



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

DISMINUCIÓN Y GESTIÓN DE SUSPENSIONES QUIRÚRGICAS BASADA EN EL  
APOYO DE LA TOMA DE DECISIONES EN PABELLÓN QUIRÚRGICO DEL  
HOSPITAL EXEQUIEL GONZÁLEZ CORTÉS

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

IAN PAULO RAYMUNDO ALBORNOZ

PROFESOR GUÍA:

PATRICIO WOLFF ROJAS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

SEBASTIÁN RÍOS PÉREZ

CRISTIAN JULIO AMDAN

BEGOÑA YARZA SÁEZ

SANTIAGO DE CHILE

2016

## RESUMEN

Un medio de apoyo a la toma de decisiones mejora la programación de pabellón quirúrgico y reduce las suspensiones quirúrgicas, que fueron el 14% de las operaciones en el 2015. El cálculo de la duración de las operaciones y el cálculo de la cantidad de operaciones condicionales (sobreventa), de manera idónea, brinda parte de la solución, sin embargo los principales beneficios son pequeños, debido a la escasa información, complejidad de las decisiones, recolección y procesamiento de datos. Los sistemas de producción con gran demanda para servicios especializados generan retos que el personal del hospital resuelve en parte. Esto motiva a utilizar la Metodología de la Ingeniería de Negocios que planifica, diseña e implementa una solución para superar estas complejidades, acorde con los objetivos de la institución. En específico, se diseñó e implemento un aplicativo el cual fue probado en un piloto durante dos meses. Con los datos generados se utilizaron técnicas de inteligencia de negocio para determinar el método más adecuado para el cálculo de duraciones de los servicios y se generó un modelo para gestionar la sobreventa. Como resultado se brinda tres aportes, primero se distingue los factores que originan disfuncionalidades, las acciones de los gestores para afrontar esas disfuncionalidades y la forma de generar oportunidades de mejorar los resultados de las decisiones de los gestores. Segundo, se demuestra la capacidad de mejorar en la precisión del cálculo de la duración de una operación, de 26% a 52%, utilizando la mediana agrupada por tipo de operación. Tercero, se presenta un modelo de sobreventa que considera la factibilidad operativa y prioridad médica.

## KEYWORDS

Service calculating time; Overbooking model; Description from High demand to specialized services.

# TABLA DE CONTENIDO

---

INTRODUCCIÓN.....	8 -
1. DESCRIPCIÓN GENERAL.....	10 -
1.1. Legislación y cobertura.....	10 -
1.2. Características de los pacientes y demanda.....	10 -
1.3. Estructura Orgánica.....	13 -
1.3.1. Centros de Referencia de Salud (CRS).....	13 -
1.3.2. Detalle del Hospital Exequiel González Cortés.....	15 -
1.3.3. Servicio de Pabellón.....	17 -
1.4. Características de servicio.....	17 -
1.5. Ingresos del hospital.....	19 -
1.5.1. Posibles fuentes de ingresos.....	19 -
1.5.2. Principales fuentes de ingresos.....	20 -
1.5.2.1. Ingresos del Programa de Prestaciones Valoradas.....	20 -
1.5.2.2. El Programa de Prestaciones Institucionales (PPI).....	20 -
1.6. Aspectos centrales del capítulo.....	21 -
2. MARCO METODOLÓGICO Y MARCO TEÓRICO.....	22 -
2.1. Marco metodológico.....	22 -
2.1.1. Método de modelamiento IDEF0.....	22 -
2.1.2. Modelamiento con BPMN.....	23 -
2.1.3. Ingeniería de negocios.....	24 -
2.1.4. Modelo Lógico para Pabellón Quirúrgico.....	25 -
2.1.5. El mejoramiento del sistema de producción.....	26 -
2.1.6. Diseño Empático para la Innovación.....	28 -
2.1.7. Mejora continua con el Ciclo de Deming.....	30 -
2.2. Marco teórico.....	31 -
2.2.1. Disminución de suspensiones o postergaciones quirúrgicas.....	32 -
2.2.2. Recolección y procesamiento de datos.....	32 -
2.2.2.1. Gestión del conocimiento.....	33 -
2.2.2.2. Estadística inferencial.....	34 -
2.2.3. Cálculo de la duración de la operación.....	36 -
2.2.3.1. Enfoques con datos preoperatorio u Offline.....	36 -
2.2.3.2. Enfoques intra-operatorios u Online.....	37 -
2.2.4. Métodos predictivos.....	38 -
2.2.5. Sobreventa u <i>Overbooking</i> .....	39 -
2.2.6. Identificación de modalidad en distribuciones.....	39 -
2.2.7. Medidas de medición de pronóstico.....	41 -
2.3. Aspectos centrales del capítulo.....	42 -
3. ANÁLISIS ESTRATÉGICO, MODELO DE NEGOCIO Y ARQUITECTURA DE PROCESOS.....	43 -
3.1. Análisis Estratégico.....	43 -
3.1.1. Misión y Visión.....	43 -
3.1.1.1. Misión.....	43 -
3.1.1.2. Visión.....	43 -
3.1.2. Estrategia.....	44 -

3.1.3.	Cuadro de Mando Integral. ....	- 45 -
3.2.	Modelo de negocio. ....	- 47 -
3.2.1.	Propuesta de valor al paciente.....	- 48 -
3.2.2.	Procesos claves.....	- 48 -
3.2.3.	Recursos claves. ....	- 48 -
3.2.4.	Formula de Beneficios. ....	- 49 -
3.3.	Arquitectura de Procesos.....	- 49 -
3.3.1.	Macroprocesos. ....	- 49 -
3.3.2.	Servicios Comunes Propios.....	51
3.3.3.	Servicio de Pabellón. ....	- 53 -
3.3.3.1.	Análisis de la Demanda. ....	- 57 -
3.3.3.2.	Gestión de Recursos Necesarios.....	- 59 -
3.3.3.3.	Planificación y Control de Pabellones. ....	- 60 -
3.3.3.4.	Entrega y Ejecución del Servicio.....	- 62 -
3.3.3.5.	Ejecución Quirúrgica.....	- 64 -
3.4.	Aspectos centrales del capítulo. ....	- 65 -
4.	ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA.....	- 67 -
4.1.	Factores de disfuncionalidades operativas. ....	- 69 -
4.1.1.	Variabilidad de requerimientos en insumos-equipos. ....	- 71 -
4.1.2.	Variabilidad de procedimientos para cada tipo de diagnóstico. ....	- 71 -
4.1.3.	Características del sistema de salud.....	- 72 -
4.1.4.	La composición y organización del personal médico. ....	- 73 -
4.1.5.	Los métodos y procedimientos de gestión del hospital. ....	- 73 -
4.2.	Factores, disfuncionalidades y efectos finales. ....	- 77 -
4.3.	Aspectos centrales del capítulo. ....	- 79 -
5.	RESIDISEÑO DE PROCESOS.....	- 80 -
5.1.	Definición de la solución. ....	- 80 -
5.1.1.	Objetivo General.....	- 80 -
5.1.1.	Diagnóstico del Problema. ....	- 80 -
5.1.2.	Definición de la solución y sus características. ....	- 81 -
5.1.3.	Objetivos Específicos. ....	- 82 -
5.1.4.	Alternativas de Solución. ....	- 82 -
5.1.4.1.	Generación de Alternativas de Solución. ....	- 83 -
5.1.4.2.	Evaluación de Alternativa. ....	- 83 -
5.2.	Rediseño de la arquitectura de procesos.....	- 84 -
5.2.1.	Macro Procesos.....	- 85 -
5.2.1.1.	Planificación y Control de Pabellones. ....	- 85 -
5.2.1.2.	Planificar Pabellón. ....	- 87 -
5.2.1.3.	Controlar Pabellón.....	- 87 -
5.2.1.3.1.	Analizar performance de las Operaciones Quirúrgicas. ....	- 88 -
5.2.1.4.	Ejecución y Entrega del Servicio.....	- 89 -
5.2.1.5.	Ejecución de Operaciones.....	- 90 -
5.2.2.	Business Process Model and Notation.....	- 91 -
5.2.2.1.	Monitorear Ejecución Quirúrgica.....	- 91 -
5.2.2.2.	Preparar datos de operaciones quirúrgicas. ....	- 91 -
5.2.2.3.	Desarrollar indicadores de control. ....	- 92 -



