:** En esta etapa se especifica la asignación de pabellones y bloques horarios a especialidades. En algunos hospitales esta información es histórica, por lo cual esta etapa puede ser bastante corta. En otros casos, esta información puede ser difícil de formalizar en la forma en la cual es útil para el modelo. Esta etapa puede ser apoyada por modelos

enfocados en manejar la gestión de capacidad y que se basan en análisis de la demanda y el comportamiento de los pabellones y sus características que permiten optimizar la asignación de los pabellones.

#### **7.1.1.10 Establecer tiempos de duración de intervenciones, *Set-Ups* y *Clean-Ups*.**

**Responsable:** Jefe de Especialidad

**Etapas Previas:** Determinar listado de intervenciones-diagnósticos

**Descripción:** Los tiempos definidos para cada intervención quirúrgica pretende ser presentados como propuesta al médico que ingresa la orden quirúrgica. Es decir este dato puede ser modificado para cada paciente (ya que el tiempo quirúrgico puede depender de las características del paciente). Los tiempos de *Set-Up* y *Clean-Up* (tiempos de preparación y de limpieza respectivamente) pueden variar entre una intervención y otra. Específicamente esto se debe a las características de la intervención. Algunas perspectivas modifican los tiempos de *Set-Up* dependiendo de la intervención anterior. En este caso, este se considera constante, ya que la política del hospital es que los pabellones queden al finalizar la intervención al igual que como se recibieron.

#### **7.1.1.11 Determinar qué médico puede operar qué intervención**

**Responsable:** Jefe de Especialidad

**Etapas Previas:** Determinar listado de intervenciones-diagnósticos

**Descripción:** En esta etapa se detalla específicamente qué intervención quirúrgica puede hacer cada médico. Esta lista debe ser acordada con los jefes de cada especialidad, porque si bien, es posible que un médico sepa hacer determinada intervención, exista otro médico que sea especialista en esa clase de intervenciones. En este caso, se debe llegar a un acuerdo entre los médicos para que el modelo asigne no sólo por factibilidad, sino respetando criterios de eficiencia y calidad.

#### **7.1.1.12 Determinar qué perfiles se requieren para operar qué intervención**

**Responsable:** Jefe de Especialidad

**Etapas Previas:** Determinar listado de intervenciones-diagnósticos

**Descripción:** En esta etapa se detalla el grupo de perfiles mínimos requeridos para realizar determinada intervención. Los perfiles definidos pueden tener un carácter ordenado, en cuyo caso, la asignación será de mayor o igual al perfil especificado para determinada intervención. Por ejemplo, una intervención puede ser realizada por un médico *staff* y un becado, esta intervención también puede ser realizada por 2 médicos *staff*. En cuyo caso, el perfil del médico *staff* es superior al del becado.

#### **7.1.1.13 Determinar qué Intervención se puede hacer en cada Pabellón**

**Responsable:** Jefe de Pabellón

**Etapas Previas:** Determinar listado de intervenciones-diagnósticos

**Descripción:** En esta etapa se detalla específicamente qué intervención quirúrgica puede ser realizada en cada pabellón. Si bien se intenta que todos los pabellones puedan alojar toda clase de intervenciones, en la realidad es que por las características físicas o de implementación los pabellones pueden recibir distintas clases de intervenciones.

#### **7.1.1.14 Unificar información de Pacientes**

**Responsable:** Jefe de Especialidad

**Etapas Previas:** Determinar listado de intervenciones-diagnósticos, Formalización de la Solicitud quirúrgica y Migración o Captura de datos de Pacientes

**Descripción:** Dada la información disponible de los pacientes actuales en la lista de espera y la definición de la información que debe tenerse para la solicitud quirúrgica se debe completar los campos faltantes para cada paciente. Es muy importante que tanto el diagnóstico como la intervención de cada paciente queden especificados como uno de los que fueron definidos en el listado de intervenciones-diagnósticos.

#### **7.1.1.15 Pruebas y ajustes al sistema de programación de pabellones**

**Responsable:** Jefe de Especialidad y jefe de pabellón

**Etapas Previas:** Unificar información de Pacientes

**Descripción:** Con la unificación de la información de pacientes ya se puede comenzar a realizar pruebas piloto del sistema, las cuales permitan evaluar el desempeño y corregir

algunas observaciones que surjan por parte del personal encargado. Como la programación de pabellones es semanal, las pruebas pueden realizarse durante algunos periodos, pero se deben considerar los pacientes nuevos que ingresan a la lista de espera y los que salen de ésta entre una semana y otra. Las características de la implementación del plan piloto de esta tesis serán mostradas en la siguiente sección.

#### **7.1.1.16 Capacitación de Ingreso de Pacientes**

**Responsable:** Médicos de las especialidades

**Etapas Previas:** Pruebas y ajustes al sistema de programación de pabellones

**Descripción:** Para que la implementación sea de carácter rutinario, se debe considerar que en el diseño de este sistema son los médicos los encargados de ingresar los pacientes a la lista de espera quirúrgica. En este sentido, es de gran importancia para el proyecto lograr que los médicos sean capaces, de manera independiente, de ingresar las órdenes correctamente.

#### **7.1.1.17 Capacitación de Programar Pabellones**

**Responsable:** Jefe de Especialidad, Jefe de pabellón y Enfermera de pabellón

**Etapas Previas:** Pruebas y ajustes al sistema de programación de pabellones

**Descripción:** Al igual que la etapa anterior, para lograr que la implementación tenga un carácter rutinario, se debe considerar una capacitación que permita a los encargados del proceso manejar de forma correcta el sistema desarrollado y explorar las capacidades del mismo.

## **7.2 Plan Piloto**

La implementación de este proyecto se llevó a cabo por medio de un plan piloto en el cual se probó el sistema desarrollado por medio del rediseño de procesos. En esta sección se detalla cómo se llevó a cabo esta implementación y los resultados de la misma.

### ***7.2.1 Levantamiento de Información***

Una de las tareas más difíciles en la implementación de este proyecto es el levantamiento de información requerida para la programación de pabellones. Las dificultades en estas etapas son descritas en la sección de aspectos de manejo del cambio. En esta sección también se describe la forma en la cual se solucionaron dichas dificultades.

El levantamiento de la información requiere que se cumplan con las siguientes etapas:

1. Establecer Criterios de Priorización de Pacientes
2. Determinar listado de intervenciones-diagnósticos
3. Categorizar diagnósticos
4. Determinar agravantes asociados a diagnósticos
5. Priorización de Pacientes
6. Formalización de la Solicitud quirúrgica
7. Migración o Captura de datos de Pacientes
8. Determinar horarios de anestesiólogos y médicos
9. Determinar programación Semanal de Pabellones
10. Establecer tiempos de Duración de intervenciones, Set-Ups y Clean-Ups.
11. Determinar qué perfiles se requieren para operar qué intervención
12. Determinar qué médico puede operar qué intervención
13. Qué Intervención se puede hacer en cada Pabellón
14. Unificar información de Pacientes

Estas etapas fueron descritas en la sección 7.1.1 y la descripción de la información requerida se encuentra en la sección 5.4.3.

## ***7.2.2 Implementación del Plan Piloto***

Para la implementación del plan piloto, la metodología elegida fue la ejecución de procesos a partir de modelos BPMN. Esta elección se basa en las propiedades que caracterizan desarrollos de este tipo. En especial, destaca la velocidad de desarrollo y el bajo costo, especialmente cuando los procesos han sido rediseñados.

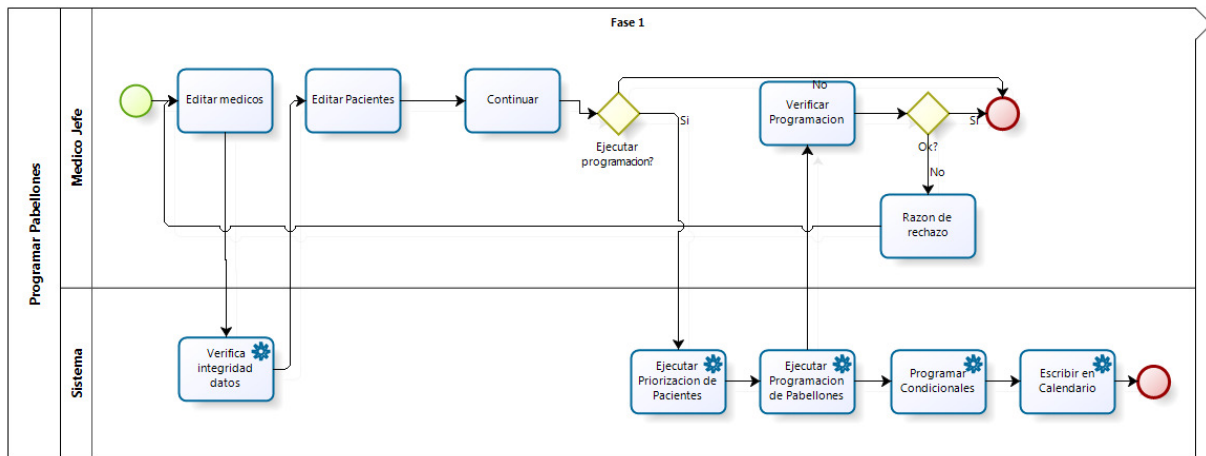
Actualmente, una de las limitaciones de los Software que permiten el modelamiento y ejecución de procesos es la capacidad limitada para integrar lógicas complejas en sus procesos. Una solución a esta problemática es utilizar Servicios Web. La ventaja de incluir estos componentes a la hora de desarrollar una solución tecnológica de inicio a fin, radica principalmente en utilizar tecnologías con un alto nivel de productividad y poder manejar lenguajes de programación especializados.

### **7.2.2.1 Ejecución de Procesos**

Para la ejecución de procesos del plan piloto se utilizó el *Process Engine* de Bizagi. Para implementar una solución de este tipo se debe utilizar el modelador de procesos para modelar el proceso rediseñado y la BPM Suite para ejecutar dicho proceso. Existe una versión de Bizagi gratuita cuya limitante es el número de conexiones simultáneas que soporta (menos de 100), ésta es la *Xpress Edition*. Esta versión incluye un modelador de procesos y de bases de datos, pero sólo permite conexión con bases de datos SQL Server. Además, esta versión incluye herramientas que permiten la configuración de formularios asociados a los procesos y que se conectan de manera directa con el modelo de datos desarrollado.

Una consideración que es muy relevante en esta ejecución es que los procesos hasta ahora presentados son de carácter descriptivo. Es decir, consideran actividades humanas. La perspectiva correcta en ejecución de procesos es llevar estos procesos a un nivel operativo transformando éstos en modelos operacionales.

El proceso que se ejecutó es el descrito en la sección 5.3.2.1.1 donde se realiza la programación de pabellones. Desde el punto de vista de la ejecución, este modelo puede ser transformado en uno más operacional. Éste se muestra en la Figura 7-1.



**Figura 7-1: Modelo Operacional**

Aquí, es posible observar que este modelo es una versión simplificada del modelo descrito en la arquitectura, pero considera las partes fundamentales del rediseño. También, es posible observar que existen en la pista de sistemas ejecuciones de la priorización de pacientes y de la programación de pabellones. En este caso, las actividades relacionadas con el manejo de camas no fueron modeladas para efectos del plan piloto, por lo cual no aparecen en el modelo operacional.

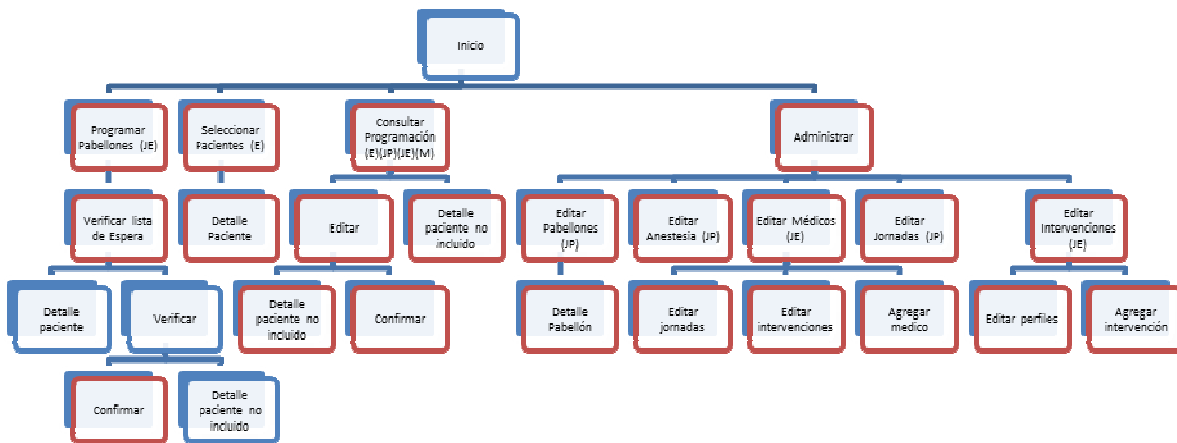
Una consideración importante en este proceso es que la lógica de negocios es ejecutada en paralelo al proceso de verificación de la programación. Esto, permite reducir el tiempo de ejecución desde el punto de vista del usuario. Los resultados de los pacientes condicionales serán desplegados mientras el usuario verifica la tabla de los programados. El despliegue de esta información no dificulta la verificación de los pacientes programados debido principalmente a que la interfaz fue diseñada de esta manera.



### 7.2.2.2 Interfaz

Una vez que el modelo fue adaptado para hacerlo operacional, el paso siguiente es configurar los formularios que permitirán el ingreso de datos en los procesos que se pretende ejecutar. Este proyecto requiere de una interfaz más sofisticada a la que es posible construir con el desarrollador de formularios de Bizagi. Esto es debido principalmente a que los calendarios deben ser presentados de manera que sea simple, pero clara.

Para la implementación del plan piloto se desarrolló una interfaz web utilizando *JavaServer Pages*. Esta interfaz fue sincronizada con el motor de ejecución por medio de los servicios web que despliega Bizagi en su ejecución. La interfaz está compuesta por una serie de páginas que permiten al usuario interactuar con las funcionalidades básicas y necesarias para programar pabellones. En la Figura 7-2 se presenta el mapa de navegación del sitio desarrollado.



**Figura 7-2: Mapa del Sitio**

Para mostrar la programación de pabellones se utilizó Google Calendar. Es decir la programación de pabellones se insertó en una cuenta Google como una serie de eventos con las características de las intervenciones que fueron programadas por la heurística. Para el despliegue de la programación también se utilizó Google Calendar insertada en la página web.

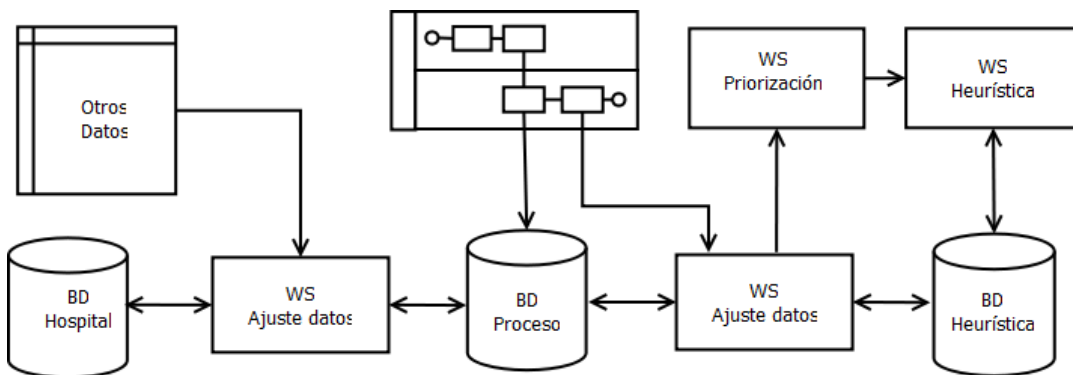
Las ventajas de la utilización de Google Calendar son variadas y muy poderosas. La principal ventaja es que se pueden usar las capacidades de edición de eventos que presenta Google Calendar. Por otro lado, la interfaz que posee Google Calendar es de fácil interpretación, pero muy completa. Finalmente, la utilización de Google Calendar permite compartir la programación con otros usuarios que utilicen cuentas Google e incluso presentar la programación en sus Smartphones.

### 7.2.2.3 Servicios Web

Las lógicas de negocios, que son posibles modelar en la BPM Suite de Bizagi son limitadas en la complejidad. Esto hace que se requiera que las ejecuciones de estas lógicas de negocios se transformen en llamados a servicios web.

Un servicio web es un conjunto de protocolos y estándares que sirven para intercambiar datos entre aplicaciones mediante internet. Estos servicios brindan el medio adecuado para la interoperabilidad de aplicaciones en plataformas heterogéneas.

Para este caso se utilizaron 4 Servicios Web para poder lograr la ejecución del proceso rediseñado. Un esquema donde aparecen las relaciones entre los servicios web mencionados y las bases de datos se presenta en la Figura 7-3.



**Figura 7-3: Esquema de Servicios Web**

Los servicios web que contienen las lógicas complejas son activados mediante los procesos en ejecución. Estos servicios son construidos en Java, lo que les permite poder importar librerías complejas e incluir algoritmos sofisticados (como en el caso de la programación de pabellones).