5.2.2.4.	Generar Directivas de Control. ....	- 93 -
5.2.2.5.	Determinar acciones de control. ....	- 94 -
5.3.	Aspectos centrales del capítulo. ....	- 95 -
6.	DISEÑO DE LA LÓGICA NEGOCIO Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....	- 96 -
6.1.	Duración de las operaciones por cada actividad. ....	- 99 -
6.1.1.	Actividades del Negocio.....	- 99 -
6.1.2.	Duración de la actividad <i>Anestesiarse al Paciente</i> . ....	- 101 -
6.1.3.	Duración de la actividad <i>Intervención Quirúrgica</i> . ....	- 102 -
6.1.4.	Duración de las actividades <i>Preoperatorio, Traslado, Evaluación Pre anestesia y Recuperar Paciente</i> . ....	- 106 -
6.2.	Determinación de las operaciones condicionales.....	- 111 -
6.2.1.	Mejora del cálculo de las suspensiones y la selección de las operaciones condicionales idóneas.....	- 113 -
6.2.2.	Mejora del aprovechamiento del tiempo remanente cuando las operaciones duran menos de los planificado. Y la selección de las operaciones condicionales. .	121
6.2.2.1.	Identificar operaciones.....	121
6.2.2.2.	Buscar tipos de operaciones condicionales. ....	124
6.2.2.3.	Resolver operaciones de la lista de espera. ....	- 126 -
6.3.	Aspectos centrales del capítulo. ....	- 128 -
7.	DISEÑO DE LA APLICACIÓN DE APOYO Y EVALUACIÓN DEL PILOTO .....	- 129 -
7.1.	Diagramas UML.....	- 130 -
7.1.1.	Web Application BIMO Business Interface Monitoring. ....	- 130 -
7.1.1.1.	Caso de Uso.....	- 130 -
7.1.1.2.	Diagrama de Secuencia de Sistema y Secuencia de Sistema Detallado.-	131 -
7.1.1.3.	Diagrama de Clases. ....	- 133 -
7.1.1.4.	Diagrama de Paquetes. ....	- 133 -
7.1.1.5.	Diagrama de estados y actividades. ....	- 134 -
7.1.2.	Web Application Analizar tabla operatoria.....	- 135 -
7.1.2.1.	Caso de Uso.....	- 135 -
7.1.2.2.	Diagrama de Secuencia de Sistema y Secuencia de Sistema Detallado.-	135 -
7.1.2.3.	Diagrama de Clases. ....	- 137 -
7.1.2.4.	Diagrama de Paquetes. ....	- 137 -
7.1.3.	Diagrama de Componentes. ....	- 137 -
7.1.4.	Diagrama de Datos.....	- 138 -
7.2.	Características del Aplicativo Web.....	- 139 -
7.2.1.	Tecnología.....	- 139 -
7.2.2.	Pantalla de Registro de actividades. ....	- 140 -
7.2.3.	Pantalla monitoreo.....	- 142 -
7.2.4.	Pantalla Supervisar.....	- 144 -
7.2.5.	Pantalla Analizar.....	- 145 -
7.3.	Piloto y resultados. ....	- 148 -
7.4.	Aspectos centrales del capítulo. ....	- 150 -
8.	DISEÑO Y EVALUACIÓN FINANCIERA .....	- 151 -
8.1.	Generación de ingresos.....	- 151 -
8.1.1.	Número de Intervenciones.....	- 151 -
8.1.2.	Porcentaje de mejoría.....	- 152 -

8.1.3.	Ingreso de la Intervención promedio.....	- 153 -
8.1.4.	Valor promedio de las Horas de Personal de Pabellón.....	- 154 -
8.2.	Determinación de Inversión.....	- 155 -
8.3.	Costos.....	- 156 -
8.3.1.	Costo Fijo.....	- 156 -
8.3.2.	Costo Variable.....	- 157 -
8.4.	Horizonte de planificación.....	- 158 -
8.5.	Tasa de Descuento.....	- 158 -
8.6.	Flujo Caja.....	- 159 -
8.7.	Análisis de sensibilidad.....	- 160 -
8.8.	Aspectos centrales del capítulo.....	- 161 -
9.	IMPLEMENTACIÓN ORGANIZACIONAL.....	- 162 -
9.1.	Análisis Organización.....	- 162 -
9.2.	Gestión liderazgo y actores.....	- 162 -
9.3.	Estrategia de Implementación.....	- 163 -
9.4.	Cambio y conservación.....	- 164 -
9.5.	Gestión de los Estados de Ánimo.....	- 164 -
9.6.	Desarrollo de las Habilidades.....	- 165 -
9.7.	Gestión del poder.....	- 166 -
9.8.	Evaluación y Cierre.....	- 167 -
9.9.	Aspectos centrales del capítulo.....	- 167 -
10.	CONCLUSIONES.....	- 169 -
10.1.	Descripción general.....	- 169 -
10.2.	Marco Metodológico y Teórico.....	- 169 -
10.3.	Análisis estratégico, modelo de negocio y Arquitectura de procesos.....	- 169 -
10.4.	Análisis de la Problemática.....	- 170 -
10.5.	Rediseño de procesos.....	- 171 -
10.6.	Diseño de la lógica de negocio y aplicación de apoyo.....	- 171 -
10.7.	Diseño y evaluación financiera.....	- 176 -
10.8.	Implementación Organizacional.....	- 176 -
10.9.	Apreciaciones del investigador y trabajo futuro.....	- 176 -
	BIBLIOGRAFÍA.....	- 178 -

# INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 - Cobertura Previsional de la Población 2012.....</i>	<i>- 10 -</i>
<i>Ilustración 2 - Tasa de natalidad 2002 - 2012.....</i>	<i>- 11 -</i>
<i>Ilustración 3 - Distribución etaria de SMS por comuna FONASA 2012.....</i>	<i>- 12 -</i>
<i>Ilustración 4 - Distribución de la Población menor de 15 años según comuna.....</i>	<i>- 12 -</i>
<i>Ilustración 5 - Estructura organizacional de sistema de SALUD.....</i>	<i>- 13 -</i>
<i>Ilustración 6 - Estructura organizacional de SSMS.....</i>	<i>- 14 -</i>
<i>Ilustración 7 - Dirección Hospital Exequiel González Cortés.....</i>	<i>- 16 -</i>
<i>Ilustración 8 - Distribución de la cantidad números de operaciones por tipos.....</i>	<i>- 18 -</i>
<i>Ilustración 9 - IDEFØ Box and Arrow Graphics.....</i>	<i>- 23 -</i>
<i>Ilustración 10 - Ejemplo un proceso de negocio modelado con BPMN.....</i>	<i>- 23 -</i>
<i>Ilustración 11 - Metodología de Ingeniería de Negocios.....</i>	<i>- 25 -</i>
<i>Ilustración 12 - Modelo Lógico para Sistematizar Pabellón Quirúrgico.....</i>	<i>- 26 -</i>
<i>Ilustración 13 - Ciclo de mejora continua PDCA - SDCA.....</i>	<i>- 31 -</i>
<i>Ilustración 14 - Ciclo de transformación de conocimiento implícito a explícito.....</i>	<i>- 33 -</i>
<i>Ilustración 15 - Curtosis de una función de probabilidad.....</i>	<i>- 35 -</i>
<i>Ilustración 16 - Simetría de una función de probabilidad.....</i>	<i>- 36 -</i>
<i>Ilustración 17 - Histogramas y estimación estadística de la mejor distribución.....</i>	<i>- 40 -</i>
<i>Ilustración 18 - Delta de HAX para HEGC.....</i>	<i>- 44 -</i>
<i>Ilustración 19 - Mapa estratégico Hospital Exequiel González Cortés.....</i>	<i>- 46 -</i>
<i>Ilustración 20 - El modelo de negocios del HEGC.....</i>	<i>- 47 -</i>
<i>Ilustración 21 - Arquitectura Macroprocesos.....</i>	<i>- 50 -</i>
<i>Ilustración 22 - Servicios Comunes Propios.....</i>	<i>- 52 -</i>
<i>Ilustración 23 - Servicios de Pabellón.....</i>	<i>- 55 -</i>
<i>Ilustración 24 - Jerarquía de procesos de Servicios de Pabellón Quirúrgico.....</i>	<i>- 56 -</i>
<i>Ilustración 25 - Proceso Análisis de la Demanda.....</i>	<i>- 58 -</i>
<i>Ilustración 26 - Gestión de Recursos Necesarios.....</i>	<i>- 59 -</i>
<i>Ilustración 27 - Planificación y Control de Pabellones.....</i>	<i>- 61 -</i>
<i>Ilustración 28 - Ejecutar Intervención Quirúrgica.....</i>	<i>- 63 -</i>
<i>Ilustración 29 - Ejecución Quirúrgica.....</i>	<i>- 64 -</i>
<i>Ilustración 30 - Relación cantidad de Operaciones y Suspensiones Quirúrgicas.....</i>	<i>- 68 -</i>
<i>Ilustración 31 - Diagrama Ishikawa (Causa Efecto).....</i>	<i>- 70 -</i>
<i>Ilustración 32 - Relación de Intervenciones Quirúrgicas, Suspensiones y Condicionales.....</i>	<i>- 74 -</i>
<i>Ilustración 33 - Distribución de operaciones por mes y duración estimada y real por operación de Octubre del 2014 a Noviembre del 2015.....</i>	<i>- 74 -</i>
<i>Ilustración 34 - Relación Tiempo Estimado y Real, operaciones Nov-2014 a Dic-2015.....</i>	<i>- 76 -</i>
<i>Ilustración 35 - Diagrama de Pareto Motivos de Suspensiones Mayo-Octubre 2014.....</i>	<i>- 78 -</i>
<i>Ilustración 36 - Diagrama de Pareto Motivos de Suspensiones Abril 2009- Dic 2011.....</i>	<i>- 79 -</i>
<i>Ilustración 37 - Componentes de la solución.....</i>	<i>- 82 -</i>
<i>Ilustración 38 - Rediseño del Árbol de Procesos de Pabellón Quirúrgico.....</i>	<i>- 84 -</i>
<i>Ilustración 39 - Planificación y Control de Pabellones.....</i>	<i>- 86 -</i>
<i>Ilustración 40 - Planificar Pabellón.....</i>	<i>- 87 -</i>
<i>Ilustración 41 - Controlar Pabellón.....</i>	<i>- 88 -</i>
<i>Ilustración 42 - Ejecución y Entrega del Servicio.....</i>	<i>- 90 -</i>
<i>Ilustración 43 - Ejecución de Operaciones.....</i>	<i>- 90 -</i>
<i>Ilustración 44 - BPMN Monitorear Ejecución Quirúrgica.....</i>	<i>- 91 -</i>
<i>Ilustración 45 - Preparar datos de operaciones quirúrgicas.....</i>	<i>- 92 -</i>
<i>Ilustración 46 - Desarrollar indicadores de control.....</i>	<i>- 92 -</i>
<i>Ilustración 47 - Generar Directivas de Control.....</i>	<i>- 94 -</i>
<i>Ilustración 48 - Determinar acciones de control.....</i>	<i>- 94 -</i>

<i>Ilustración 49 - Tiempo Real y Estimado del tipo de intervención Síndrome de Apnea del Sueño 13-020-29.....</i>	<i>- 96 -</i>
<i>Ilustración 50 - Distribución estimada del tipo de operación Síndrome de Apnea del Sueño 13-020-29..</i>	<i>- 97 -</i>
<i>Ilustración 51 - Actividades de Pabellón Quirúrgico.....</i>	<i>- 99 -</i>
<i>Ilustración 52 - Juicio Experto (Tabla Operatoria) y Mediana (Protocolo Operatorio).....</i>	<i>- 100 -</i>
<i>Ilustración 53 - Análisis de Sensibilidad de Tiempo del Juicio Experto.....</i>	<i>- 101 -</i>
<i>Ilustración 54 - Prueba de Kruskal-Wallis para las muestras independientes por Código de Intervención según Duración de la Operación.....</i>	<i>- 102 -</i>
<i>Ilustración 55 - Evaluación de modelos de regresión con y sin variable Código de Intervención.....</i>	<i>- 103 -</i>
<i>Ilustración 56 - Relación error MAPE y confianza R2 del cálculo de la duración de la actividad Intervención Quirúrgica agrupando con el código de intervención.....</i>	<i>- 104 -</i>
<i>Ilustración 57 - Relación error y confianza de los modelos de regresión usando sub-código de intervención.....</i>	<i>- 105 -</i>
<i>Ilustración 58 - Distribución del tiempo de las Actividades de Pabellón Quirúrgico.....</i>	<i>- 107 -</i>
<i>Ilustración 59 - BOXPLOT de las actividades de Pabellón.....</i>	<i>- 107 -</i>
<i>Ilustración 60 - Distribución de 1602201(Suspendida).....</i>	<i>117</i>
<i>Ilustración 61 - Distribución de 1602202 (Alternativa 1).....</i>	<i>117</i>
<i>Ilustración 62 - Distribución 401064 1801001 (Alternativa2).....</i>	<i>117</i>
<i>Ilustración 63 - Distribución 1302023 (Alternativa4).....</i>	<i>117</i>
<i>Ilustración 64 - BOXPLOT de las mejores Tipos de operaciones para el Tipo 1602201.....</i>	<i>118</i>
<i>Ilustración 65 - Tabla Quirúrgica del 01-02-2016 del HEGC.....</i>	<i>119</i>
<i>Ilustración 66 - BOXPLOT de Tipo de Operación a Suspendirse y sus operaciones alternativas.....</i>	<i>120</i>
<i>Ilustración 67 - Distribución de 210421313.....</i>	<i>123</i>
<i>Ilustración 68 - Distribución de 1502020.....</i>	<i>124</i>
<i>Ilustración 69 - BOXPLOT de las operaciones alternativas.....</i>	<i>- 126 -</i>
<i>Ilustración 70 - Diagrama de Secuencia Detallado.....</i>	<i>- 132 -</i>
<i>Ilustración 71 - Nivel de registro de información por día.....</i>	<i>- 148 -</i>
<i>Ilustración 72 - Nivel de registro de las operaciones.....</i>	<i>- 148 -</i>
<i>Ilustración 73 - Nivel de registro de actividades de las operaciones con registros válidos.....</i>	<i>- 149 -</i>
<i>Ilustración 74 - Gráfico de Estados Programadas vs Registradas por turno.....</i>	<i>- 149 -</i>
<i>Ilustración 75- Evolución del número de operaciones desde 2001 - 2011.....</i>	<i>- 152 -</i>
<i>Ilustración 76 - Modelo Lógico para Sistematizar Pabellón Quirúrgico.....</i>	<i>- 169 -</i>
<i>Ilustración 77 - Nivel de registro de información por día.....</i>	<i>- 172 -</i>
<i>Ilustración 78 - Nivel de registro de las operaciones.....</i>	<i>- 173 -</i>
<i>Ilustración 79 - Nivel de registro de actividades de las operaciones.....</i>	<i>- 173 -</i>
<i>Ilustración 80 - Relación error MAPE y confianza R2 del cálculo de la duración de la actividad Intervención Quirúrgica agrupando con el código de intervención.....</i>	<i>- 174 -</i>

## INTRODUCCIÓN

---

En el Hospital Exequiel González Cortés, la planificación y toma de decisiones depende, exclusivamente, de sus profesionales, quienes, basados en la ética, experiencia y profesionalismo, planifican, gestionan y ejecutan servicios con el objetivo de satisfacer las necesidades de los pacientes. El 20 de noviembre del 2015, con un 95,6% de cumplimiento, este establecimiento se convirtió formalmente en el primer hospital del sector público de Chile en obtener su re-acreditación en calidad.

Mientras el sistema funciona bastante bien en la mayoría de los servicios, todavía sufre de debilidades como consecuencia de la forma de tomar decisiones. Por ejemplo, el 14,47% anual de las operaciones electivas fueron suspendidas desde 2009 al 2014. De este indicador, el 66% de las operaciones quirúrgicas suspendidas tuvieron como motivos la falta de tiempo, problemas relacionados con el paciente o está ausente, según los registros de abril 2009 a diciembre 2011 del servicio de pabellón quirúrgico.

Al mismo tiempo, la prestación de servicios de cirugía requiere un esfuerzo organizativo importante y la contratación de recursos costosos. Por lo tanto, las cancelaciones de cirugía electiva o suspensiones representan una pérdida significativa de los ingresos y subutilización de recursos, tanto al hospital como a los tutores de los pacientes. Sobre todo, se agrega un riesgo a la salud del paciente por los días de suspensión, una espera que puede ser especialmente traumática, si es que esto implica un deterioro irreparable de la salud o en situaciones extremas que ocasionen la muerte.

Este trabajo pone en descubierto existencia de la relación entre los motivos de suspensión y sus factores. Los factores promueven los surgimientos de disfuncionalidades, como es el caso de la suspensión quirúrgica. De estos factores, destacamos cinco: Primero, la variabilidad de requerimientos en insumos-equipos para cada tipo de operación y por cada paciente; Segundo, la variabilidad de procedimientos para cada tipo de diagnóstico; Tercero, las características del sistema de salud; Cuarto, la conformación de los profesionales del hospital; Y quinto, los métodos y procedimientos de gestión del hospital.

En un intento de superar estas disfuncionalidades, costes, riesgos e incertidumbres, el hospital divide el trabajo en equipos, conocidos como especialidades que planifican,

determinan estrategias y toman medidas paliativas. Es más, durante el 2015 no hubo un mecanismo para apoyar estas decisiones. Esto motiva a presentar una solución que utiliza la metodología del programa MBE (Magíster en Ingeniería de Negocios con Tecnologías de Información), propuesta en el libro “Ingeniería de Negocios, Diseño integrado de negocios, procesos y aplicaciones TI” (Barros, Ingeniería de Negocios, 2010) y (Barros, Ingeniería de Negocios, 2009).

Consecuentemente a esta metodología, se comenzó por escuchar, entender y captar los objetivos de la organización en el planteamiento estratégico, modelo de negocio y arquitectura de procesos. Paralelamente, se revisó el estado del arte para determinar los métodos y conocimientos que nos brinde una idea de cómo afrontar la problemática actual. En consecuencia, se planteó un diagnóstico y solución para generar un diseño detallado de procesos. En este punto, este trabajo propone, una retroalimentación entre el proceso de *Ejecución de la Operación* y el proceso de *Planificación Pabellón*, a través de *Control de Pabellón*. Luego, se concibió el diseño de lógica de negocio, y el diseño y desarrollo de una aplicación de apoyo, se implementó en parte y se evaluó.

Para clarificar, se utilizaron modelos de regresión como árboles de decisión, modelado lineal automático, perceptrón multicapa, y se los comparó con modelos de inferencia estadística, determinándose la mediana estadística como el método más estable para el cálculo de la duración de los servicios. Paralelamente, se generó un modelo para gestionar la sobreventa, separado en tres fases: La primera identifica qué tipo de operaciones son propensas a suspenderse o dejar un tiempo restante; La segunda busca y/o listar, ordenadamente, los tipos de operaciones alternativas a éstas; Y la tercera resuelve grupo jerarquizado de operaciones condicionales de la lista de espera.

Como resultado, se logró implementar, por un lapso de dos meses, un aplicativo que permitió recolectar datos de todas las actividades de pabellón quirúrgico. Se demostró la capacidad de mejorar la precisión en el cálculo de la duración de la actividad “Acto Quirúrgico” u “Operación Quirúrgica”, de 26% a 52%, utilizando la mediana estadística agrupada por tipo de operación. Además, se presentó un método de sobreventa que, por primera vez, considera la factibilidad operativa y prioridad médica. Finalmente, se estima un VAN de \$6.3 millones pesos, aproximadamente, en el escenario más aciago, y de \$131.6 millones de pesos, en el mejor de los escenarios, para un periodo de 18 meses.

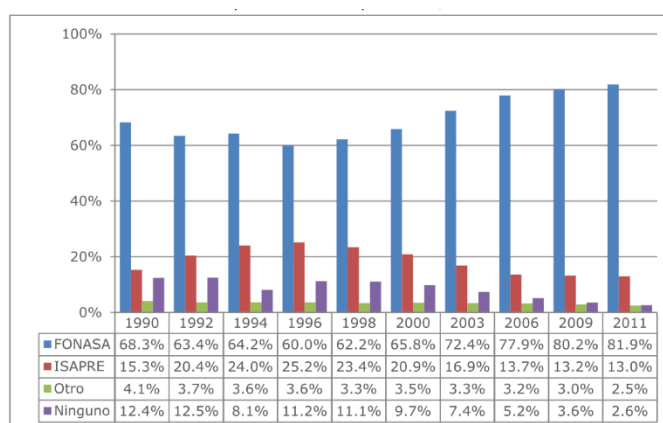
## 1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Este capítulo presenta la descripción del Hospital Exequiel González, sus pacientes y el sistema de salud de Chile. Se detallará, en primer lugar, el marco jurídico, luego se describirá las características de los pacientes del hospital y su relación con el sistema. De manera subsecuente, se explicará la organización institucional del sistema de salud, desde el punto de vista del hospital. Seguidamente, se describirá una las características del tipo de servicio, para, finalmente, presentar los ingresos del hospital.

### 1.1. Legislación y cobertura.

Según DECRETO LEY N°2.763 [1], DE 1979. EL sistema de salud se basa en “EL POOLING”, o mancomunación. Este sistema acumula fondos, lo cuales pueden ser de carácter individual o subvencionado por una entidad, con el objetivo de tener la capacidad de cubrir los costes de salud de cualquiera de los participantes, para así evitar que el costo recaiga en cada contribuyente de manera individual. Como resultado, la población se atiende en dos subsistemas, FONASA e ISAPRE<sup>1</sup>, en donde el primero es subvencionado por el estado y el segundo se paga de sus propios ingresos. Es así como los niveles de cobertura que se alcanzan en el sistema de salud chileno son muy buenos [2]. Sin embargo, la distribución es dispareja y, en consecuencia, los hospitales públicos atienden a cerca del 70% de la población [3].