#### **7.2.2.3.1 Primer ajuste de datos**

Lo primero que se debe considerar es que los datos de los pacientes son extraídos de la base de datos del hospital, que no es la misma que la base de datos del proceso. Por lo tanto se deben cargar estos datos cada vez que se cree un nuevo caso en el proceso.

Por otro lado, los datos de los recursos debe ser cargados de otra base de datos, ya que la base de datos del hospital no cuenta necesariamente con esta información. Y esta información puede ser editada en el proceso.

#### **7.2.2.3.2 Segundo ajuste de datos**

Es importante considerar que desde el punto de vista de la implementación de una solución algorítmica, la cantidad de datos que maneje el algoritmo perjudicará el desempeño del mismo, por lo que los datos utilizados y cargados por dicho algoritmo serán únicamente los suficientes para ejecutar la heurística. Sin embargo, desde el punto de vista del proceso, el volumen de datos dependerá de las características del negocio. En este sentido, la información que maneja el algoritmo es sólo una fracción de la información requerida por todos los procesos.

Esto motiva la aparición de otro servicio web que sirve de interlocutor entre las bases de datos del algoritmo y las que manejan el proceso. La existencia de este servicio permitiría una migración de un sistema de base de datos a otro, sin perjudicar el funcionamiento del algoritmo y viceversa.

### **7.2.2.3.3 Priorización de pacientes**

En este Servicio Web se encuentra la lógica de priorización de pacientes que fue presentada en la sección 5.4.1.1. Esta lógica interactúa con la base de datos y se encarga de entregar el índice que representa la prioridad de cada paciente para que sea utilizada por la heurística. Este servicio puede ser utilizado en otras partes del proceso, por lo que es muy conveniente separarlo de la heurística, ya que, como ejemplo, cada vez que se consulten los datos de los pacientes se deberán recalculan las prioridades.

### **7.2.2.3.4 Heurística**

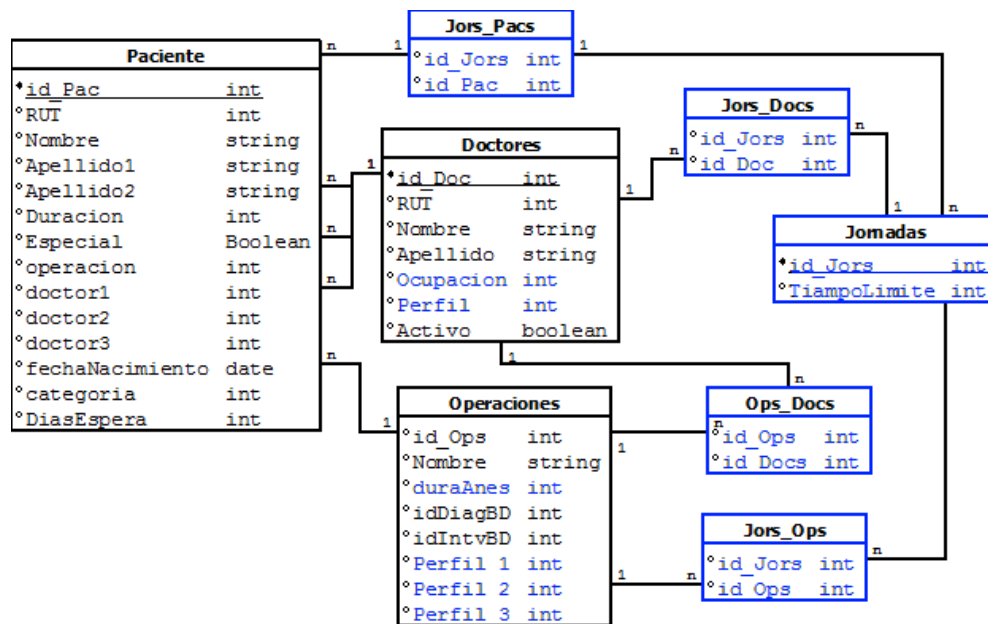
En este Servicio Web se encuentra la lógica que permite calcular las tablas quirúrgicas y que fue presentada en la sección 5.4.1.2. Es muy importante señalar que en este servicio web se crean registros de programación cada vez que es ejecutada, esto es para permitir que se utilice rutinariamente y que permita poder recalculan en caso que el resultado no sea adecuado. Este registro es guardado en base de datos para poder ser leído por *Process Engine*.

Como se presentó en la sección 5.4.1.3, el cálculo de los pacientes condicionales utiliza este servicio web previo a la modificación de algunos datos como la duración de las jornadas disponibles y los pacientes que pueden ser programados condicionales (que no son programados y que pueden ser programados condicionales). Desde el punto de vista del desarrollo de la aplicación, la incorporación de esta lógica resulto muy sencilla tanto en el desarrollo como en la ejecución de la misma.

### 7.2.2.4 Bases de Datos

Como se mencionó anteriormente, existen dos perspectivas que generan dos estructuras de datos que deben poder ser comunicadas para el correcto desempeño del sistema.

Por un lado, está la estructura de datos que requiere la heurística, la cual contiene únicamente la información necesaria para poder programar pabellones en una determinada semana. Esta estructura se muestra en la Figura 7-4.



**Figura 7-4: Estructura de datos de la Heurística**

En esta estructura de datos se presenta el mínimo de datos requeridos para la ejecución de la heurística que es capaz de construir tablas quirúrgicas semanales. Destaca la presencia de tablas intermedias que representan factibilidades y jornadas en las que están disponibles médicos y pacientes. La información aquí representada contiene información que no proviene de la base de datos del hospital. Estos datos se marcaron en otro color en la Figura 7-4.

Por otro lado, está la estructura de datos que posee el hospital y que contiene la información necesaria para ejecutar correctamente todos los procesos diseñados. Ésta se muestra en la Figura 7-5.

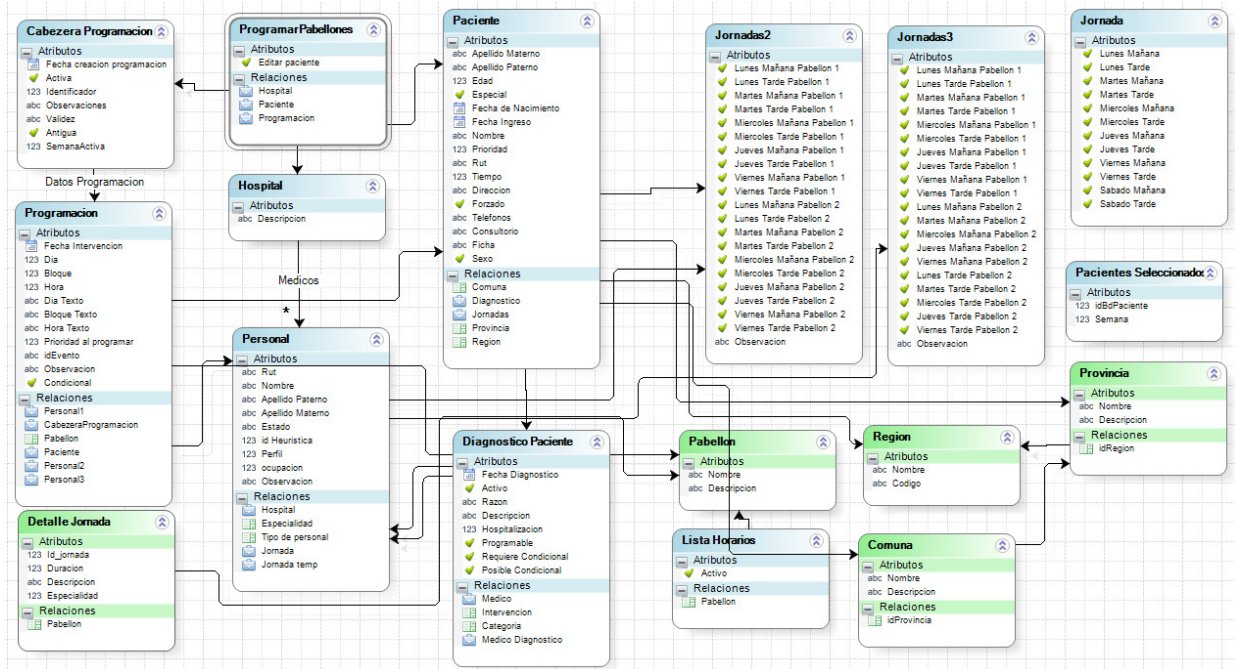


Figura 7-5: Estructura de datos del proceso

Aquí, es posible observar que los datos requeridos por la heurística son un subconjunto de los datos que pueden ser almacenados en la estructura de datos del hospital. Ambas estructuras pueden convivir por medio de un servicio web que maneja la conversión de datos y que es accedido en el proceso.

### 7.2.3 Resultados del Plan Piloto

La programación de pabellones fue realizada rutinariamente durante un periodo de prueba en el hospital Exequiel González Cortés en la especialidad de Urología. Para esto se trabajó con el jefe y la enfermera de esta especialidad. En este piloto se utilizó la lista de espera priorizada real de esta especialidad, realizándose 3 programaciones con una semana como horizonte de planificación.

#### 7.2.3.1 Sobre la implementación del piloto

En la Figura 7-6 se presenta el ejemplo de un resultado obtenido en la programación realizada para la semana del 4 al 8 de Junio de 2012.

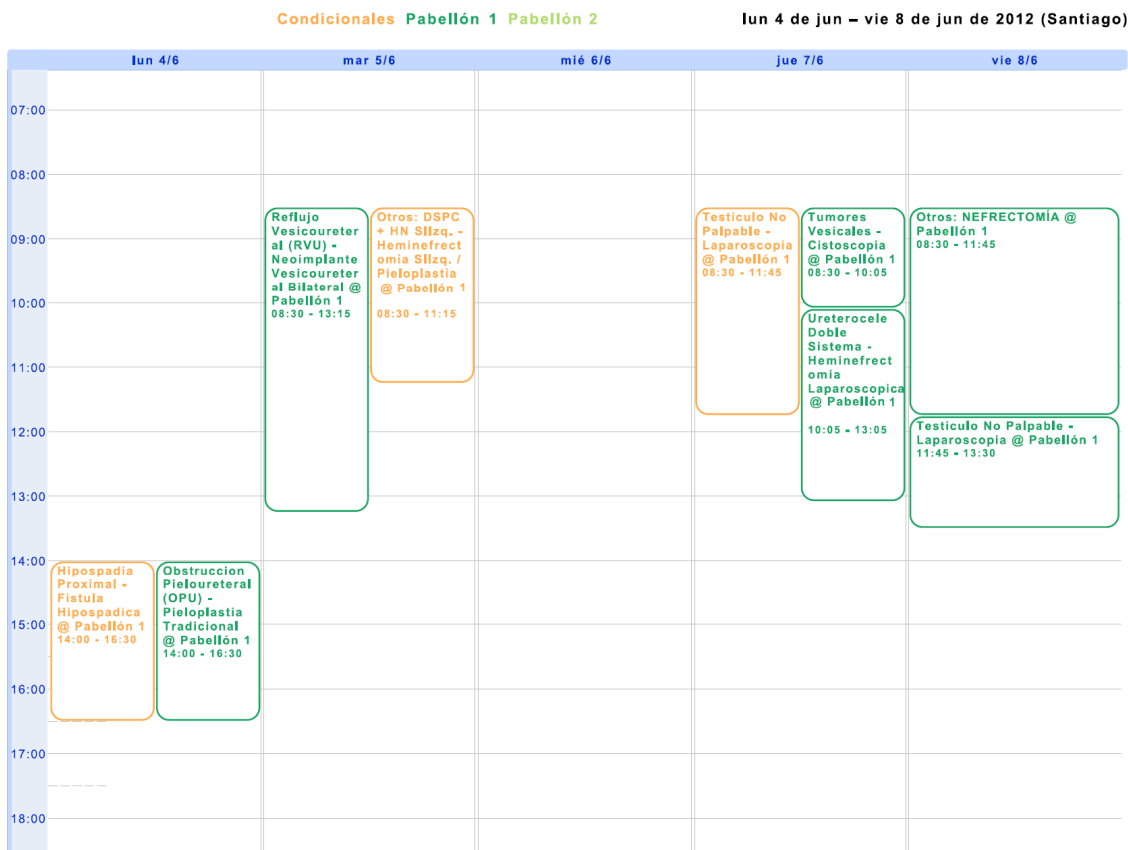


Figura 7-6: Ejemplo resultado Plan Piloto

La asignación y la calendarización fueron verificadas y aprobadas por los médicos como programaciones factibles de ser realizadas. Esto muestra que las consideraciones incorporadas al modelo representan la forma de tomar decisiones de asignación y calendarización, pero presentan la ventaja que la combinatoria de soluciones factibles es analizada por un computador, explorando mejores soluciones que las que puede analizar una persona.

### 7.2.3.2 Resultados del plan piloto

En la Tabla 7-1 se muestra el resultado obtenido en las 3 semanas que duró la implementación del plan piloto.

	<b>Tiempo Total Disponible [min]</b>	<b>Tiempo Programado [min]</b>	<b>Porcentaje de utilización</b>
<b>Semana 1</b>	1120	1010	<b>90,2%</b>
<b>Semana 2</b>	1120	1045	<b>93,3%</b>
<b>Semana 3</b>	810	770	<b>95,1%</b>
<b>Promedio</b>			<b>92,8%</b>

**Tabla 7-1: Resultados Plan Piloto**

Esta tabla muestra un importante resultado obtenido en escenarios reales, con pacientes en lista de espera quirúrgica. Estas programaciones fueron verificadas por los médicos que habitualmente realizan las programaciones quirúrgicas.

### 7.2.3.3 Sobre el aumento de la productividad

Determinar el aumento real de la utilización escapa de los alcances del proyecto, debido principalmente a las condiciones actuales en las que se ejecuta la programación en la especialidad de Urología del Hospital Exequiel González Cortés. Algunas de estas condiciones



que no permiten una evaluación real del aumento de la productividad se muestran a continuación:

- Se programan pacientes que no se encuentran en la lista de espera, lo que hace imposible poder calcular qué asignación respeta de mejor manera la lista de espera.
- Se atienden pacientes de urgencia, por lo que se cancela un gran número de pacientes de los programados.
- Por falta de personal se suspenden bloques horarios completos, por lo cual se deber reprogramar pacientes alterando las asignaciones.
- Los métodos de documentación de la duración real de las intervenciones no son estandarizados, por lo cual es difícil determinar las duraciones reales de las intervenciones realizadas.

La magnitud de estas dificultades excede los alcances de este proyecto, por lo que la comparación que permite evaluar el aumento de la productividad deberá tener supuestos fuertes. Es decir, sólo se podrá comparar la utilización programada por el modelo con la utilización promedio obtenida en las mismas fechas. Ésta tomó un valor promedio de 82,6%, lo que muestra un aumento de un 10,2%. Una observación que es importante de hacer es que este porcentaje de utilización obtenido incorporó replanificaciones por producto de la incorporación de pacientes provenientes de la urgencia. Otra observación es que en la mayoría de los pacientes atendidos no se registró la prioridad al momento de programar, por lo cual es imposible establecer el respeto de la prioridad en los pacientes asignados de manera manual.

	<b>Resultados del Plan Piloto</b>	<b>Escenarios de Comparación</b>
<b>Considera reprogramaciones</b>	No	Si
<b>Duración de las Intervenciones</b>	Estimada	Real
<b>Respeto la lista de espera</b>	Si	No
<b>Porcentaje de utilización</b>	92,8%	82,6%

**Tabla 7-2: Comparativa de Escenarios**

El resultado obtenido en este plan piloto concuerda con lo presentado en el estudio de Wolff et al. (2012) [24]. En éste se utilizó un método de comparación retrospectivo y cuyos resultados generaron mejoras en la utilización de pabellón entre un 9,6% y un 15,6%. Este estudio consideró información de otro hospital pediátrico, en el cual se tuvo acceso a información detallada del funcionamiento del pabellón en el horizonte de evaluación.

	<b>Resultados del Estudio del Modelo</b>	<b>Escenarios de Comparación del Estudio</b>
<b>Considera reprogramaciones</b>	No	Si
<b>Duración de las Intervenciones</b>	Real	Real
<b>Respeto la lista de espera</b>	Si	Si
<b>Porcentaje de utilización</b>	87,1% - 93%	77,5%

**Tabla 7-3: Comparativa de Escenarios del estudio de Wolff et al. (2012)**

Si bien, este estudio permite considerar la variabilidad de los tiempos de quirúrgicos y utilizar las mismas prioridades de pacientes en una asignación y otra, no considera el efecto de las reprogramaciones. Por otro lado, este estudio supone que la prioridad de los pacientes es respetada en la asignación manual (y el modelo presentado utiliza esta prioridad), pero no es posible demostrar que los pacientes elegidos manualmente sean efectivamente los prioritarios, ya que el hospital estudiado no cuenta con criterios de priorización estandarizados, como en el caso del Hospital Exequiel González Cortés.

## **7.3 Aspectos de Manejo del Cambio**

Sin duda, la gestión del cambio asociada a la implementación del proyecto de optimización de los procesos de programación de pabellones representa un reto bastante importante y un factor clave en el impacto del mismo. A continuación se presenta un listado de algunas consideraciones relacionadas con el proceso de cambio y la estrategia seguida.

### ***7.3.1 Identificación de Cambios***

En un plan de gestión del cambio, identificar los procesos de cambio es fundamental. Primero, es importante clasificar los cambios del proyecto. Éstos pueden ser clasificados en cambios de primer y segundo orden. Los cambios de primer orden no requieren de cambios en las personas. Los cambios de segundo orden, que son los relevantes para incluir en este análisis, son los que requieren cambios transformacionales.

A continuación se muestran los cambios de segundo orden del proyecto:

- Los médicos deben ingresar un diagnóstico a un PC.
- Toda la información necesaria para la programación deberá ser ingresada en el momento del diagnóstico.
- El jefe de pabellón recibirá una propuesta de programación.
- La programación de pabellón pasará de ser de un día a una semana.

### ***7.3.2 Factores críticos de éxito/fracaso***

A continuación se enumeran algunos de los factores críticos en el éxito o fracaso del proyecto.

### **7.3.2.1 Variabilidad propia del rubro de la salud**

Un punto importante es el que refiere a la variabilidad de los pacientes, en muchos casos esta variabilidad se traduce en dificultad para aplicar métodos de gestión efectivos y dificultad para prever situaciones particulares.

### **7.3.2.2 Sistemas Computacionales**

Los equipos computacionales para la implementación y manejo de datos son claves a la hora de diseñar el proyecto. Otros sistemas de información como bases de datos y canales de comunicación deben ser utilizados por el proyecto y corresponden a una parte fundamental del mismo. En el caso de los hospitales, existe cierta dificultad de conseguir presupuesto para este ítem. Sin embargo, otros proyectos pueden aportar

### **7.3.2.3 Médicos**

Desde todas las perspectivas del proyecto es muy importante trabajar en conjunto con equipos médicos que permitan la adopción de las reglas definidas y las técnicas que el proyecto presenta. Sin embargo, en muchos casos existe poco interés de los médicos mayores por incluir procesos computacionales en el flujo de pacientes. En algunos casos, esto se debe a que no se espera una mejora en la gestión por el uso de tecnologías de información.

Por otro lado, existe un bajo compromiso por parte de algunos médicos con desarrollar herramientas que permitan mejorar procesos de gestión de recursos. Esto se observa por la prioridad que dan a procesos de control de gestión.

### **7.3.2.4 Enfermera y Personal Administrativo**

Las enfermeras y personal administrativo del hospital tienen una evidente sobrecarga de trabajo, debido a la gran cantidad de tareas que tienen asignadas. Muchas de las actividades

de las enfermeras y personal administrativo del hospital están muy orientadas a atender la contingencia. Sin embargo, es sabido que las enfermeras y personal administrativo del hospital están muy comprometidos con lo que hacen y eso es muy relevante a la hora de administrar procesos de cambio.

#### **7.3.2.5 Estructura Organizacional**

Un punto importante y que puede afectar la implementación es que las decisiones tomadas en la dirección no siempre llegan a niveles operativos. Esto probablemente se debe a que existen “*Feudos*” al interior de los hospitales. Es decir, existen áreas en los hospitales en los cuales se tiene absoluta autonomía y las decisiones que afectan a esta área sólo se toman al interior de ésta.

#### **7.3.2.6 Experiencias anteriores**

En algunos hospitales se han intentado implementar algunos sistemas ERP y sistemas de control de pacientes. Pese a las importantes inversiones y esfuerzos de cambio, los sistemas instalados no cumplen con las expectativas. En algunos casos las empresas no han sido capaces de obtener resultados satisfactorios. Este punto es importante para ser considerado en una posible implementación.

### ***7.3.3 Lo que debe ser conservado***

Una cuestión que es de vital importancia para el proyecto, es establecer algunas cosas que se van a conservar con o sin proyecto. En este sentido, para que los procesos de cambio sean aceptados se deben establecer muy claramente y con el compromiso de todas las partes involucradas.

Un tema que es muy importante en este proyecto es hacer saber a la gente que participa de los procesos actuales, que pese a las modificaciones propuestas, que en algunos casos simplifican actividades, ellos no van a perder su trabajo. Esto es muy relevante sobre todo en cargos administrativos de los hospitales, ya que obviamente los cargos médicos están asegurados.

El proyecto de gestión de pabellones por definición intenta modificar la forma de elegir los pacientes que se van a operar y los pacientes que deben seguir esperando. En este sentido, pretende que la decisión sea basada en un cálculo realizado por un computador. Si bien, el sistema considera que la decisión final estará, bajo cualquier circunstancia, bajo la supervisión y aprobación de un médico, esto debe ser transmitido en todo instante. La decisión final de determinar qué paciente debe ser operado debe ser conservada por los médicos, aunque pueda estar apoyada por métodos computacionales.

### **7.3.4 Regulaciones y reglamento**

El proyecto es desarrollado en el sector público por lo que se debe tener en cuenta todas esas consideraciones particulares de este sector. Algunas de estas consideraciones están presentes en el Estatuto Administrativo de Funcionarios Públicos y en la Constitución de la República de Chile.

Junto al conjunto de leyes que rigen el Sistema de Salud Chileno, a continuación se presentan algunas que destacan en este proyecto:

- **Ley de Autoridad Sanitaria que Modifica D.L. No. 2.763 (Ley 19.937)**

Esta ley apunta a crear una base legislativa para el funcionamiento de los Hospitales Autogestionados en Red. Aquí se establecen 3 puntos clave:

- Los hospitales autogestionados deben integrar una red asistencial.
- Los hospitales autogestionados deben potenciar el desarrollo institucional.
- Los hospitales autogestionados deben manejar un presupuesto autónomo

Los establecimientos que obtengan la calidad de "Establecimiento de Autogestión en Red" serán órganos funcionalmente desconcentrados del correspondiente Servicio de Salud, conforme a lo dispuesto en el artículo 33 de la ley N°18.575 y a las normas de la presente ley.

- **Ley de Régimen General de Garantías en Salud (Ley 19.966)**

Esta ley refiere a las Garantías Explícitas en Salud (GES) que indican pagos asociados a ciertas patologías que poseen procedimientos quirúrgicos como tratamiento. Estos pagos extra garantizan la cobertura de FONASA y tiempos de respuesta definidos según patología.

- **Reglamento de Metas sanitarias (Ley 19.813)**

Este reglamento presenta los Indicadores de Evaluación de Metas Sanitarias que deben cumplir los hospitales públicos autogestionados.

### 7.3.5 *Gestión de Poder*

Una estrategia ampliamente utilizada para la gestión del poder en un proceso de cambio es la construcción de mapas de poder que presentan de manera gráfica a los actores relevantes, el rol que cumplen y cuál es el tipo de poder que tienen en la organización. En la Tabla 7-4 se presenta el mapa de poder del proyecto.

Actor	Rol	Tipo de poder
<b>Directora</b>	Dirección General del Hospital	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cargo</li> <li>▪ Identidad</li> </ul>
<b>Jefe de pabellón</b>	Encargado de la coordinación de todo lo relacionado con pabellones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cargo</li> <li>▪ Conocimiento</li> </ul>
<b>Jefe de Urología</b>	Encargada de la coordinación y responsable de las actividades de la especialidad de Urología.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cargo</li> <li>▪ Conocimiento</li> </ul>
<b>Jefe De Plástica</b>	Encargada de la coordinación y responsable de las actividades de la especialidad de Plástica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cargo</li> <li>▪ Conocimiento</li> </ul>

**Tabla 7-4: Mapa de Poder del Proyecto**

Para el análisis del poder puede resultar de interés estudiar el organigrama de la institución. En la Figura 7-7 se presenta el Organigrama de la organización donde se desarrolla el proyecto.



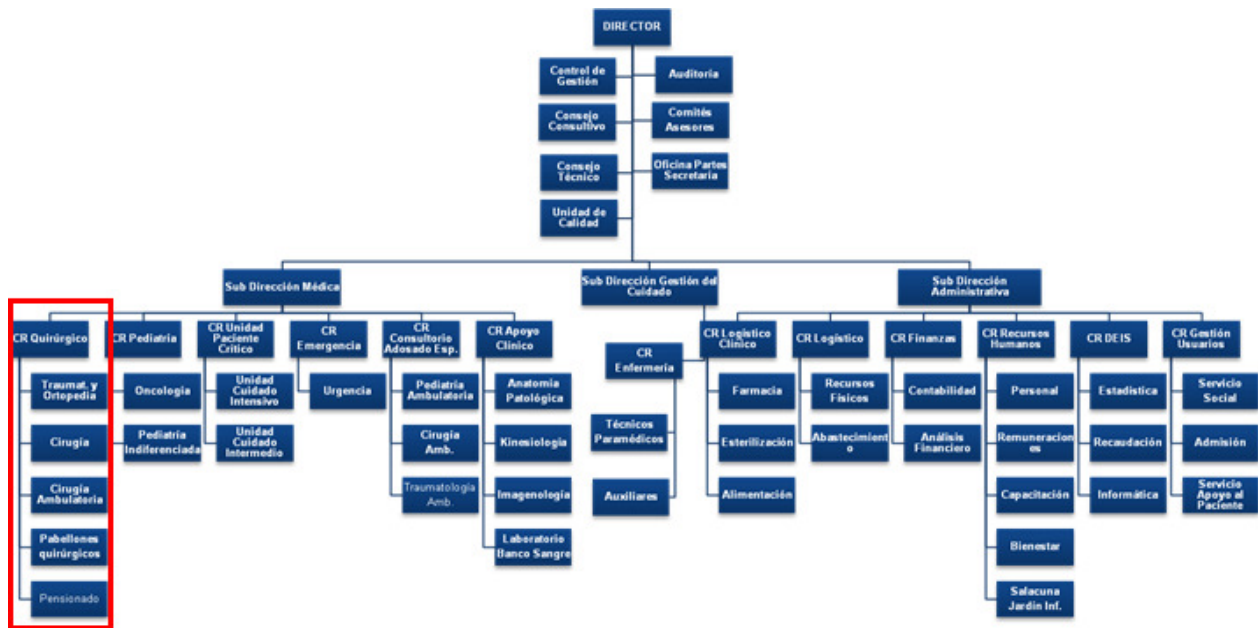


Figura 7-7: Esquema simplificado de la estructura de un hospital Público

El proyecto se centra específicamente en pabellones quirúrgicos, en este sentido, el área involucrada mayormente es el centro de responsabilidad quirúrgico a cargo de la subdirección médica. El proyecto contempla también una componente tecnológica de implementación en el hospital. En este caso existe un trabajo conjunto con el área de Informática perteneciente a la subdirección Administrativa.

### 7.3.6 Creación de Sentido y Narrativas

La creación de sentido es una actividad relacionada estrictamente con los procesos de cambio. Para dejar de manera explícita la creación de sentido, se presenta una tabla conocida como “Escuchar y Construir Ofertas” que se muestra en la Tabla 7-5.

Actor	IQP – DPD <sup>e</sup> (relevantes)	Oferta Seductora
<b>Directora del Hospital</b>	<b>I:</b> Transformar al Hospital en el mejor de Chile <b>Q:</b> Abusos de los médicos <b>P:</b> Dar la imagen de desorden <b>D:</b> “Tenemos todas las capacidades para ser los mejores” <b>P:</b> Ser muy activa y conseguir muchas cosas para el hospital <b>De:</b> La contabilidad	<b>“El sistema va a hacer que el hospital se transforme en un hospital tecnológico y pueda operar más niños y oportunamente.”</b>
<b>Jefe Pabellón</b>	<b>I:</b> Mejorar la productividad de los Pabellones <b>Q:</b> Incentivos Perversos <b>P:</b> Arreglar el funcionamiento de pabellones <b>D:</b> “Se están cometiendo algunas faltas y algunos desperdicios de recursos” <b>P:</b> solucionar problemas operativos e intentar mejorar algo de gestión <b>De:</b> Las expectativas puestas en él	<b>“Este proyecto apunta a optimizar la utilización de pabellones, facilitando las tareas de decisión de programación.”</b>
<b>Jefe Urología</b>	<b>I:</b> Hacer lo mejor posible desde el punto de vista de la gestión <b>Q:</b> Niños sin operar <b>P:</b> Perder un órgano de un niño <b>D:</b> “Que los niños estén lo mejor posible” <b>P:</b> Preocuparse de problemas operativos <b>De:</b> El tiempo	<b>Lo que ofrecemos te puede permitir ser más justo en la asignación de pabellón y demorarte menos en esta tarea.</b>

**Tabla 7-5: Escuchar y Construir Ofertas**

En esta tabla se muestran los IQP – DPDe los que significan lo siguiente:

**I:** Interés

**Q:** Quiebres

**P:** Preocupaciones

**D:** Discurso

**P:** Prácticas

**De:** Demonios

Desde el punto de vista del proyecto de pabellones, establecer una visión de lo que se pretende construir ha sido y será una estrategia muy importante a la hora de activar procesos de cambio. En algunos casos, esta visión puede no ser buena para algunos. En ese sentido, el discurso no debe ser el mismo para todos los actores de la organización. Algo de esto se abordó en la generación de la oferta presentada en la tabla anterior.

Específicamente, en los puntos presentados en la sección 7.3.6 se deben considerar diferentes narrativas. Por ejemplo, en algunos casos, se debe hacer hincapié en que las decisiones obtenidas por modelos de gestión son de carácter sugestivo. En otros casos, se debe hacer especial énfasis en que lo mejor que se puede hacer es tomar como regla lo obtenido en dichos modelos.

### ***7.3.7 Manejo de estados de ánimo***

Un punto importante en los procesos de cambio y que rara vez es considerado, tiene que ver con el manejo de los estados de ánimo que es posible identificar en las personas. Para esto se presenta la estrategia que se usó en este proyecto.

- a) Determinar qué estados de ánimo queremos cambiar
- b) Decidir a quién van dirigidas las actividades
- c) Definir los mensajes a transmitir

- d) Seleccionar los medios apropiados
- e) Determinar las instancias de entrega de los mensajes
- f) Ejecutar el plan de cambio de estado de ánimo
- g) Evaluar su impacto

En la Tabla 7-6 se muestra una clasificación de los estados de ánimo presentes en el personal del hospital:

Actor	Estado de animo	Costos / beneficios
Directora	Ambición	Quiere sus resultados Inmediatos.
Jefe de pabellón	Confianza en sí mismo / Resignación	Es un apoyo al proyecto, nos permite llegar a acuerdos en decisiones relativas al proyecto.
Jefe de Urología	Agobio	Logramos hablar con ella una vez al mes.
Jefe De Plástica	Resignación	Prevé dificultades con lo que tiene que ver con la implementación.

**Tabla 7-6: Estados de Ánimo**

En función de estos estados de ánimo detectados, se elaboró una estrategia para cada caso, ésta se muestra en la Tabla 7-7.

Actor	Estado de animo	Estrategia
Directora	Ambición	Mostrar avances a corto plazo, pero no olvidar mostrar los problemas.
Jefe de pabellón	Confianza en sí mismo / Resignación	No dejar que su interés se diluya. Remotivar con presentaciones de resultados parciales a corto plazo.
Jefe de Urología	Agobio	Convencerla de tomar un papel de coordinación.
Jefe De Plástica	Resignación	Mostrar avances a corto plazo y nuevas oportunidades

**Tabla 7-7: Estrategia frente a Estados de Ánimo**

### ***7.3.8 Estrategia Comunicacional***

Sin duda, el estilo de comunicación que se ha elegido para este proyecto es del tipo Vertical descendente, bidireccional (es decir, todas las propuestas son planteadas luego de una iteración que pasa por nosotros y los interlocutores del hospital), verbal, de carácter formal (es decir, los acuerdos se toman en reuniones formales) y planificada (se trata de no dejar nada a la improvisación).

El estilo de comunicación elegido es del tipo asertivo, es decir no agresivo. Est, es debido a que no existe un contrato entre los desarrolladores y la organización donde se desarrolla el proyecto. Por lo cual, debemos mantener siempre una correcta relación con nuestra contraparte y no tenemos el poder para generar ninguna consecuencia.

## **Capítulo 8**

### **Evaluación económica del proyecto**

Como se mencionó anteriormente, el resultado económico producto de la implementación de este rediseño beneficia al hospital. Este se relaciona con la simplificación de procesos y el aumento de la coordinación entre unidades a bajo costo mediante el uso de tecnologías de información.

El aumento en el resultado económico del proyecto proviene de optimizar la utilización de recursos del hospital. Esta eficiencia en la utilización proviene de la mejora en la toma de decisiones en función del resultado de modelos de gestión de operaciones, que mediante el rediseño de procesos y enfocados en mejorar la forma en la cual se toman las decisiones, logran la eficiencia en el uso de recursos.