La siguiente ilustración muestra los niveles de cobertura en el que se destaca FONASA, por encima de las demás, con un 81.9% de los afiliados en el 2011.



Fuente: Ministerio de Desarrollo social

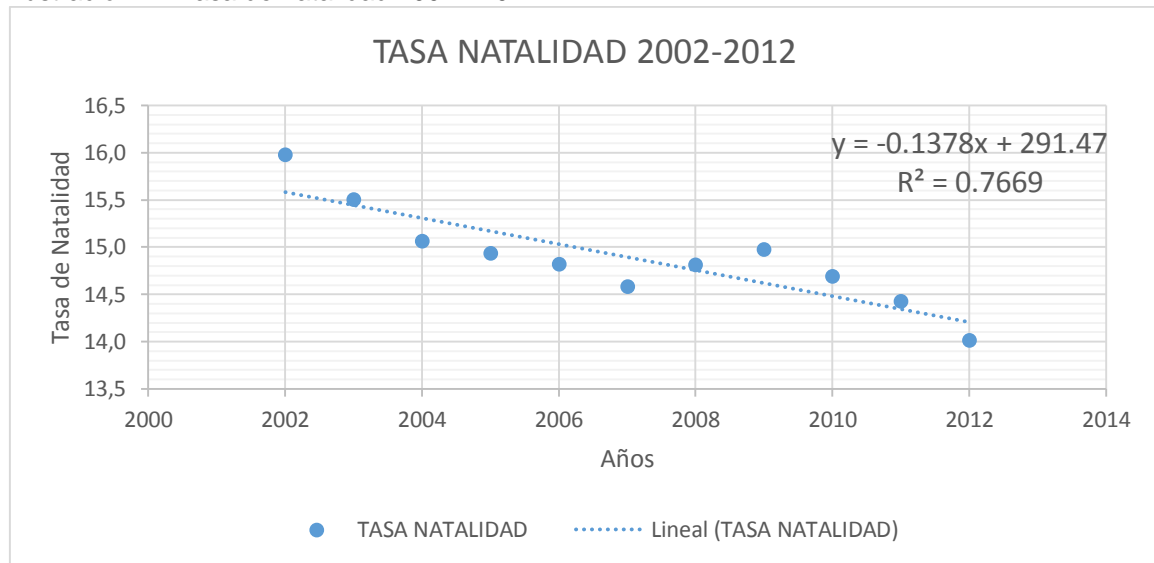
### 1.2. Características de los pacientes y demanda.

A razón de que el hospital es pediátrico, cabe la necesidad de entender el crecimiento de sus posibles pacientes. Se encontró que la tasa de natalidad de la población

<sup>1</sup> La Ley N°19.966 del 2004 establece el Régimen GES

chilena tiene una disminución de 0,14 puntos cada año, la cual no es muy pronunciada. Por lo tanto, una disminución drástica de la demanda de servicios de pediatría, en los próximos tres años, es poco probable. El siguiente gráfico muestra la natalidad de Chile de los últimos 10 años.

Ilustración 2 - Tasa de natalidad 2002 - 2012



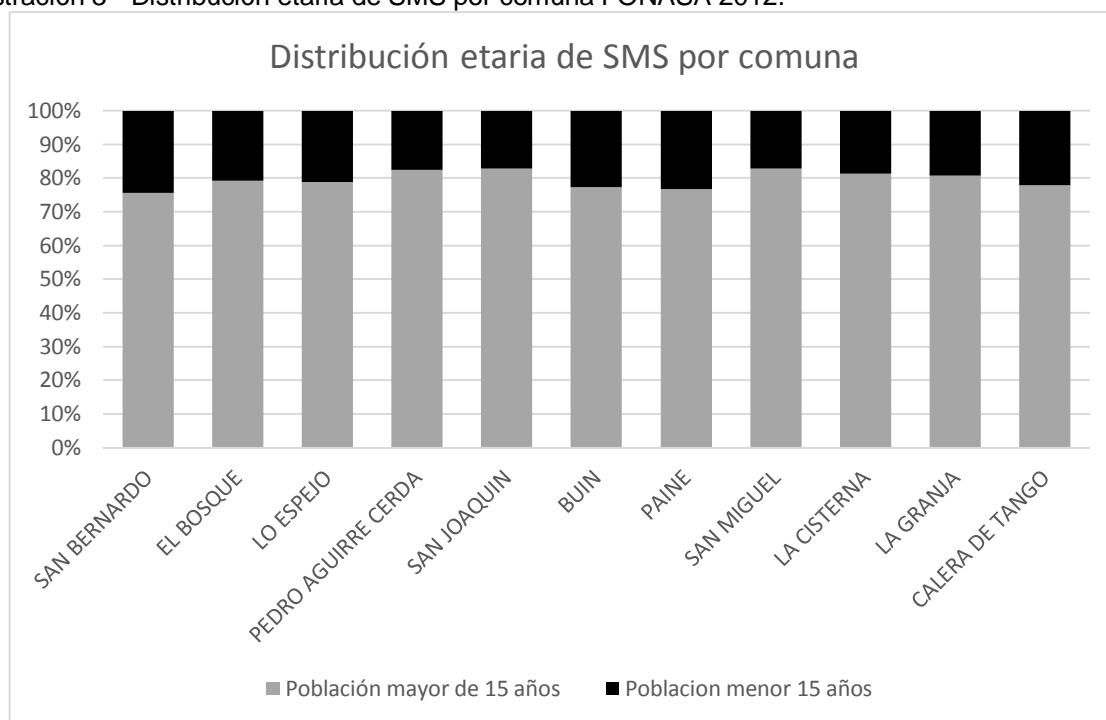
Fuente: Departamento de estadística e información de salud DEIS / Series y gráficos de natalidad.

Otra característica, es que el HEGC<sup>2</sup> atiende a las comunas del Servicio Metropolitano Sur (SSMS). La población de esa zona es de 1.336.477 habitantes (según proyecciones INE 2013) [4], de las cuales, en 2013, se registraron en el sistema provisional FONASA 991.100, alrededor de 74,2% de la población del SSMS. Según [5] en el 2011 hubo 206.273 niños beneficiarios del sistema de salud de Fonasa. Además, existe una relación de 4 a 1, entre las personas mayores de 15 años frente a los menores de 15 años, La siguiente ilustración muestra la población Este escenario es semejante en todas las comunas del estudio.

<sup>2</sup> Siglas de HOSPITAL EXEQUIEL GONZÁLEZ CORTÉS



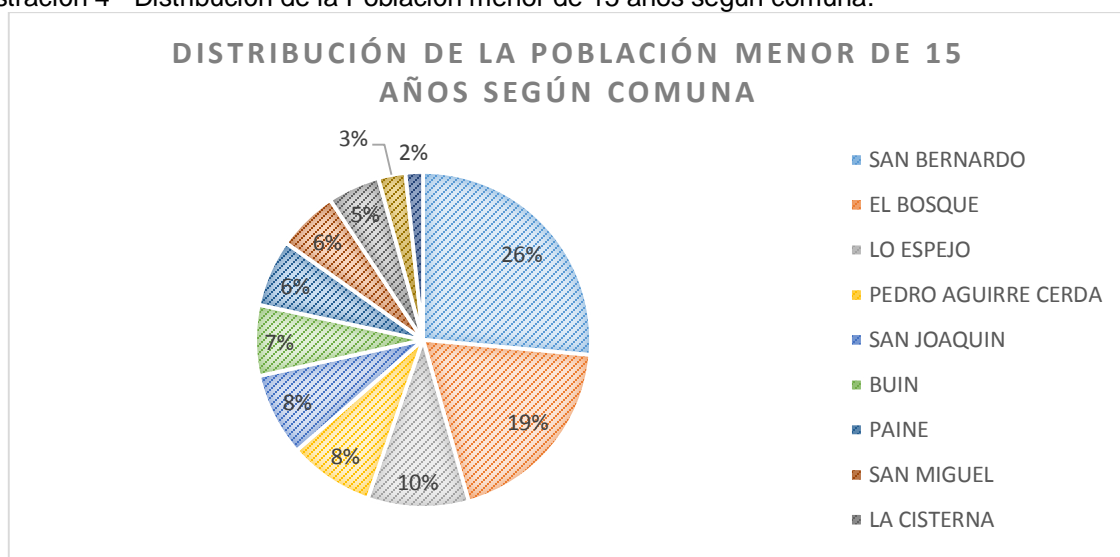
Ilustración 3 - Distribución etaria de SMS por comuna FONASA 2012.



Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas (INE).

Por otro lado, en la siguiente ilustración se muestra la distribución de los 206.273 pacientes del hospital, según su comuna. Se observa que la comuna de San Bernardo es la que contiene más niños, mientras que La Cisterna la que albergar la menor cantidad.

Ilustración 4 - Distribución de la Población menor de 15 años según comuna.



Fuente: Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas (INE).

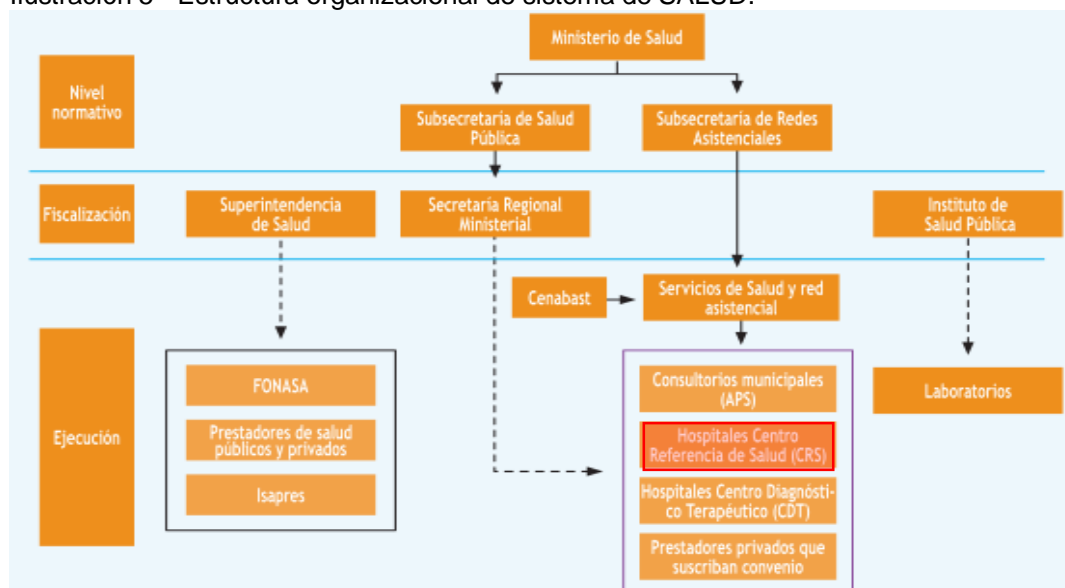
Si se concede el supuesto de que el nivel de cobertura de 74.2% se mantiene para los menores y los mayores de edad. Entonces la población objetivo del hospital, sería

alrededor 153.054 pacientes y se esperaría un aumento de 73.458 nuevos prospectos<sup>3</sup>.

### 1.3. Estructura Orgánica.

El hospital pertenece al Servicio de Salud Metropolitano Sur (SNSS). La organización del SNSS se basa en el Reglamento Orgánico de los Servicios de Salud (DS de 1980). El sistema de salud se organiza bajo el Sistema Nacional de Servicios de Salud, que incluye las siguientes entidades: Ministerio de Salud, Secretarías Regionales Ministeriales de Salud (SEREMI), Servicios de Salud y Centros de Referencia de Salud (CRS), entre otros. En la siguiente ilustración, se destaca el CRS, que es una unidad organizativa superior al HEGC.

Ilustración 5 - Estructura organizacional de sistema de SALUD.



Fuente: Sistema Público de Salud, Situación actual y Proyecciones fiscales 2013-2050.

#### 1.3.1. Centros de Referencia de Salud (CRS).

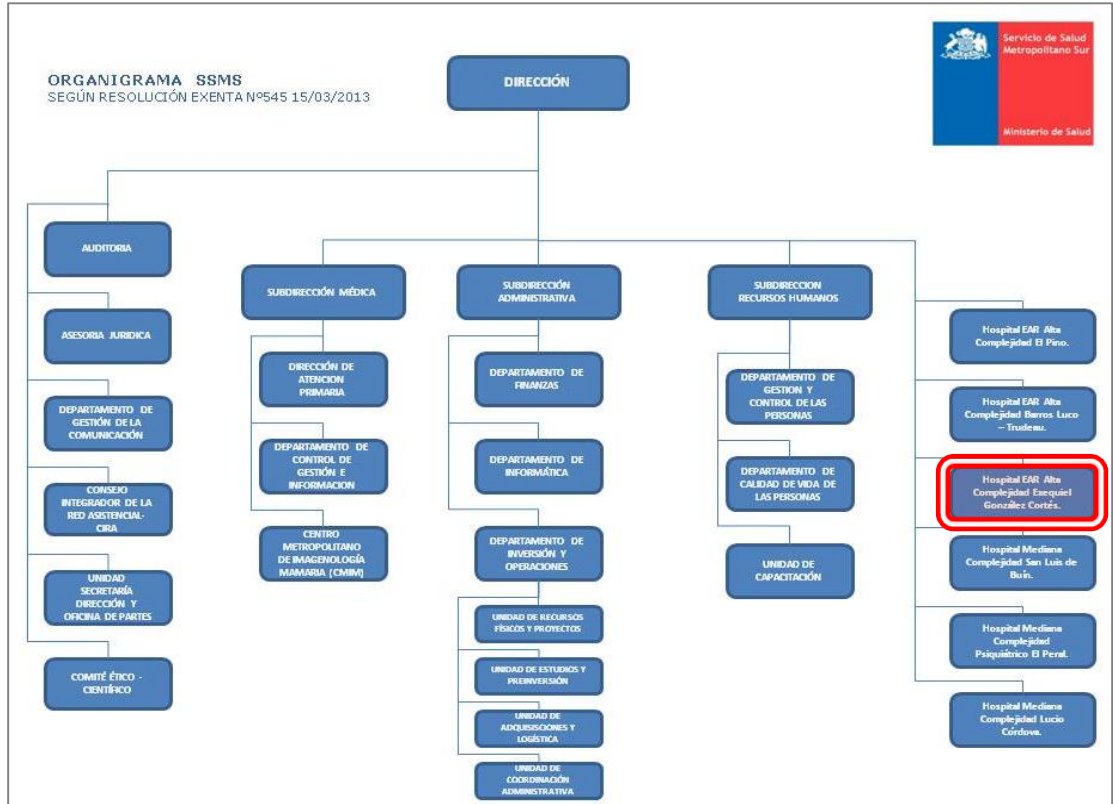
El CRS es un conjunto de organismos estatales funcionalmente descentralizados, que se someten a la supervisión del Ministerio de Salud. Este articula las redes asistenciales y cumple la planificación dada por el ministerio. Uno de estos organismos es el Servicio de Salud Metropolitano Sur (SSMS), que tiene a cargo la planificación, gestión y desarrollo de la Red de Establecimientos de Salud Sur.

<sup>3</sup> Un prospecto es aquel consumidor o empresa que tiene un interés en comprar un producto o servicio. Sin la necesidad de ser o no cliente.