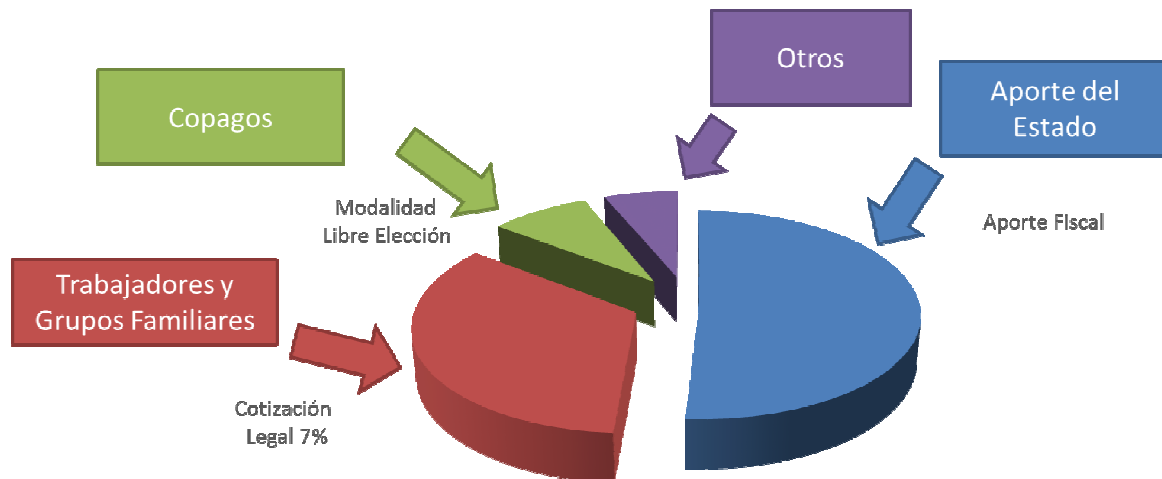
En último término, el aumento en la productividad de los pabellones del hospital, generará más servicios. El efecto directo de esto es que el hospital podrá contar con más recursos, producto de los ingresos por los nuevos servicios prestados. Es fácil ver que si los recursos son mejor utilizados, el hospital incurre en menores costos relativos.

## 8.1 Variables Relevantes

A continuación, se presentan las variables que son relevantes en el estudio económico del proyecto. En la primera parte se detallan los orígenes de los ingresos de FONASA y luego los específicos del Hospital.

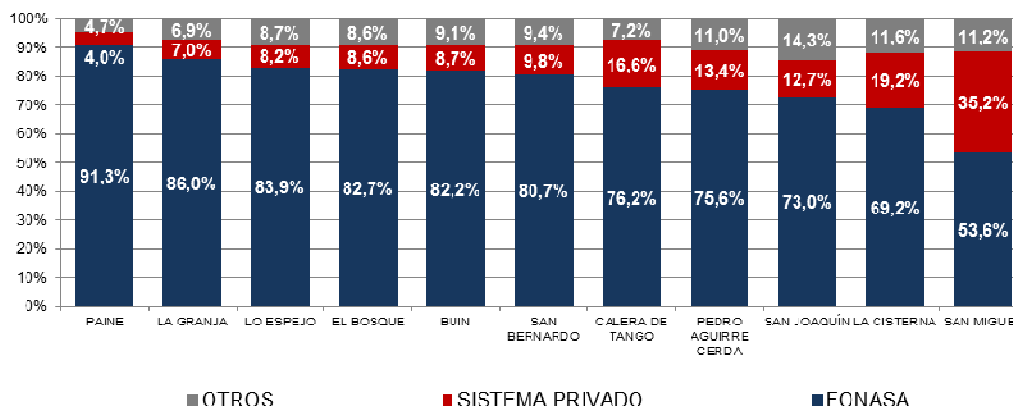
### 8.1.1 Origen de los Ingresos de FONASA

Como el Proyecto se realiza en el Sistema de Salud Pública, es importante entender cómo se componen los ingresos de FONASA. La Figura 8-1 presenta un gráfico donde se muestran el origen de los ingresos de FONASA:



**Figura 8-1: Esquema de los ingresos de FONASA**

Específicamente, los porcentajes de beneficiarios del Sistema Público de las comunas correspondientes al servicio de salud, donde se encuentra el hospital del proyecto son los que se muestran en la Figura 8-2.



**Figura 8-2: Porcentaje de la población que pertenece a un sistema de salud**

Del porcentaje de la población perteneciente al Sistema de Salud, el 79,11% es población beneficiaria de FONASA lo que equivale, según proyección, a 937.858 beneficiarios en el área metropolitana sur, de éstos aproximadamente el 27,6% corresponde a beneficiarios potenciales del Hospital Exequiel González Cortés.

### 8.1.2 Origen de los ingresos de los Hospitales

El sistema de pago actual a los hospitales públicos de Chile tiene múltiples componentes dependiendo de la modalidad de previsión, la patología del paciente y otras consideraciones de FONASA, entre ellas están: el programa de prestaciones institucionales (PPI) y el programa de prestaciones valoradas (PPV), que se componen a su vez de pagos asociado a diagnóstico (PAD), pago por prestación (PPP), programas especiales, complejas, garantías explícitas en salud (GES), urgencias, que no aparecen insertos en un esquema global de regulación del financiamiento.



En cierta medida, los pagos actuales a hospitales son una combinación de presupuesto histórico con un pago por acto. Los presupuestos históricos son estimaciones que pueden tener importantes distorsiones, incluso algunos de ellos podrán estar por debajo de los costos reales de producción.

Para este proyecto, se considera un incremento en lo que refiere al programa de prestaciones valoradas, esto corresponde a ingresos por realizar más intervenciones.

Los ingresos de los hospitales provienen de las siguientes posibles fuentes (LEY NUM. 19.937 Artículo 25)

El Establecimiento, para el desarrollo de sus funciones, contará con los siguientes recursos:

a) Con aquellos pagos que le efectúe el Fondo Nacional de Salud por las prestaciones que otorgue a los beneficiarios de la ley N°18.469;

b) Con aquellos pagos que le efectúe el Servicio de Salud respectivo por las prestaciones que otorgue a los beneficiarios de la ley N°18.469;

c) Con aquellos pagos que le efectúe el Subsecretario de Salud Pública o el Secretario Regional Ministerial por la ejecución de acciones de salud pública;

d) Con los ingresos que obtenga, cuando corresponda, por los servicios y atenciones que preste, fijados en aranceles, convenios u otras fuentes;

e) Con los frutos que produzcan los bienes destinados a su funcionamiento y con el producto de la enajenación de esos mismos bienes;

f) Con las donaciones que se le hagan y las herencias y legados que acepte, lo que deberá hacer con beneficio de inventario. Dichas donaciones y asignaciones hereditarias

estarán exentas de toda clase de impuestos y de todo gravamen o pago que les afecten. Las donaciones no requerirán del trámite de insinuación;

g) Con las participaciones, contribuciones, arbitrios, subvenciones y otros recursos que le corresponda percibir;

h) Mediante presentación de proyectos a fondos concursables y a instituciones u organismos solidarios;

i) Con los aportes, transferencias, subvenciones que reciba de la Ley de Presupuestos del Sector Público, de personas naturales y jurídicas de derecho público o privado, nacionales o extranjeras y con los empréstitos y créditos internos y externos que contrate en conformidad a la ley.

### ***8.1.3 Beneficios del Proyecto***

Los beneficios del proyecto provienen de dos fuentes. Por un lado, una mejor planificación permitirá operar más pacientes, lo que permite obtener mayores ingresos. Por otro lado, la mejor utilización de recursos se disminuirá los costos relativos.

#### **8.1.3.1 Generar nuevos ingresos**

Es fácil ver que si se mejora la programación de intervenciones, se generan más servicios. Esto permite que el hospital pueda contar más recursos producto de los ingresos por servicios prestados.

### **8.1.3.2 Disminuir costos relativos**

Como ya se dijo anteriormente, la mejor utilización de recursos permite al hospital incurrir en menores costos relativos por intervención. El proyecto pretende utilizar los mismos recursos fijos que se utilizan, pero de mejor manera. Existen otros gastos en los cuales sí se debe incurrir para poder operar más pacientes.

Ambos beneficios económicos se reflejan en un mejor balance económico para el hospital. Sin embargo, estos recursos pueden ser utilizados para contar con nuevos recursos que permitan utilizar pabellones en jornadas no utilizadas por falta de recursos disponibles.

El proyecto pretende incrementar las prestaciones que se realizan todos los meses entre un 1% y un 20%. Para poder estimar esto se debe estimar el número de intervenciones que se realizaran con y sin proyecto. Luego, calcular el promedio de ingresos por intervención y multiplicarlo por el número de intervenciones extra cada mes. Para estimar los costos variables extra se debe estimar mediante el histórico y multiplicarlo por la cantidad de intervenciones extra que se realizarán cada mes. El proyecto no pretende modificar los costos fijos, sólo utilizarlos de mejor manera, por lo cual éstos no deben ingresar en la evaluación económica.

## **8.2 Flujo de Caja**

Esta evaluación será realizada para el Hospital Exequiel González Cortés. Esta evaluación corresponde a una evaluación privada. Sin embargo, el proyecto también puede ser evaluado desde el punto de vista de los pacientes cuyo tiempo de espera se ve reducido por causa del proyecto.

### **8.2.1 Horizonte de planificación**

El horizonte de planificación del proyecto será de 3 años, debido principalmente a que la planificación estratégica del hospital en el cual se desarrolló el proyecto se realizó utilizando este horizonte de planificación.

### **8.2.2 Tasa de descuento**

La tasa de descuento utilizada para evaluar y valorizar este tipo de instituciones se basa en la metodología CAPM y tiene el siguiente valor: (Ver Anexo 12.1)

$$\text{WACC} = 6,81\%$$

### **8.2.3 Impuestos**

Según el Decreto Ley N° 825(Ley Sobre impuestos a las ventas y servicios) Artículo 13, estarán liberadas del impuesto de este Título los hospitales, dependientes del Estado o de las universidades reconocidas por éste, por los ingresos que perciban dentro de su giro.

### **8.2.4 Ingresos**

Los ingresos del proyecto provienen básicamente del aumento de intervenciones quirúrgicas que se realizan. Existen otras fuentes de ingreso relacionadas con las mejoras que tiene que ver con la gestión y el control de procesos relacionados con pabellones. Sin embargo, de ser cuantificables estos ingresos son insignificantes con respecto a los que se obtienen por incrementar un porcentaje del total de intervenciones.

### 8.2.4.1 Ingreso de la Intervención promedio

Para valorar las intervenciones quirúrgicas en un hospital público es importante considerar que el financiamiento de éstas proviene principalmente de dos fuentes, es decir, las intervenciones se pueden clasificar en dos tipos. El primer tipo corresponde a las intervenciones valoradas por Fonasa. Éstas, por políticas sanitarias específicas, tienen un pago asociado que es más alto que el resto de las intervenciones quirúrgicas definidas por un mecanismo llamado Programa de Prestaciones valoradas. El resto de las intervenciones es pagado por medio de un mecanismo conocido como Programa de prestaciones institucionales donde el pago se basa en presupuestos históricos.

Resulta de interés en este proyecto determinar el ingreso promedio de las intervenciones, para esto es relevante saber el ingreso promedio de cada una de estos tipos y la proporción de éstas con respecto al total de intervenciones realizadas.

En la Tabla 8-1 se presenta el cálculo del ingreso promedio por prestaciones. La proporción, los valores y el número de intervenciones provienen de la proyección para el año 2011 del HEGC y del formulario de PPV – PPI 2011.

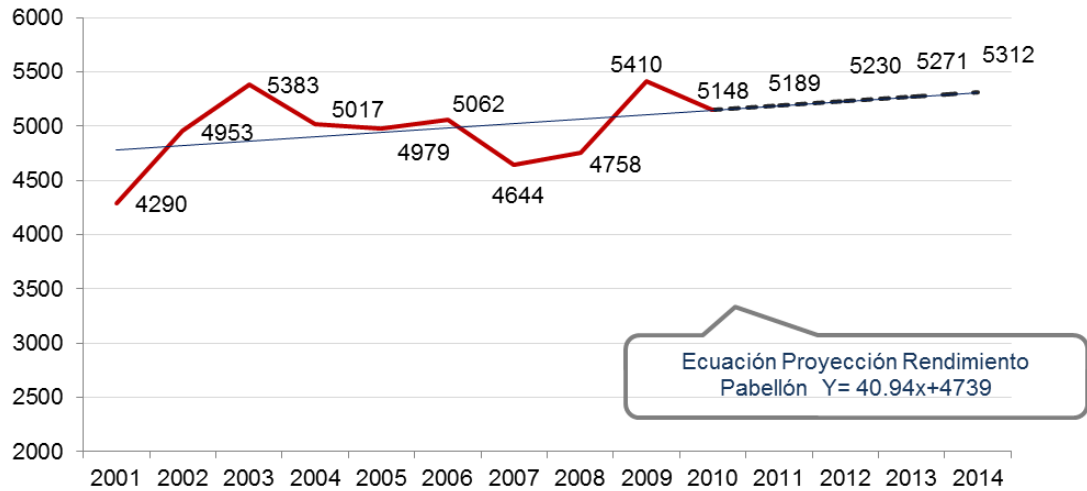
	Valor	Número	Proporción
<b>Prestaciones Valoradas</b>	\$ 722.847	1092	44%
<b>Prestaciones Institucionales</b>	\$ 154.720	1383	56%
<b>Total</b>		2475	100%
<b>Promedio Ponderado</b>	\$ 405.385		

**Tabla 8-1: Ingreso promedio por prestaciones**

### 8.2.4.2 Número de Intervenciones

Para determinar el número de intervenciones promedio que se lograrán producto de la implementación del proyecto se debe determinar en primera instancia el número de

intervenciones proyectadas según la tendencia actual. En la Figura 8-3 se muestra el número de intervenciones que se realizan anualmente. Esta tendencia proyecta un aumento anual de aproximadamente 41 intervenciones extra anualmente.



**Figura 8-3: Rendimiento de Pabellón del Hospital HEGC proyectado**

Este número corresponde al total de intervenciones quirúrgicas, es decir, incluye las intervenciones de urgencia. Se utilizó este número para proyectar el porcentaje de aumento, ya que como dato es mucho más estable que por separado y permite definir una tendencia porcentual. El número de intervenciones quirúrgicas electivas representa el 47,7% del total de intervenciones por lo cual el aumento en el número de éstas sin proyecto es de 19,52 intervenciones por año.

#### 8.2.4.3 Promedio de Intervenciones extra

El porcentaje de intervenciones extra que se realizarán producto del proyecto es entre un 5% y 15% sobre el promedio de intervenciones que se realizan sin proyecto, para esto se analizarán diferentes casos en la evaluación económica entre 1% y 20% de incremento tomando como base para el estudio un 10% de incremento. El rango de este porcentaje se

obtuvo de las pruebas realizadas con datos reales y depende de las restricciones del modelo de optimización.

## 8.2.5 Costos

Los costos asociados al proyecto se pueden dividir principalmente en tres. Los primeros, tienen que ver con los costos de implementación del proyecto. Los segundos, son los costos variables asociados a las nuevas intervenciones que se realizarán con proyecto. Finalmente, se deben considerar los costos fijos adicionales del proyecto.

### 8.2.5.1 Costo de implementación

La implementación del proyecto tiene asociado una serie de costos de diversos tipos. El desarrollo y la implementación del sistema requieren de un Ingeniero y 2 programadores durante al menos 6 meses. Por otro lado, el proyecto requiere de otro proyecto que no entrega beneficios económicos directos para el hospital, pero tiene costos asociados y que deben ser considerados por este proyecto.

<b>Inversión Inicial</b>	<b>Valor</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>
Ingeniero (jefe de proyecto)	\$ 1.500.000	6	\$ 9.000.000
Programador	\$ 800.000	12	\$ 9.600.000
Inversión Proyecto Priorización	\$ 7.600.000	1	\$ 7.600.000
<b>Total</b>			<b>\$ 26.200.000</b>

**Tabla 8-2: Inversión inicial 1**

Los costos de inversión del proyecto anterior corresponden a la implementación del proyecto de priorización de pacientes. En este proyecto se ingresa la información que es requerida para programación de pabellones. En este proyecto también se considera la capacitación asociada a esta parte del proyecto. Los beneficios de este proyecto son más bien sociales, por lo cual no son considerados desde el punto de vista del hospital.

En la Tabla 8-3 se muestra el detalle de la inversión del proyecto anterior:

<b>Fase de Proyecto</b>	<b>Recurso Humano</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Meses</b>	<b>Horas</b>	<b>Valoración</b>	<b>Costo Total</b>
Planificación, recopilación de datos, preparación de datos, migración, Gestión del cambio e implementación.	<b>Tesistas Ingenieros de Procesos</b>	2	5		\$ 650.000	<b>\$ 6.500.000</b>
Categorización de Diagnósticos	<b>Jefes de Especialidad</b>	5	2	6	\$ 10.000	<b>\$ 600.000</b>
Capacitación	<b>Médicos</b>	11		4	\$ 10.000	<b>\$ 440.000</b>
	<b>Enfermeras</b>	3		4	\$ 5.000	<b>\$ 60.000</b>
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 7.600.000</b>

**Tabla 8-3: Inversión del Proyecto de Priorización**

Para la implementación del proyecto se deben considera algunos equipos que permitan realizar la programación de pabellones éstos son: Computadores, UPS, Internet, Servidor Web, Rack, Mesa Computador, Silla Computador.

<b>Inversión Inicial</b>	<b>Valor</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>
Computadores	\$ 350.000	14	\$ 4.900.000
UPS	\$ 50.000	14	\$ 700.000
Internet	\$ 35.900	72	\$ 2.584.800
Servidor Web	\$ 2.000.000	1	\$ 2.000.000
Rack	\$ 250.000	1	\$ 250.000
Mesa Computador	\$ 44.990	14	\$ 629.860
Silla Computador	\$ 19.990	14	\$ 279.860
<b>Total</b>			<b>\$ 11.344.520</b>

**Tabla 8-4: Inversión inicial 2**

En este detalle se muestra la inversión total de computadores para el Hospital Exequiel González Cortés considerando los equipos requeridos para el proyecto de priorización de pacientes y de gestión de pabellones.



### 8.2.5.2 Costo variable adicional

Para estimar el costo variable promedio por intervención se calcularon los costos totales, seleccionando sólo aquellos ítems en los cuales se debe incurrir si es que se aumenta el número de intervenciones, producto de mejorar la programación de pabellones actual.

<b>Ítem</b>		<b>Costo</b>
PROD.QUIM. Y GASES	\$	50.672.044
PROD. FARMACEUTICOS	\$	27.060.712
MAT.Y UTILES QUIRURG	\$	9.992.282
ALIMENTOS Y BEBIDAS		
TEXTILES VEST.CALZAD	\$	13.915.156
COM.LUBRICANTES	\$	5.328.570
MAT.DE OFICINA E IMP	\$	711.977
MAT. UTILES ASEO	\$	13.579.400
SERV.BASICOS	\$	7.416.787
MANT. Y REPARACIONES	\$	25.482.768
SERVICIOS GENERALES	\$	34.177.563
ARRIENDOS	\$	1.047.120
C.SS CONV.HONOR.PROF	\$	26.917.500
C.SS.FUNDACIONES	\$	3.630.000
OTRAS COMP.SERVICIOS	\$	4.189.035
OTROS GASTOS BBSS	\$	613.544

<b>Total</b>	<b>\$</b>	<b>224.734.458</b>
--------------	-----------	--------------------

<b>Costo variable Unitario</b>	<b>\$</b>	<b>45.082</b>
--------------------------------	-----------	---------------

**Tabla 8-5: Calculo de costos variables por intervención**

### 8.2.5.3 Costo Fijo Adicional

Anualmente, se requiere considerar los costos del tiempo que dedicarán los médicos en el ingreso de pacientes, el jefe de pabellón en realizar la programación del pabellón y la verificación que realizará la enfermera de pabellón.

Costo de Implementación actual	Recurso Humano	Cantidad	Meses	Horas	Valoración	Costo Total
Ingreso de Pacientes Mensualmente	Médico	32	12	0,6	\$ 10.000	\$ 2.304.000
Programación de Pabellones	Médico	1	12	2	\$ 10.000	\$ 240.000
Verificación de datos	Enfermera	4	12	8	\$ 5.000	\$ 1.920.000
<b>Total</b>						<b>\$ 4.464.000</b>

**Tabla 8-6: Costos Fijos adicionales**

Para determinar el tiempo por médico que toma el ingreso de pacientes se consideraron:

- *3 Minutos por paciente*
- *3 Pacientes a la semana por médico*

El tiempo de programación no debería exceder la media hora semanalmente. La verificación de los datos se realiza por cada especialidad (en total 4) y no debería tomar más de 2 horas por especialidad.

## 8.2.6 VAN

En la Tabla 8-7 se presenta el flujo de caja que permite calcular el VAN y la TIR del proyecto. En este análisis se considera un 10% extra de intervenciones producto del proyecto y los costos señalados en las secciones anteriores.

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Ingresos por Intervenciones extra		\$ 100.940.818	\$ 101.751.588	\$ 102.562.357
Costo Variable Total	-\$	11.225.452	-\$ 11.315.617	-\$ 11.405.781
Costo Fijo Total	-\$	4.464.000	-\$ 4.464.000	-\$ 4.464.000
Depreciación Lineal				
Intereses				
Perdida por venta activo fijo				
Perdida capital de trabajo				
<b>UAI</b>		<b>\$ 85.251.366</b>	<b>\$ 85.971.971</b>	<b>\$ 86.692.576</b>
Impuesto				
<b>UDI</b>		<b>\$ 85.251.366</b>	<b>\$ 85.971.971</b>	<b>\$ 86.692.576</b>
Depreciación Lineal				
Perdida por venta activo fijo				
Perdida por venta capital de trabajo				
<b>FCO</b>		<b>\$ 85.251.366</b>	<b>\$ 85.971.971</b>	<b>\$ 86.692.576</b>
Inversión Activo Fijo				
Inversión	-\$	37.544.520		
Inversión capital de Trabajo				
Valor Mercado activo fijo				
Valor Mercado capital de Trabajo				
Préstamo				
Amortización préstamo				
<b>FCC</b>	-\$	<b>37.544.520</b>	\$ -	\$ -
<b>Flujo Caja Privado</b>	-\$	<b>37.544.520</b>	<b>\$ 85.971.971</b>	<b>\$ 86.692.576</b>

<b>VAN (6,81% anual)</b>	<b>\$ 188.775.314</b>
<b>TIR</b>	<b>221%</b>

**Tabla 8-7: Flujo de Caja del Proyecto**

## Capítulo 9

# Generalización de la Experiencia

La generalización de la experiencia corresponde a un nuevo enfoque que permite, a través de Frameworks, encapsular conocimiento de alto nivel y la lógica de negocios. En este capítulo se detalla el Framework que permite encapsular el conocimiento de la analítica compleja presentada y que permite resolver problemas comunes, tanto en la industria de servicios como de manufactura.

## **9.1 Introducción a Frameworks**

El Framework es una estructura genérica de clases que sirve de base para la generación de software. Estos Frameworks derivan de los patrones de procesos de negocios, que permiten expresar de manera formal y explícita las mejores prácticas en un dominio dado [8].

La Ingeniería de Negocios permite proponer una estructura que incorpora el conocimiento del diseño de procesos y la analítica de las lógicas de negocios, para apoyar el desarrollo de otros proyectos que se enfrenten al mismo problema que en esta tesis es resuelto.

Estos Frameworks permiten apoyar el desarrollo de software mediante la especialización de una subestructura a las características del caso, la adición de datos y lógica, según sea necesario.

## **9.2 Framework desarrollado**

A continuación se presenta la lógica que será generalizada en esta tesis. Esta generalización se basa en un Framework previamente desarrollado, en cuyo dominio se encuentran los servicios de salud.

### ***9.2.1 Lógica de Negocios generalizada***

En este proyecto la generalización de la experiencia se realiza sobre el proceso de programación de pabellones. La lógica de negocios compleja aquí presentada está basada en métodos analíticos que se pueden generalizar a otros ámbitos. En el Capítulo 4, se describió específicamente en qué parte de la arquitectura se encuentra este proceso que contiene la lógica del negocio que será generalizada.

En términos generales la lógica de negocios es conocida como *Scheduling* o Programación. Al tratarse de una actividad netamente operacional, la lógica se ubica por lo general en la Macro 1. Dentro de la macro 1, este proceso se encuentra al interior de Gestión de producción y entrega del producto o servicio. Para ser más específicos, los procesos que contienen estas lógicas de negocios se encuentran en Planificación de producción y control [2].

El problema del de *Scheduling* o Programación se define como un problema de optimización matemático. En este, se intenta maximizar la utilización de un *facility* o minimizar el costo o el tiempo total.

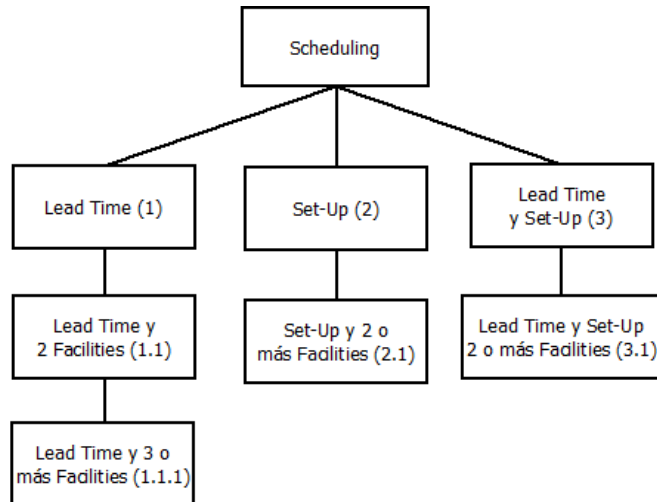
Como se describió en el marco teórico (ver sección 2.1) en este problema se definen  $n$  tareas que deben ser cumplidas por  $m$  *facilities* recorriendo rutas específicas para cada tarea. Cada tarea demora un tiempo determinado y tiene un costo asociado. Sobre este problema se definen algunas variaciones como tiempos de vencimiento y tiempos de *Set-Up*, que permiten acercar el modelo a aplicaciones específicas.

### ***9.2.2 Dominio de la generalización***

El dominio de esta generalización se define como toda actividad que utiliza instalaciones o *facilities* para producir un producto o prestar un servicio, donde hay una entidad física que es el producto final o el que recibe el servicio. Este dominio representa situaciones tales como procesos de planificación de manufactura, servicios de salud, programación de cursos, servicios de justicia y servicios de reparación de telecomunicaciones, eléctrico o gas domiciliario, entre otros.

### 9.2.3 Framework base

El Framework que se propone para este caso se basa en uno ya existente [8]. Este se muestra en la Figura 9-1.

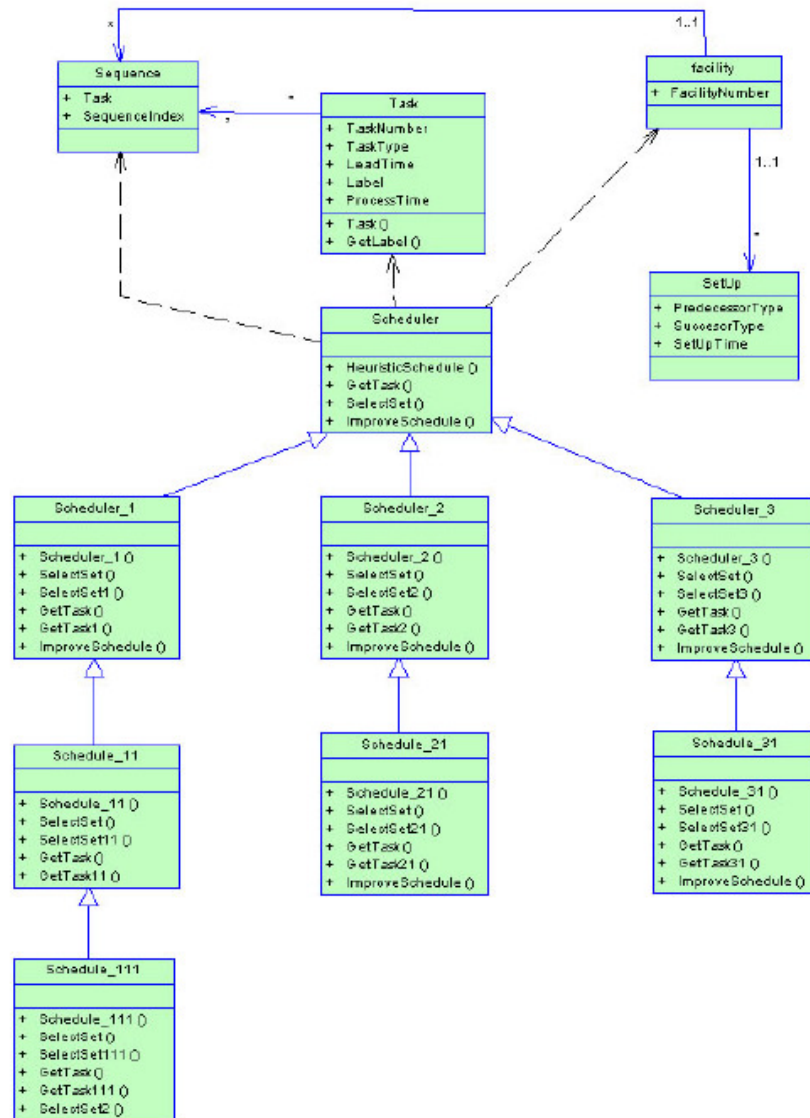


**Figura 9-1: Estructura del Problema *Scheduling* propuesto en [8]**

Aquí, es posible identificar diferentes casos de la industria, como por ejemplo, Manufactura, servicios de reparaciones e incluso algunos casos de planificación de pabellones en hospitales.

Frameworks como este han sido habitualmente utilizados para desarrollar aplicaciones específicas en proyectos de tecnologías de información. Estos Frameworks contienen las mejores prácticas que pueden ser automatizadas en aplicaciones para apoyar desarrollos dentro de dominios similares.

En esa propuesta, también se detalla la estructura de objetos de negocios del problema de *scheduling*. En este caso se muestran las clases asociadas a la estructura, pero no sólo las clases de control, sino también las clases de datos básicas para resolver problemas de este tipo.



**Figura 9-2: Framework de Scheduling**

A partir de estos *Frameworks* se pueden desprender estructuras de clases para aplicaciones de la vida real y así facilitar el desarrollo del software que contiene la analítica compleja en un proyecto de Ingeniería de negocios.



### ***9.2.4 Consideración de la prioridad***

La decisión de asignación de tareas a maquinas se puede basar en distintos criterios, uno de ellos es respetar los *Lead Times*. El concepto de *Lead Time* representa un caso particular de lo que simboliza una regla de priorización. Sin embargo, existen otras razones por las cuales se puede preferir una tarea antes que otra.

Independiente de la secuencia que éstas tomen, cuando se tiene que:

1. La planificación se realiza para un intervalo determinado de tiempo.
2. El tiempo total de las tareas pendientes es mayor que el intervalo de programación.

En este caso, se debe asignar un *set* de tareas y otro *set* debe ser postergado para el intervalo de planificación siguiente. Esto ocurre, por ejemplo, en casos como los hospitales públicos donde existe una lista de espera de intervenciones quirúrgicas. En general, cualquier ejemplo del dominio antes definido, en el cual se cumplan estas dos condiciones, se está en presencia de una lista de espera. En estos casos, se deben formalizar criterios que permitan determinar cuál es el mejor *set* de tareas que se debe ejecutar en el periodo de planificación.

Como ya se dijo, el *Lead Time* es un criterio para determinar el *set* de tareas que se debe asignar en el periodo de planificación, pero no es el único. Por ejemplo, puede existir otro tipo de incentivos que ayuden a tomar una mejor decisión. En el caso de manufactura este criterio puede ser:

- Determinadas tareas corresponden a un cliente importante.
- El volumen de una tarea es proporcionalmente más grande.
- Existen multas por retraso en entregas de algunas tareas.

En el caso de hospitales públicos, estos criterios pueden ser:

- Criterios biomédicos que cuantifican factores como el dolor y la discapacidad asociada (como la categoría biomédica).
- Agravantes propios de cada paciente que agreguen complicaciones a esperar determinado plazo.
- Características Geográficas como la lejanía de la vivienda de determinado paciente del hospital.
- Características sociales como el paciente es padre de familia y si no se opera, no puede trabajar.

En el caso de una reparación de un servicio de telecomunicaciones, eléctrico o gas domiciliario, estas características pueden ser:

- Determinado contrato de SLA con algunos clientes
- Clientes de diferentes tipos (comerciales y residenciales)

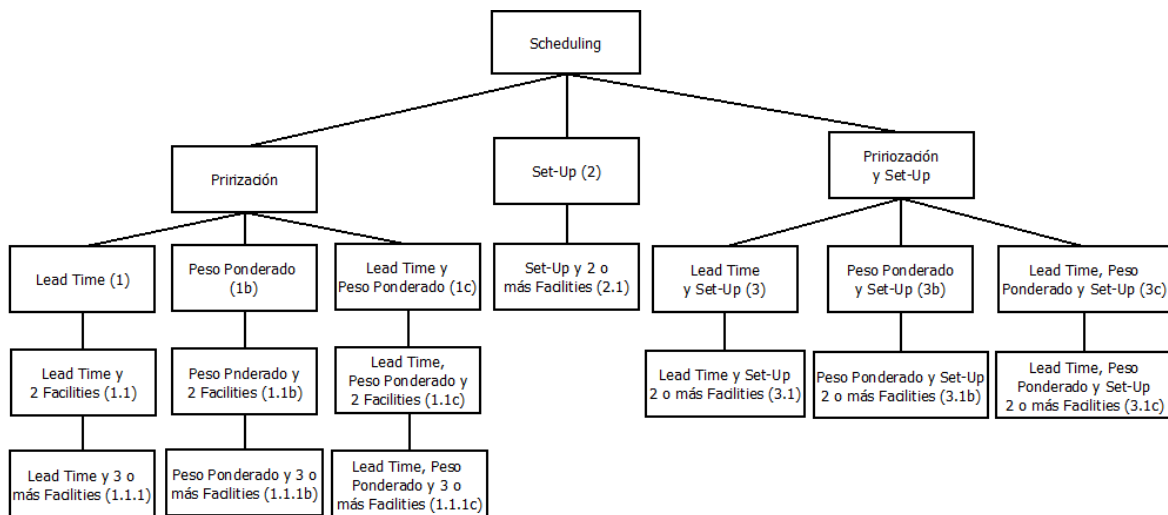
Esto justifica la diferenciación de sistemas de priorización de tareas. Éstos se muestran en la Figura 9-3, divididos en 3 niveles.