Entre estos establecimientos de Salud se encuentra el Hospital Exequiel González Cortés.

La siguiente ilustración muestra la Estructura Organizacional de SSMS, donde se destaca el HEGC en la parte derecha central.

Ilustración 6 - Estructura organizacional de SSMS.



Fuente: MINSAL.

### 1.3.2. Detalle del Hospital Exequiel González Cortés.

El Hospital Exequiel González Cortés es un centro asistencial pediátrico, que pertenece al Servicio de Salud



Metropolitano Sur. En el 2015, se encuentra ubicado en calle Barros Luco N° 3344, comuna de San Miguel. Presta servicios de Pediatría, Cirugía y Traumatología–Ortopedia, perteneciente a los Establecimientos Autogestionados en Red (EAR). Desde diciembre de 2007 posee el título de Autogestionado en Red, por lo cual el Ministerio de Salud le confiere recursos para su administración autónoma, sujeto al cumplimiento de metas y obligaciones anuales.

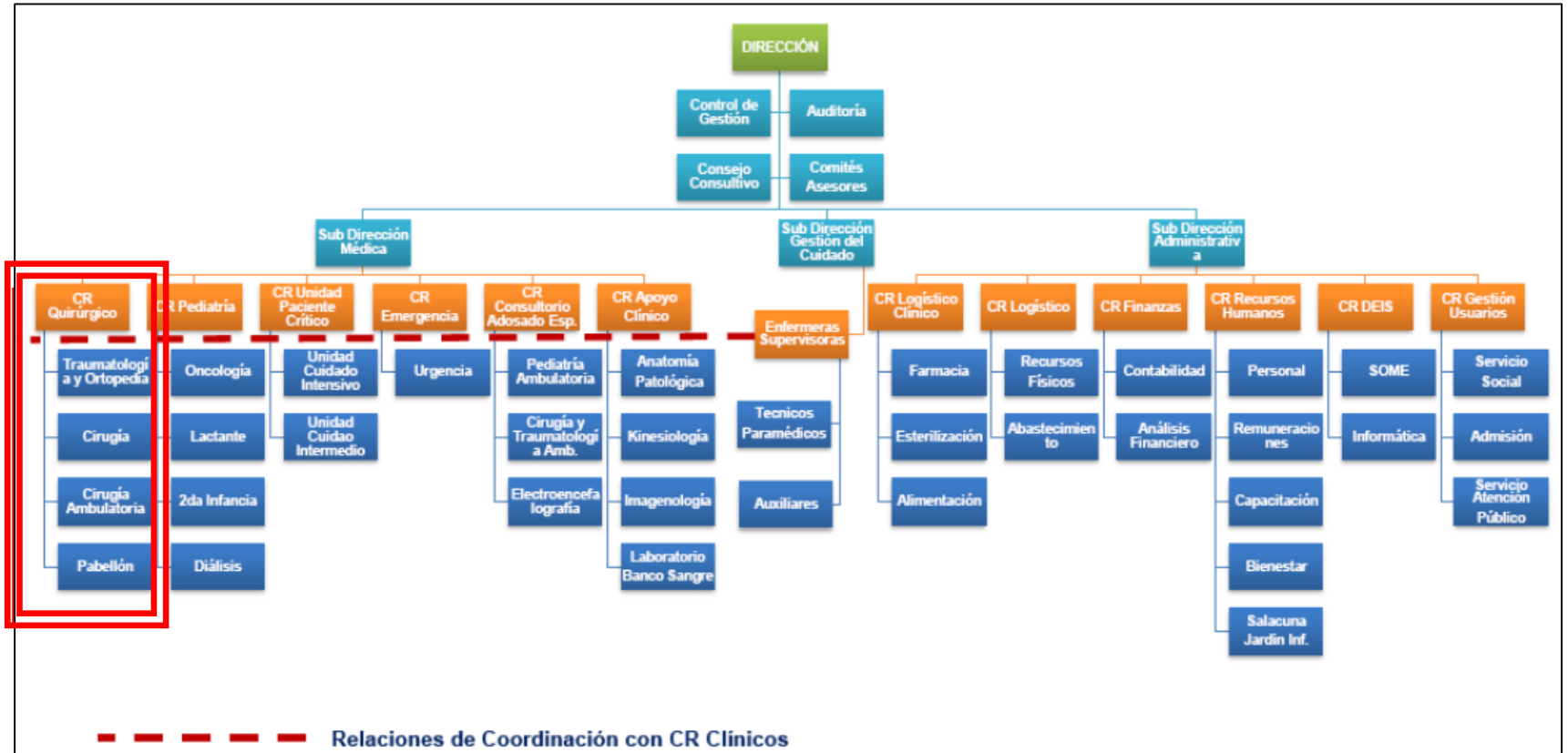
Está clasificado como un Hospital Tipo II, por carecer de la especialidad de psiquiatría, además de las sub-especialidades de Oftalmología, Otorrinolaringología y Neurocirugía. Atiende consultas de especialidad, urgencias, y de hospitalización quirúrgica y médica. Es referente nacional en las áreas de Escoliosis, Trasplantes y Gran Quemado.

El HECG tiene 13 Centros de Responsabilidad, determinados en función de los procesos productivos hospitalarios. Los servicios clínicos y/o unidades están agrupados en: procesos de atención abierta, procesos de atención cerrada, procesos de apoyo clínico, de apoyo administrativo y en relación al usuario.

El objetivo de cada Centro de Responsabilidad es administrar en materia de procesos, personas y ámbito financiero de los servicios y/o unidades que lo comprenden. Además de generar valor al ciudadano y ser un facilitador, con el objetivo de brindar mayor fluidez a la atención de los pacientes, como se muestra en el siguiente esquema.

La siguiente ilustración muestra la estructura organizacional del HEGC. Se estaca la unidad en la que el trabajo tiene impacto.

Ilustración 7 - Dirección Hospital Exequiel González Cortés.



Fuente: Registros del HEGC.

### 1.3.3. Servicio de Pabellón.

La unidad organizativa donde se despliega este trabajo es el Servicio de Pabellón, conocido también pabellón quirúrgico u OR (Operating Room en inglés). Este servicio es una red de profesionales en medicina, salas o ambientes físicos, donde se realizan procedimientos anestésicos y quirúrgicos en pos de satisfacer las necesidades de promoción, prevención, recuperación y rehabilitación de la salud de paciente. Este servicio se encuentra dividido en centros de Responsabilidad de Consultorios, que están adosados a estas especialidades:

- Cirugía General.
- Cirugía Plástica.
- Fisurados.
- Urología.
- Traumatología.
- Columna.

Por otro lado, desde el año 2015 el hospital cuenta con 5 pabellones, los cuales distribuyen la carga de demanda. Están organizados para atender pacientes por especialidad o grupo de especialidades por pabellón. Cabe resaltar que el pabellón de urgencia es compartido y utiliza el primer pabellón disponible.