**Figura 9-3: Niveles de Priorización**

### 9.3 Framework de Scheduling general

El *Framework* desarrollado se basa en el un *Framework* desarrollado anteriormente [8]. Sin embargo, en este caso se agregan algunas consideraciones particulares y que permiten ampliar el dominio de aplicación del *Framework* anterior incorporando criterios al objetivo sobre cómo se realiza la asignación de tareas a *facilities*.



**Figura 9-4: Otra perspectiva de la estructura del problema de *Scheduling***

### 9.3.1 Estructura de Objetos de Negocios

Utilizando orientación a objetos los *Frameworks* permiten generar los objetos de negocios generales para problemas del tipo *Scheduling* o Programación. En la Figura 9-5 se muestra esta estructura.

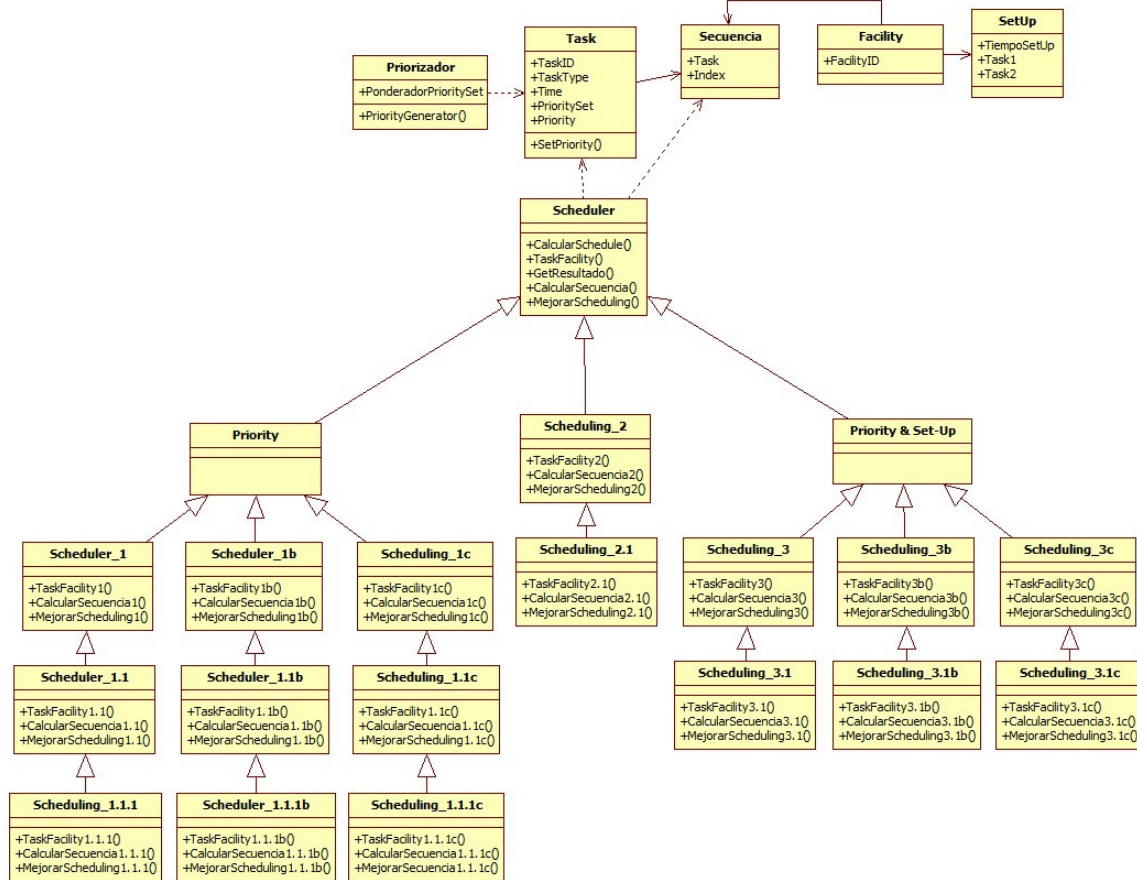


Figura 9-5: Estructura de Objetos de Negocios de *Scheduling*

En esta estructura es posible identificar una serie de métodos que varían dependiendo del tipo de problema que se intente resolver. Esto es debido a que, en cada caso, el problema presenta diferentes especializaciones dependiendo de las consideraciones.

### **9.3.2 Métodos Computacionales**

A continuación, se presenta una descripción de los métodos que aparecen en la estructura de objetos de negocios.

#### **9.3.2.1 Scheduler.CalcularSchedule**

Este corresponde al método central que permite calcular la programación de tareas a *facilities*. Específicamente, este es un método que permite construir combinaciones factibles, entre tareas y *facilities*. En este punto se consideran:

- Factibilidad de cada combinación (utilizando el método *TaskFacility*)
- Consideraciones especiales de las tareas

La técnica de este método es generar arreglos que contengan combinaciones de tareas y *facilities* asociados a una misma solución. Cada vez que se genera un arreglo (o solución factible) se ingresa a una pila (o *stack*) de dos entradas. Cuando se recorren todas las combinaciones de *facilities* para una tarea, se extrae un elemento de la pila y se comprueba la factibilidad de agregar una tarea a la solución extraída. Si es factible agregar dicha tarea a la solución, ese se agrega al arreglo y el arreglo ingresa nuevamente a la pila. Si no es factible se prueba con otro *facility*.

Como consecuencia de la aplicación del método, la pila tendrá al final del proceso el máximo de soluciones factibles.

#### **9.3.2.2 Scheduler.TaskFacility**

Este método consiste en verificar la factibilidad de realizar una tarea en un determinado *facility*. Por tarea, se deben tener las siguientes consideraciones:

- Duración de la tarea (que no sobrepase el periodo de programación)

- Tiempos de *Set-Up* (cuando corresponda)
- *Lead Times* (cuando corresponda)
- Alguna otra consideración especial de las tareas que impida asignarla a un determinado *facility*

### **9.3.2.3 Scheduler.MejorarScheduling**

El resultado de la etapa anterior puede entregar más de una solución factible (ej.: intercambio de dos tareas parecidas entregaría dos soluciones diferentes). En esta etapa se evalúan las soluciones con las siguientes consideraciones:

- Elegir soluciones que mejoren el comportamiento de los *Lead Times*.
- Consideraciones especiales de las tareas. Puede ser que sea factible asignar una tarea a un *facility*, pero no necesariamente sea bueno hacerlo.

Este método genera una matriz de tareas y *facilities* donde se asigna un valor para cada combinación. Estos valores dependen de los pesos o factores de multiplicación asignados a las diferentes reglas de negocios aplicadas en el modelamiento del problema. Como resultado de esta etapa se obtiene una solución factible y que es mejor que las otras combinaciones.

### **9.3.2.4 Scheduler.CalcularSecuencia**

Este método se ejecuta después de *MejorarScheduling* y determina del orden (que especifica la hora en la cual se inicia cada tarea) se realizará luego de que cada tarea es asignada a un *facility*. En este caso se ordenan las distintas tareas en el mismo *facility* considerando:

- Mejor resultado de *Set-Ups* (cuando corresponda)
- Mejor resultado de *Lead times* (cuando corresponda)
- Consideraciones especiales de las tareas.

Como resultado de esta etapa, se obtiene una calendarización con los horarios específicos de cada tarea.

#### **9.3.2.5 Priorizador.PriorityGenerator**

Este método pertenece al objeto Priorizador y determina la prioridad de cada tarea. Esta prioridad indica la forma en la cual ingresarán las tareas al método *CalcularSchedule*. Este método depende del sistema de priorización que se utilice. De no existir especificación sobre la prioridad, el orden que recorrerá el algoritmo no es relevante, por lo cual puede ser aleatorio. En casos con prioridad específicas, el método puede ser muy complejo.

## 9.4 Especialización para el caso de Pabellones

En casos como los hospitales públicos de Chile se puede especificar el Framework propuesto anteriormente, seleccionando la subestructura que representa el caso el problema. Según lo descrito en esta tesis, la sub estructura es la que corresponde al caso 1.1.1b. Es decir, no se consideran tiempos *Set-Up* ni *Lead Time*. Sin embargo, se considera una prioridad dada por pesos ponderados que reflejan la prioridad relativa entre un paciente y otro.

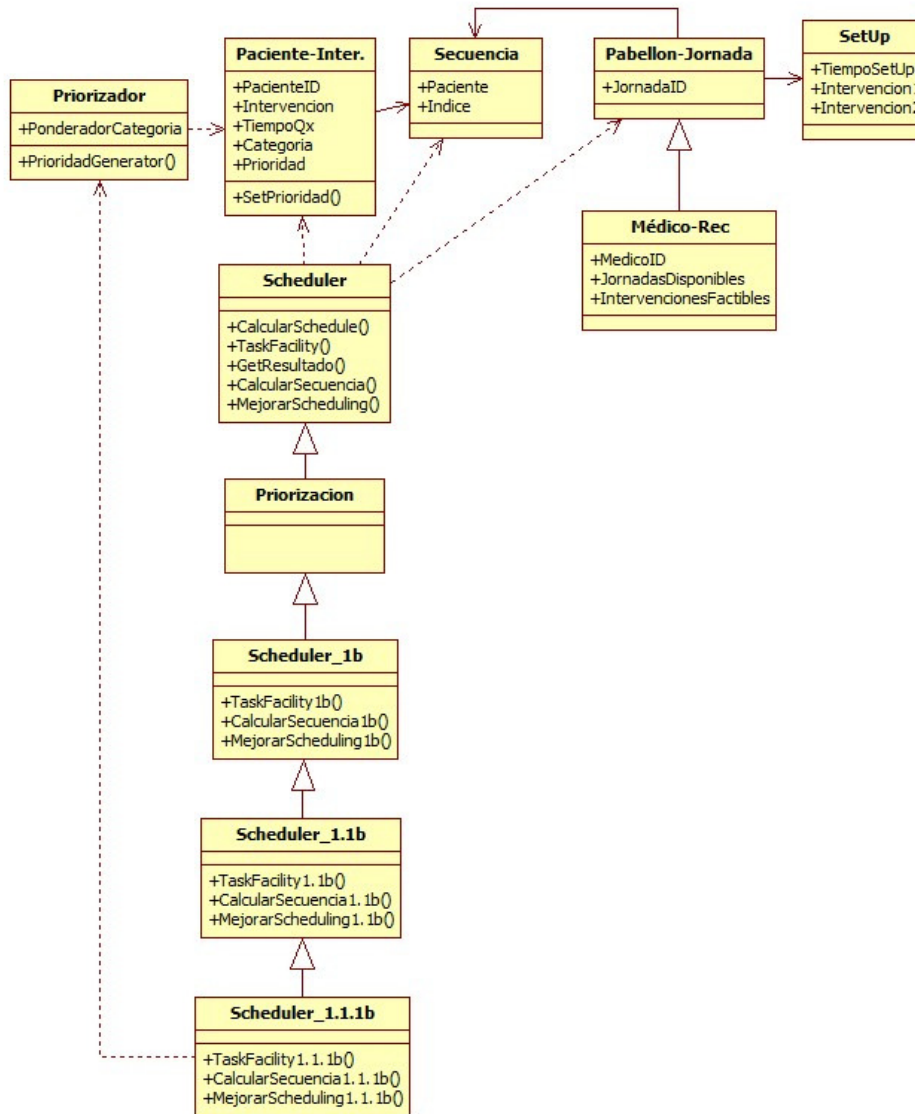
El *Lead Time*, en el caso de las intervenciones quirúrgicas electivas, en el sistema público de salud de Chile, es el que refiere al tiempo máximo de espera definido por el Ministerio de Salud. En algunos casos, los cumplimientos de estos tiempos máximos de espera llevan asociados incentivos económicos a los hospitales (definidos por las GES). Sin embargo, estos tiempos máximos de espera no son modelados en el problema de *scheduling* de pabellones, ya que son incorporados en la priorización que determina el valor de los pesos ponderados. La razón de esto es que en los hospitales públicos se prefiere operar a quien requiere la intervención por sobre operar las intervenciones que dejan mejor margen. Es posible incorporar de manera implícita los tiempos máximos de espera si se modifica la priorización de pacientes, dándole más importancia relativa a reglas que contienen el tiempo máximo de espera.

Los tiempos de *Set-Up* no son considerados en el caso de la programación de pabellones, debido a que en los hospitales públicos se utiliza mucho la especialización de pabellones. Esto genera que las intervenciones quirúrgicas sean prácticamente del mismo tipo. Es decir, los tiempos de *Set-Up* se mantiene relativamente constante en función de la duración de las intervenciones. De todas maneras, el tiempo de *Set-Up* es considerado en el tiempo de cada intervención y depende del tipo de intervención que ésta sea y del tipo de paciente.



### 9.4.1 Estructura de objetos de negocios

En la Figura 9-6 se muestra la especificación de los objetos de negocios para el caso de programación de pabellones.



**Figura 9-6: Estructura de Objetos de Negocios particular de Pabellones**

En este caso, los *facilities* son considerados como Pabellones – Jornadas, específicamente, los pabellones consideran anestesistas, arsenaleras, enfermeras de pabellón e

insumos. Los médicos son incorporados por separado, debido a que la decisión del médico es diferente a la del pabellón al existir más de un médico por jornada y por pabellón.

### ***9.4.2 Métodos Computacionales para el caso de pabellones***

A continuación se presenta una descripción de los métodos que aparecen en la estructura de objetos de negocios para el caso de pabellones. En este caso las tareas corresponden a intervenciones quirúrgicas y los *facilities* son combinaciones de pabellones y jornadas (ej.: lunes en la mañana, en el pabellón 1 sería un *facility*)

#### ***9.4.2.1 Scheduler.CalcularSchedule***

Este método permite construir combinaciones factibles, entre pacientes, jornadas y pabellones. En este punto se consideran:

- Factibilidad de cada combinación (utilizando el método *TaskFacility*)
- Consideraciones especiales de las tareas. (ej.: No pueden existir más de dos intervenciones especiales en una jornada)

Como consecuencia de la aplicación del método, la pila tendrá al final del proceso el máximo de soluciones factibles.

#### ***9.4.2.2 Scheduler.TaskFacility***

Este método consiste en verificar la factibilidad de realizar una intervención en determinado pabellón y jornada, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Duración de la intervención (que no sobrepase el periodo de programación)

- Alguna otra consideración especial de las intervenciones que impida asignarla a un determinada jornada o pabellón (ej.: Disponibilidad del médico que puede realizar esa intervención, si la intervención es Especial no pueden ser operadas en las jornadas de la tarde y No pueden existir más de dos intervenciones especiales en una jornada)

#### ***9.4.2.3 Scheduler.MejorarScheduling***

En esta etapa se evalúan las soluciones con las siguientes consideraciones:

- Los pacientes menores de 3 años es mejor operarlos en la mañana.
- Mientras menor sea la edad del paciente se incrementa la prioridad por operarlos en la mañana.
- Las intervenciones más urgentes se intentan operar en los primeros días de la semana.
- Repartir la carga de trabajo de los Médicos.

Como resultado de esta etapa se obtiene una solución factible y que es mejor que las otras combinaciones.

#### ***9.4.2.4 Scheduler.CalcularSecuencia***

Este método especifica la hora en la cual se inicia cada intervención. En este caso se ordenan los distintos pacientes considerando:

- Consideraciones especiales de los pacientes (ej.: Si existe paciente especial, éste se ubica a primera hora y se ordenan los pacientes por edad primero los pacientes menores).

Como resultado de esta etapa se obtiene una calendarización con los horarios específicos de cada intervención.

#### **9.4.2.5 Priorizador.PriorityGenerator**

Este caso corresponde a uno donde existe prioridad basada únicamente en pesos ponderados. El cálculo de estos pesos ponderados se detalla en la sección 5.4.1.1. este caso sólo requiere ordenar las intervenciones quirúrgicas (los pacientes) en función de este valor de mayor a menor.

### **9.5 Especialización para otro caso**

Para validar el Framework desarrollado este debe poder ser especializado en otro caso que resuelva una problemática similar a la planteada en esta tesis. Este es el caso de las Cartulinas CMPC S.A. Esta empresa se dedica a la fabricación y comercialización de distintos tipos de cartulina. El principal uso de la cartulina es servir como materia prima para la elaboración de envases y estuches. Las Cortadoras transforman rollos semielaborados en pilas y las rebobinadoras convierten los rollos semielaborados en rollos de menor dimensión, luego son embaladas para ser despachadas.

En la arquitectura de CAPC existe un proceso que especifica la forma como se asigna la carga a las cortadoras. Para lograr una buena descripción de la situación a continuación se presentan las características del problema de la papelera:

1. Duración del Periodo de programación: 2 días
2. Duraciones de las tareas asignadas a las máquinas: entre media hora y 8 horas.
3. Número de Máquinas: 7
4. Comportamientos de las máquinas: varían los tiempos, dependiendo del largo de los cortes de cada pedido. (existen curvas por máquina de los tiempos en función de los largos)
5. Tiempos de entrega: Estrictos y Flexibles depende del pedido (pedidos entregados vía marítima deben cumplir con la fecha de zarpe programada)

6. Otras Consideraciones: Tratar que todas las máquinas estén siempre funcionando.
7. No todos los pedidos se pueden asignar a todas las máquinas.
8. Horarios de funcionamiento: funcionan durante todo el día.
9. Asignación de tareas: Plazo de entrega y tamaño del pedido.

### ***9.5.1 Estructura de Objetos de Negocios para el caso de la Papelera***

El caso de la papelera corresponde al problema de *scheduling* de tareas donde no existe tiempo de *Set-Up*. Las tareas son priorizadas en base a las fechas de entrega o *Lead Times* y otra consideración que puede ser modelada como un peso. El número de máquinas o *facilities* es más de dos, por lo que, el problema de la papelera corresponde al tipo 1.1.1c. La estructura de objetos seleccionada para el caso de la papelera se muestra en la Figura 9-7.

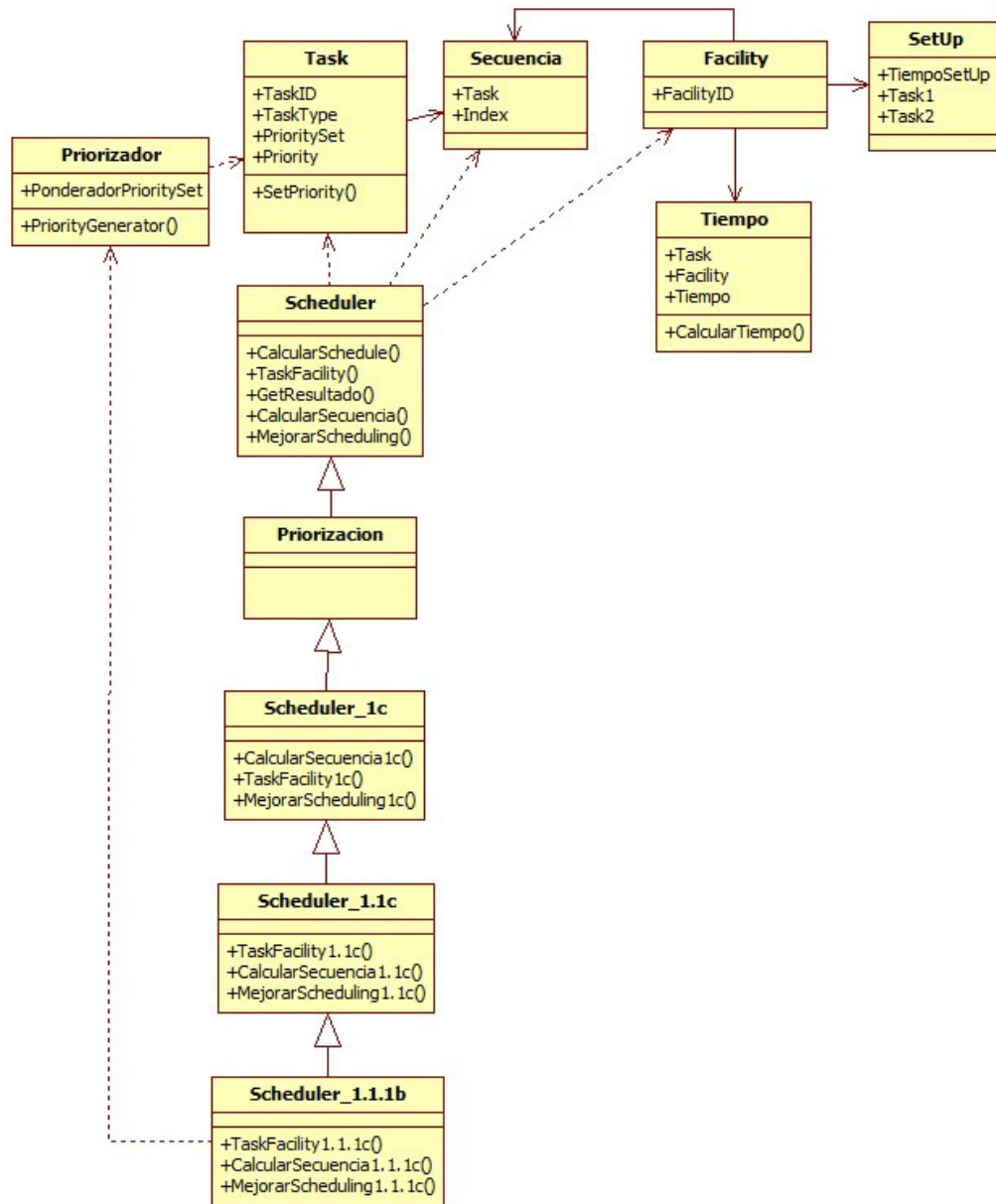


Figura 9-7: Estructura de Objetos de Negocios particular de la papelera

## **9.5.2 Métodos Computacionales para el caso de la Papelera**

A continuación se presenta una descripción de los métodos que aparecen en la estructura de objetos de negocios para el caso de la papelera. En este caso las tareas corresponden a pedidos y los *facilities* corresponden a maquinas cortadoras.

### **9.5.2.1 Scheduler.CalculateSchedule**

Este corresponde el método central que permite calcular la programación de pedidos a máquinas cortadoras. Este método no varía del método utilizado en el caso de pabellones. En este punto se consideran:

- Factibilidad de cada combinación (utilizando el método *TaskFacility*)
- Consideraciones especiales de los pedidos

Como consecuencia de la aplicación del método se tendrá al final del proceso el máximo de soluciones factibles.

### **9.5.2.2 Scheduler.TaskFacility**

Este método consiste en verificar la factibilidad de realizar un determinado pedido en una determinada máquina. Este método es el que presenta mayores diferencias entre el caso de pabellones y el caso de la papelera. Por pedido, se deben tener las siguientes consideraciones:

- Tiempo de procesamiento del pedido (que no sobrepase el periodo de programación)
- *Lead Times* de pedidos estrictos se deben respetar bajo cualquier condición.
- Este método permite sobrepasos de *Lead Times* en casos flexibles, pero se debe almacenar el tiempo sobrepasado (dependiendo del pedido este puede ir multiplicado por un factor que simbolice la importancia de dicho pedido)
- Alguna otra consideración especial de los pedidos que impida asignarla a una

determinada máquina

Este método no sólo “encola” pedidos en una máquina, sino que además explora diferentes ordenamientos de pedidos en cada máquina para encontrar la mejor solución. Sin embargo, el ordenamiento definitivo sigue estando en el método *MejorarScheduling*, aquí sólo se determina la factibilidad y los tiempos totales de sobrepaso de pedidos flexibles.

### ***9.5.2.3 Scheduler.MejorarScheduling***

En este método se evalúan las soluciones entregadas por el método anterior. La principal diferencia entre la programación de pabellones y de pedidos en la papelera es que este método incorpora en su interior llamados al método de *CalcularSecuencia*. Esto es debido a que la incorporación de *Lead Times* en la programación hace que no sea posible separar la asignación del secuenciamiento. Por esto es que el método de *MejorarScheduling* y el de *CalcularSecuencia* también deben cambiar.

En este método lo que se hace es para cada solución y para cada máquina dentro de esta solución se calcula la mejor secuencia con el método *CalcularSecuencia* y se elige la mejor solución.

### ***9.5.2.4 Scheduler.CalcularSecuencia***

Este método determina la mejor secuencia dentro de una asignación dada de pedidos a máquinas. Para cada máquina, este método elige la mejor secuencia de pedidos que:

- Permite terminar la mayor cantidad de pedidos antes del plazo de entrega.
- Tiene el mínimo sobrepaso de pedidos flexibles.

Este método debe calcular los sobrepasos de pedidos flexibles y el número de pedidos terminados antes del plazo de entrega para cada máquina y elige la mejor



### 9.5.2.5 Priorizador.PriorityGenerator

Este método pertenece al objeto Priorizador y determina la prioridad de cada pedido. Esta prioridad indica la forma en la cual ingresaran los pedidos al método *CalcularSchedule*. En este caso la prioridad está dada por los plazos de vencimiento de los pedidos o *Lead Times*. También, los pedidos pueden tener plazos que pueden ser de 2 tipos: estrictos y flexibles. Es decir la prioridad siempre la tendrán los pedidos con *Lead Times* estrictos.

Una forma de ordenar los pedidos es en función de su plazo de vencimiento dando prioridad a los más urgentes. Sin embargo, esto no considera el hecho que los pedidos tienen distintos tiempos de procesamiento. Se propone para este caso calcular un factor que determinará la prioridad. Este factor se calcula de la siguiente forma:

$$F_i = e_i + \frac{tp_i}{te_i} \quad (9.1)$$

donde  $tp_i$  es el menor tiempo de procesamiento del pedido  $i$ ,  $te_i$  es el tiempo entre el inicio del periodo de programación y el plazo de entrega y

$$e_i = \begin{cases} 1, & \text{si el pedido } i \text{ es estricto} \\ 0, & \sim \end{cases} \quad (9.2)$$

En este caso el Factor  $F_i$  se ordena de mayor a menor y se obtienen las tareas priorizadas en función de los plazos de vencimiento y considerando plazos estrictos y flexibles.

### **9.5.2.6 Tiempos. Calcular Tiempos**

El objeto Tiempos y en especial este método aparecen cuando el tiempo de procesamiento de una tarea depende del *facility* donde se realice. Este no es el caso de pabellones donde el tiempo de cada paciente no varía entre un día y otro o entre un pabellón y otro. En el caso de la papelera existen tiempos diferentes entre una máquina y otro, en especial entre un pedido y otro.

Este método calcula una matriz que contiene los tiempos de cada pedido en cada máquina. Esto es debido a que cada máquina tiene una función del tiempo que se demora, que está relacionada con el largo de los cortes del pedido.

## **Capítulo 10**

### **Lecciones Aprendidas y Trabajos Futuros**

En este capítulo se presentan las lecciones aprendidas en el desarrollo de este proyecto de tesis. Éstas cubren varios aspectos que fueron parte de la investigación, por lo que se presentan en ítems distintos. Al final de este capítulo se presentan los trabajos futuros que se muestran como posibles extensiones a este proyecto.

#### **10.1 Lecciones aprendidas**

A modo de conclusión del proyecto se presentan las lecciones aprendidas, en la implementación, en el desarrollo y en la posterior evaluación.

### ***10.1.1 De la estrategia y el enfoque de procesos***

La metodología utilizada para enfrentar el problema de esta tesis sigue una estructura que fue presentada en la sección 2.1.1. La metodología utilizada orientó la investigación, el desarrollo y la implementación del proyecto de tecnologías de información. Esto es debido a que la metodología sigue un enfoque *top-down*, que asegura centrarse en el rediseño de los procesos adecuados y con mayor impacto estratégico.

La metodología utilizada fue adecuada para los múltiples objetivos y motivaciones del problema. En especial, la teoría de procesos de negocios permite tanto identificar problemas como plantear rediseños que mejoren diferentes aspectos en una organización. Esto es positivo desde el punto de vista de la implementación y la gestión del cambio, ya que permite generar sentido y narrativas adecuadas para los diferentes intereses que coexisten en los hospitales.

### ***10.1.2 De los procesos y la lógica compleja***

Esta tesis tiene, aparte de una lógica de negocios compleja, una componente de procesos muy importante y relevante desde el punto de vista conceptual. En este sentido, los modelos por si solos difícilmente pueden ser implementados sin un análisis de los procesos que impactan. La principal ventaja del enfoque conjunto es que ésta asegura que los modelos se incorporen a los procesos y así se utilicen en la práctica.

El funcionamiento de los hospitales ha sido el fruto de la historia y la experiencia de quienes lo integran. Rara vez, los diseños de éstos son sistémicos, orientados al funcionamiento y al cumplimiento de los objetivos en su conjunto, lo cual hace que los procesos de negocios sean ineficientes [1]. Los esfuerzos de mejora en los hospitales se realizan de forma parcial, centrándose sólo pequeñas partes del procesos u organización, lo que, en definitiva, genera impactos locales o poco significativos desde el punto de vista del negocio.

Lo observado durante el desarrollo del proyecto es que, organizacionalmente no existe una cultura de programación anticipada de los pabellones, la cual solucionaría muchos problemas que aquejan al hospital. Esto se debe a la cantidad de recursos y procesos que deben coordinarse para que se ejecute una tabla quirúrgica. Esta práctica ha resultado en una ausencia de programación en la mayoría de los equipos quirúrgicos, principalmente por desconocimiento del impacto que esto tiene en el resto de los procesos.

Otra fuente de ineficiencia es confiar primero en la experiencia de quienes se encuentran en el negocio, dándole mucha importancia a la intuición y a la experiencia. Lo cual, en algunos casos, perjudica los resultados, sobre todo cuando la cantidad de información que debe ser procesada para tomar una decisión es muy grande.

### ***10.1.3 De la gestión de hospitales***

El retraso en la adopción de tecnologías de información en los hospitales públicos es evidente. Esto se puede deber a múltiples factores, en especial a que los presupuestos no contemplan inversiones en tecnologías de información y a que se han privilegiado inversiones en otras áreas. En este sentido, el sector salud presenta una barrera de entrada para los proyectos de implementación tecnológica.

La programación de pabellones necesita que la organización en su conjunto defina reglas sobre las cuales tome decisiones que permitan realizar esta programación. Para esto se requiere que la organización formalice y ejecute buenas prácticas, asociadas a la toma de decisiones. Gestionar los pabellones quirúrgicos de esta manera puede ser un objetivo en base al cual se formalicen tanto criterios como prácticas, que guíen a los hospitales a la frontera de productividad.

La programación de pabellones requiere de una gran cantidad de información de los pacientes y de los recursos del hospital. Esta información debe ser íntegra, correcta y actualizada. La experiencia adquirida en los hospitales en los cuales se trabajó indica que las

bases de datos de éstos están contaminadas con datos erróneos, campos faltantes, información duplicada, etc. Esto dificulta la adopción de técnicas como las aquí descritas, ya que todas se sustentan en bases de datos que se deben encontrar en perfecto estado para poder obtener los resultados deseados.

Las técnicas de gestión de operaciones y optimización de procesos de negocios pueden tener un impacto significativo en el hospital. Sin embargo, estas técnicas requieren de un compromiso de toda la organización, en especial de los médicos. Los equipos médicos trabajan principalmente en todo el proceso, desde el ingreso de los pacientes a la lista de espera, que marca el comienzo del proceso quirúrgico, hasta el término de la operación. Cada decisión que se toma en este proceso impacta el funcionamiento de prácticamente todas las partes que componen el hospital, por la transversalidad del proceso.

#### ***10.1.4 Sobre los resultados***

Los resultados de las pruebas muestran que es posible formalizar las reglas de asignación. Éstas permiten generar programaciones que tienen sentido desde el punto de vista clínico, para ser ejecutadas en casos reales.

En este proyecto se plantea una forma en la cual se debe realizar la gestión de pabellones. En este sentido, el proyecto se hace cargo de incorporar criterios de equidad y oportunidad en la asignación de pacientes a pabellón. La formalización de estos criterios transparenta la decisión, ya que los criterios fueron definidos por el conjunto de médicos que participó en el proyecto. En este sentido el desarrollo está alineado con la estrategia del hospital y los objetivos que fueron definidos éste.

Los criterios de optimalidad, expresados en los modelos de programación o algoritmos utilizados buscan, entre otras cosas, disminuir el número de intervenciones quirúrgicas (pacientes) en lista de espera. El respeto de la prioridad de los pacientes al momento de decidir qué paciente es operado es un punto significativo, ya que es mediante esta asignación que la

lista de espera priorizada tiene sentido. Los resultados muestran que la decisión de asignación de los modelos desarrollados respeta esta prioridad.

Como resultado del rediseño y la aplicación de técnicas de programación se obtiene una mejor coordinación entre las entidades al interior del hospital. Esto es debido a que la planificación de los pabellones puede permitir a otras áreas, que deben servir a pabellones, saber con anticipación los requerimientos de ésta.

### ***10.1.5 Tecnología y datos***

Para la implementación del plan piloto se utilizó la tecnología de ejecución de procesos. Esta tecnología permite desarrollos ágiles e incorporar cambios y modificaciones de manera rápida y efectiva. En este sentido, la ejecución de procesos mostró una ventaja sobre las tecnologías tradicionales de diseño y construcción de *software*.

Por otro lado, en este proyecto se mostró cómo es posible incorporar lógicas de negocios complejas, ejecutadas por usuarios sin conocimientos específicos en análisis combinatorial. En este sentido, se mostró además cómo la unión de los motores de ejecución de procesos y los lenguajes de interfaz web pueden ser acopladas para obtener sistemas robustos y amables para los usuarios.

## **10.2 Trabajos futuros**

A continuación se presentan los trabajos que se desprenden de esta investigación.

### ***10.2.1 Procesos relacionados***

El cálculo de la tabla quirúrgica, que es apoyado por los modelos de programación de pabellones, es sólo una parte del complejo proceso de programar los pabellones en un hospital

público. Otros procesos influyen sobre éstos y muchos otros se llevan a cabo en función de la planificación que éstos contienen. En este sentido, una programación de pabellones basada en una planificación construida en base a modelos que incorporen oportunidad de atención y asignaciones centradas en el beneficio global, debería entregar mejores resultados.

Es fácil ver en los diagramas de procesos que la programación de pabellones está relacionada con muchas otras áreas al interior del hospital. Esto se debe a la cantidad de recursos y procesos que deben coordinarse, donde destaca la importancia de abordar el diseño de los otros procesos que se derivan de la programación. De esta forma, se puede asegurar la disponibilidad de los recursos para poder ejecutar la programación o, en su defecto, coordinar una reprogramación. Las intervenciones quirúrgicas, por lo general, requieren de personal, insumos y equipamientos críticos, esto quiere decir que la ausencia de uno éstos es causal de cancelación de la intervención. En este sentido, coordinar de manera óptima los insumos, equipos y personal puede ser incorporado al proyecto de pabellones como un complemento a éste.

### ***10.2.2 Problema multi-etapas***

Desde el punto de vista teórico, la programación de pabellones puede ser considerada como un problema multi-etapas, ya que el paciente antes de ser operado debe pasar por procesos de anestesia, post anestesia y recuperación. Una posible extensión de este proyecto es considerar la problemática de la asignación de camas en la programación de pabellones. Sin embargo, agregar estas nuevas consideraciones no es tarea fácil, ya que los otros recursos no sólo atienden a pacientes de pabellones, sino que a pacientes provenientes de otras líneas de atención como urgencias, hospitalizaciones, etc.

### ***10.2.3 Planificación de capacidad de pabellones***

En esta tesis se asumió una asignación de pabellones y jornadas a especialidades, pero la asignación histórica de capacidad a las especialidades puede no ser óptima. Una posible



extensión a este proyecto es replantear el primer y segundo subproblema detallados en la sección 2.2. El primer subproblema corresponde a determinar qué porcentaje del tiempo se debe asignar a cada especialidad. El segundo subproblema corresponde a determinar qué bloques de tiempo y qué pabellones deben ser asignados a cada especialidad. Mejoras en este sentido pueden aumentar el rendimiento del hospital en su conjunto o centrar sus esfuerzos en la demanda.

#### ***10.2.4 Estimación de tiempos quirúrgicos***

Una consideración muy importante, si se pretende implementar una solución de este tipo, es la estimación de los tiempos quirúrgicos. Mientras más precisas sean estas estimaciones, mejores serán los resultados de los modelos. Si las estimaciones de tiempo quirúrgicos son más largas que los tiempos quirúrgicos reales, entonces esto dará origen a resultados menos eficientes de la utilización de pabellón. La utilización sistemática de apoyos computacionales como éste, puede ayudar a mejorar la estimación de los tiempos quirúrgicos al registrar los tiempos quirúrgicos de las intervenciones que ya fueron realizadas.

#### ***10.2.5 Mecanismos de control***

La información extraída de esta sistematización podría permitir realizar modificaciones de más alto nivel y que impacten en la forma en la cual se toman las decisiones, orientando los esfuerzos de los hospitales a los pacientes. En este sentido, la sistematización puede generar información que permita controlar el funcionamiento de los pabellones.

# Capítulo 11

## Referencias bibliográficas

- [1] **Barros O.** Componentes de Lógica del Negocio Desarrollados a partir de Procesos, Serie Gestión N°34, 2002.
- [2] **Barros O.** Ingeniería e-Business: Ingeniería de negocios para la economía Digital. 2004.
- [3] **Barros O.** Ingeniería de Negocios. Diseño Integrado de Negocios, Procesos y Aplicaciones TI - 2da, 3ra y 4ta parte. Universidad de Chile. 2010.
- [4] **Barros O.** Proyecto de Patrones de Procesos de Negocios. 2007.

- [5] **Barros O.** Reingeniería de procesos de negocios: Un enfoque metodológico. Editorial Dolmen. 1995.
- [6] **Barros, O. y Julio C.** *Enterprise and process architecture patterns*, Business Process Management Journal. 17: 598-618, 2011.
- [7] **Barros, O. y Julio C.** *Integrating Modeling at Several Design Abstraction Levels in Architecture and Process Design*, BPTrends. 2009.
- [8] **Barros O. y Varas S.** Frameworks Derived from Business Process Patterns, Departamento de Ingeniería industrial, Universidad de Chile. 2004.
- [9] **Beliën J. y Demeulemeester E.** Integer programming for building robust surgery schedules, Research Report, OR 0446, 2004.
- [10] **Blake J. y Donald J.** Mount Sinai Hospital uses integer programming to allocate operating room time, Interfaces, 32:63-73, 2002.
- [11] **Brandeau M. L., Sainfort F., Pierskalla W. P.** Operation Research and Health Care: A Handbook of Methods and Applications. 2005.
- [12] **Cardoen B., Demeulemeester E. y Beliën J.,** Operating room planning and scheduling: A literature review European Journal of Operational Research, Accepted Manuscript, 2009.
- [13] **Cardoen B., Demeulemeester E. y Beliën J.** Optimizing a multiple objective surgical case scheduling problem, International Journal of Production Economics, (On line) [https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/120976/1/KBI\\_0625.pdf](https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/120976/1/KBI_0625.pdf), 2009.

- [14] **Davenport T., Harris J. y Morriso H.** *Analytics at Work: Smarter decisions, better results.* Harvard Business Press. 2010.
- [15] **Dexter F. y Macario A.** Changing allocations of operating room time from a system based on historical utilization to one where the aim is to schedule as many surgical cases as possible. *Anesthesia and Analgesia*, 94:1272-1279, 2002.
- [16] **Jansson A. y Delgado C.** Optimización del proceso de cirugía en hospitales públicos. Una aplicación de la modelación matemática entera a la prestación de atención quirúrgica en el hospital del Salvador, Santiago de Chile. *Pharos*. 7(1):31-62, 2000.
- [17] **Johnson M., Christensen C. y Kagermann H.** *Reinventing your business model.* 2008.
- [18] **Kaplan R. y Norton D.** *Strategy Maps: Converting intangible assets into tangible outcomes.* 2004.
- [19] **MINSAL.** <http://www.redsalud.gov.cl>. [En línea] Abril de 2010.
- [20] **Hughes W.L. y Soliman, S.Y.** Short-term case mix management with linear programming, *Hospital and Health Service Administration*, 30(1):52-60, 1985.
- [21] **Santibáñez P., Begen M. y Atkins D.** Surgical block scheduling in a system of hospitals: an application to resource and wait list management in a British Columbia health authority. *Health Care Manage Sci* 10:269-282, 2007.
- [22] **Suri, R.** *Quick Response Manufacturing: A Competitive Strategy for the 21st Century.* 2002.

- [23] **Testi A., Tanfani E., Valente R., Ansaldo L. y Torre C.** Prioritizing surgical waiting lists. University of Genova, Villa Scassi Hospital, Génova, Italy. *Journal of Evaluation in Clinical Practice* 14:59-64, 2006.
- [24] **Wolff P, Durán G. y Rey P.** Modelos de programación matemática para asignación de pabellones quirúrgicos en hospitales públicos. *Revista Ingeniería de Sistemas* 26:23-48, 2012

## Capítulo 12 Anexos

### 12.1 Anexo: Estimación de la tasa de descuento

En algunos estudios realizados en este hospital se han encontrado diferentes tasas de descuento para la evaluación de algunos proyectos. Algunas de éstas parecen ser muy diferentes entre ellas, por lo cual se decidió estimar la tasa de descuento a través una metodología ampliamente utilizada.

El WACC (*Weighted Average Cost of Capital*) representa la tasa de descuento que debe utilizarse para descontar los flujos de fondos operativos, dado que ésta considera el costo de oportunidad del capital de la institución que es el nivel mínimo de rentabilidad que se debe exigir a cualquier inversión o gestión económica para justificar sus operaciones. Para la estimación del WACC de un hospital público se requiere conocer el beta del rubro de la

institución evaluada, con la finalidad de entender y considerar cual es el riesgo idiosincrático que enfrenta la institución. Para esto, se utiliza generalmente la metodología de CAPM (*Capital Asset Pricing Model*), en el que a través de un parámetro característico al sector denominado beta se recoge el riesgo mencionado.

Según el CAPM, el capital accionario apalancado es:

$$r_E = r_f + \beta_L (r_m - r_f) \quad (12.1)$$

Para la estimación de la rentabilidad del patrimonio de instituciones de salud se utilizó la base de datos de Aswath Damodaran, ampliamente utilizados en estos problemas. En particular, en la base de datos de Betas de Empresas de Países en Desarrollo<sup>iii</sup>, se estima que el Beta desapalancado de las firmas del sector salud (Considerando el promedio de 72 empresas a nivel mundial ubicadas en países en desarrollo) es de un 0,69.

Esta metodología requiere también la estimación de la prima por riesgo<sup>iv</sup> asociada a la economía analizada, siendo ésta la diferencia entre la rentabilidad del portafolio de mercado y la tasa libre de riesgo. Damodaran publica en su página la base de datos de primas por riesgo para economías emergentes, siendo el dato particular para la economía chilena de un 6,05%.

Para determinar la tasa libre de riesgo se considera comúnmente las tasas de los bonos en pesos emitidos por el Banco Central de Chile, considerando que estos instrumentos financieros son los de menor riesgo en la economía nacional, en particular, se consideró el bono en pesos a 5 años que corresponde a un horizonte de análisis relevante tanto para flujos

---

<sup>iii</sup> [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/archivo\\_betaemerg.xls](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/archivo_betaemerg.xls)

<sup>iv</sup> [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/archivo\\_crtyprem.xls](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/archivo_crtyprem.xls)

de este proyecto. En particular la tasa cotizada de mercado para este bono es de un 2,64%, obtenido de la Base de Datos del Banco Central disponible en su página web<sup>v</sup>.

Considerando que la estructura de capital no considera deuda debido a que la institución analizada no cuenta con apalancamiento, la rentabilidad exigida al patrimonio será:

$$r_E = 2,64\% + 0,69 \cdot 6,05\% \quad (12.2)$$

Luego se obtiene,

$$r_E = 6,81\% \quad (12.3)$$

Dado esto, se consideró que el patrimonio es equivalente al valor de los activos, por lo que el WACC es equivalente a la rentabilidad del patrimonio dada la inexistencia de pasivos, por lo que finalmente la tasa utilizada para evaluar y valorizar este tipo de instituciones será:

$$WACC = 6,81\% \quad (12.4)$$

---

<sup>v</sup> [www.bcentral.cl](http://www.bcentral.cl)



## 12.2 Interfaces del Piloto

A continuación se presentan ejemplos de la interfaces que fueron utilizadas en la implementación piloto. Éstas Fueron desarrolladas en JSP y utilizaron librerías de Google Calendar para el manejo y despliegue de calendarios.

### 12.2.1 Seleccionar pacientes

**Gestión de Pabellones**

Usuario: Enfermera, Médico [\[Salir\]](#)

[Seleccionar pacientes](#)
[Programar Pabellones](#)
[Consultar Programacion](#)
[Administrar](#)

Seleccionar pacientes de la lista de espera

*Seleccione la especialidad*

*Seleccione la semana*

Nº	Días Espera	Nombre Completo	Diagnóstico - Intervención	Tipo de Hosp.	Médico Diagnóstico		
1		Nombre Apellidos	Diagnóstico - Intervención	Tipo de Hosp.	Médico		
2		Nombre Apellidos	Diagnóstico - Intervención	Tipo de Hosp.	Médico		
3		Nombre Apellidos	Diagnóstico - Intervención	Tipo de Hosp.	Médico		
4		Nombre Apellidos	Diagnóstico - Intervención	Tipo de Hosp.	Médico		

Mostrando registros: [Primero](#) [1](#) [2](#) [3](#) [4](#) [5](#) [6](#) [Último](#)

El número de pacientes seleccionados para la semana xx es actualmente 1

**Figura 12-1: Interfaz de Seleccionar Pacientes**

En interfaz presentada en la Figura 12-1 es posible ver al paciente 3 como disponible. Al hacer clic sobre la figura de la derecha un paciente pasa de un estado disponible a no disponible y viceversa. Esta disponibilidad o no disponibilidad dura el período de una semana dependiendo de la semana seleccionada en el *combobox* superior. En esta interfaz destaca la facilidad de uso y el tremendo potencial que permite un proceso de manejo de estado de los pacientes.

### 12.2.2 Programar Pabellones

El principal proceso del rediseño planteado es el de programación de pabellones. Este esta compuesto por varias interfaces que se presentan en esta sección. La primera es la interfaz que permite modificar la disponibilidad horaria del personal. Esta interfaz se muestra en la Figura 12-2.

**Gestión de Pabellones**

Usuario: Jefe de Especialidad [\[Salir\]](#)

Seleccionar pacientes | Programar Pabellones | Consultar Programacion | Administrar

Editar Jornadas Disponibles para la próxima semana

Medico 1 (horarios disponibles para la próxima semana)

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Mañana	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tarde	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Medico 2 (horarios disponibles para la próxima semana)

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Mañana	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tarde	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Observaciones sobre las jornadas disponibles

Observaciones...

Volver | Restablecer | Aceptar

**Figura 12-2: Interfaz de jornadas finales**

En esta interfaz es posible determinar los horarios en los cuales está disponible un médico, haciendo la distinción entre días y jornadas de mañana o tarde. Mediante la función restablecer se permite al usuario volver al programa horario establecido la semana anterior.

La interfaz presentada en la Figura 12-3 es la que permite actualizar la información clave para la programación relativa a los pacientes disponibles.

USUARIO: Jefe de Especialidad [\[Salir\]](#)

Seleccionar pacientes Programar Pabellones Consultar Programacion Administrar

Actualizar la lista de espera

URO - UROLOGIA

Seleccione la especialidad

Nº	Días Espera	Nombre Completo	Diagnóstico - Intervención	Tiempo total	Médico Asignado
1	23	Nombre del Paciente 1	Diagnóstico - Intervención del Paciente 1	tiempo Qx. <input type="text"/> tiempo Anes. <input type="text"/>	--- <input type="button" value="Buscar"/> <input type="button" value="Asignar"/>
2	76	Nombre del Paciente 2	Diagnóstico - Intervención del Paciente 2	tiempo Qx. <input type="text"/> tiempo Anes. <input type="text"/>	Médico 1 <input type="button" value="Buscar"/> <input type="button" value="Asignar"/>
3	3	Nombre del Paciente 3	Diagnóstico - Intervención del Paciente 3	tiempo Qx. <input type="text"/> tiempo Anes. <input type="text"/>	--- <input type="button" value="Buscar"/> <input type="button" value="Asignar"/>
4	7	Nombre del Paciente 4	Diagnóstico - Intervención del Paciente 4	tiempo Qx. <input type="text"/> tiempo Anes. <input type="text"/>	--- <input type="button" value="Buscar"/> <input type="button" value="Asignar"/>

Mostrando registros  1 2 3 4 5 6

**Figura 12-3: Interfaz de actualizar lista de espera**

En esta interfaz se muestran los tiempos quirúrgicos y de anestesia definidos y se permite modificarlos. Permite, además, fijar algún médico para que realice la intervención de

uno de los pacientes disponibles. A lado izquierdo aparecen unos botones que permiten fijar un paciente prioritario o si un paciente es factible de ser programado condicional o no.

La interfaz de la Figura 12-4 permite verificar la propuesta de programación de pabellones.

**Gestión de Pabellones**

Usuario: Jefe de Especialidad [\[Salir\]](#)

Seleccionar pacientes | Programar Pabellones | Consultar Programacion | Administrar

Consultar Programación de Pabellones

Programación valida desde el 26/03/2012 al 30/03/2012

Hoy 26 de mar - 1 de abr de 2012

Imprimir Semana Mes Agenda

lun 26/3 mar 27/3 mié 28/3 jue 29/3 vie 30/3 sáb 31/3 dom 1/4

08:00  
09:00  
10:00  
11:00  
12:00  
13:00  
14:00

08:30 - 10:45  
Paciente 1

10:45 - 13:15  
Paciente 8

08:30 - 10:15  
Paciente 3

10:15 - 13:30  
Paciente 4

08:30 - 09:40  
Paciente 2

09:40 - 13:15  
Paciente 5

Los eventos se muestran en la zona horaria: Santiago

Volver Reprogramar Aceptar

Lista de Pacientes no Programados

URO - UROLOGIA

Nº	Días Espera	Nombre Completo	Diagnóstico - Intervención	Teiempo total	Razón	Médico Asignado		
6		Nombre del Paciente 6	Diagnóstico - Intervención del Paciente 6	tiempo Qx. tiempo Anes.		Médico no asignado		
7		Nombre del Paciente 7	Diagnóstico - Intervención del Paciente 7	tiempo Qx. tiempo Anes.		Médico no asignado		
9		Nombre del Paciente 9	Diagnóstico - Intervención del Paciente 9	tiempo Qx. tiempo Anes.		Médico no asignado		

Mostrando registros

Primero 1 2 3 4 5 6 Último

**Figura 12-4: Interfaz de presentación de resultados del modelo**

Esta interfaz permite programar pacientes que no fueron programados por los modelos, utilizando la flecha ubicada a la derecha de la lista de pacientes que no fueron programados.

Para las intervenciones programadas se utilizó los eventos de Google calendar, los que son generados automáticamente una vez confirmada la programación. Esto permite compartir la programación con otros usuarios Google compartiendo las propiedades de éstos como edición, notificaciones, información adicional y plataformas cómodas de despliegue en navegadores y *Smartphones*.