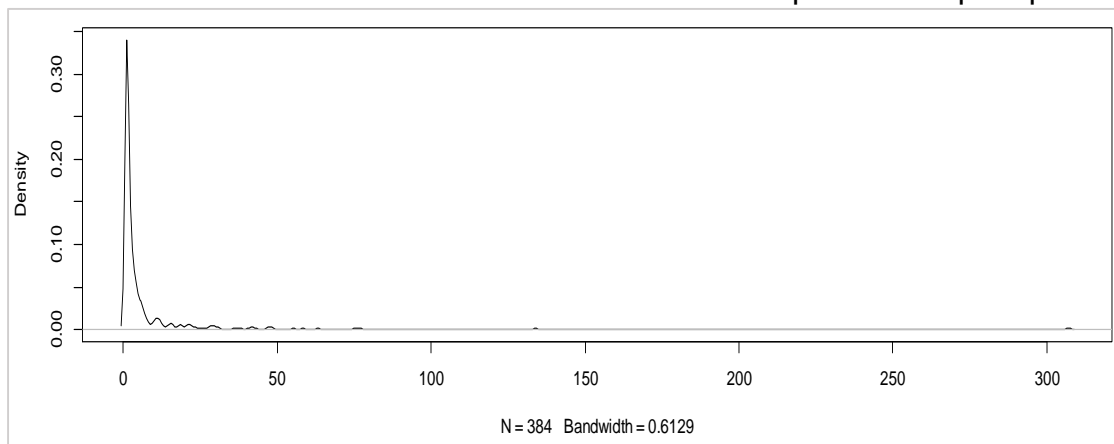
<b>Pabellón</b>	<b>Característica</b>
<b>Pabellón 1</b>	Tamaño mediano, 1 Lámpara
<b>Pabellón 2</b>	Tamaño mediano, 1 Lámpara
<b>Pabellón 3</b>	Tamaño Grande, 2 Lámparas
<b>Pabellón 4</b>	Tamaño mediano, 2 Lámpara, Equipo Anestesia Recién Nacidos
<b>Pabellón 5</b>	Tamaño Grande, 2 Lámparas

### 1.4. Características de servicio.

La demanda del servicio de salud es diferente a otras industrias. En general, en muchas industrias los enfoques y estrategias modernas han derivado de la era de producción en masa y sus objetivos están basados en minimización de costos y economías de escala, sin embargo, en el sistema salud, es una demanda creciente de servicios especializados y muy específicos. Como instancia, durante el 2015 se atendió alrededor de 384 tipos de intervenciones, de un total de 2.534 operaciones

según los registros<sup>4</sup> del Protocolo Operatorio. Como se puede apreciar en la siguiente ilustración, la mayoría de los tipos de intervenciones no exceden las cinco casos u operaciones.

Ilustración 8 – Distribución de la cantidad números de operaciones por tipos.



En general, el hospital trabaja con operaciones del tipo ambulatorio, las cuales son programadas a la par con operaciones del tipo hospitalización. De la traducción al español de [6] *“una operación ambulatoria es un procedimiento que no es de emergencia, tradicionalmente realizado en régimen de hospitalización con estancia de una noche, que se lleva a cabo con todos sus elementos constituyentes (admisión, la operación y el alta) durante el período de un día normal de trabajo (no superior a 12h, incluidas las la recuperación post-quirúrgica). Los procedimientos ambulatorios pueden llevarse a cabo en hospitales u otras instalaciones que cumplen los criterios de seguridad médica”*.

Desde el 2010 al 2015, la programación de operaciones busca maximizar los recursos de pabellón en pos de atender la mayor cantidad posible de pacientes. Para ello, los gestores de pabellón programan el plan de producción, conocido como “Tabla Operatoria”. La siguiente ecuación muestra la forma como estos gestores programan las operaciones y se muestran los posibles resultados de estas.

---

<sup>4</sup> Registros de Octubre-2014 a octubre-2015 del Protocolo Operatorio

$$\text{Operaciones Programadas} + \text{Operaciones Condicionales} = \text{Operaciones Ejecutadas} + \text{Operaciones Suspendidas} + \text{Ope. Condicionales no Ejecutadas}$$

Las “Operaciones Programadas” son aquellas que el HEGC se compromete a ejecutar. Las “Operaciones Suspendidas” son “Operaciones Programadas” que no pudieron ejecutarse. Las “Operaciones Condicionales” son aquellas que aprovechan el cupo dejado por una “Operación Suspendida”. Las “Operaciones Ejecutadas” son aquellas que pabellón, efectivamente realizo. Cabe destacar que los gestores de pabellón recurren a la sobreventa (Overbooking), en pos de reducir la subutilización de los recursos de pabellón.

Como consecuencia, el servicio del HEGC se asemeja a los Sistemas Pull que, a diferencia de los sistemas Push, basa su servicio en respuesta a la demanda, es decir en las necesidades de cada uno de los pacientes. Este enfoque es conveniente por la flexibilidad y calidad en los tratamientos brindados a cada paciente, sin embargo la gran desventaja es la necesidad de tener gran capacidad de otras estrategias para los períodos de gran demanda, quiebres de stock y menores economías de escala.

#### 1.5. Ingresos del hospital.

Según [1], El hospital tiene diversas fuentes de financiamiento.

##### 1.5.1. Posibles fuentes de ingresos.

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

- 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 la Subsecretaría de Salud Pública o la Secretaría 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 de 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 trabajos a fondos concursales 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 extranjeras y con los empréstitos y créditos internos y externos que contrate en conformidad a la ley.

#### 1.5.2. Principales fuentes de ingresos.

A pesar de las diversas fuentes, las principales son:

##### 1.5.2.1. Ingresos del Programa de Prestaciones Valoradas.

Los establecimientos de salud, anualmente, acuerdan con sus respectivos servicios de salud la realización de determinadas acciones de salud de carácter variable. En esta categoría se incluyen las prestaciones amparadas en el Programa PPV-GES [7]. Consecuentemente, FONASA transfiere los recursos y paga a los servicios de salud las prestaciones convenidas que sean efectivamente realizadas, debidamente registradas e informadas. Estos son los precios que se detallan en el “arancel de transferencias del programa de prestaciones valoradas” del año correspondiente. A modo de ilustración, en el 2011 el 44% de las operaciones quirúrgicas del hospital responde a este concepto.

##### 1.5.2.2. El Programa de Prestaciones Institucionales (PPI).

Financiamiento basado en presupuestos históricos, como complemento al PPV [7]. La transferencia de recursos desde FONASA se hace de acuerdo a las

atenciones de salud convenidas por los establecimientos con los servicios de salud respectivos, bajo la modalidad de atención institucional. A menos que exista rebaja de recursos, el servicio de salud debe, al menos, mantener el nivel de PPI del año anterior. A modo de ilustración, en el 2011 el 56% de las operaciones quirúrgicas responden a este concepto.

#### 1.6. Aspectos centrales del capítulo.

El sistema de salud se basa en mancomunación, dividiéndose en dos sistemas: público y privado. A diferencia del sistema privado, el sistema público atiende al menos 81.9% de la población Chile. El Hospital Exequiel González Cortés es un centro asistencial pediátrico, perteneciente al Servicio de Salud Metropolitano Sur (SSMS), el cual es administrado por los Centros de Referencia de Salud (CRS). Con una cobertura de 74.2% en SSMS, los prospectos estimados bordearían los 153.054 pacientes y se esperaría un aumento de 73.458 nuevos prospectos. El tipo de servicio es Pull, es decir responde a la demanda. Además, su servicio es especializado, ya que la mayoría de los tipos de operaciones no exceden las cinco muestras. Esto obliga a los gestores a diseñar estrategias que buscan maximizar los recursos de pabellón, en pos de atender la mayor cantidad posible de pacientes. A pesar de las diversas fuentes de financiamiento, son dos las principales. Por un lado, Ingresos del Programa de Prestaciones Valoradas, y por el otro el Programa de Prestaciones Institucionales. Ambos financiados por el Estado.

## 2. MARCO METODOLÓGICO Y MARCO TEÓRICO

---

Para el desarrollo de este trabajo, antes del planteamiento de una posible hipótesis y/o solución, es necesario realizar una revisión del estado del arte. Con el objeto de garantizar que la metodología y las posibles herramientas fuesen las más idóneas para resolver la problemática. Además, la actividad de revisar la literatura brinda la posibilidad de encontrar mejores y/o más fáciles métodos y herramientas.

### 2.1. Marco metodológico.

El desarrollo del trabajo se llevó a cabo según la metodología de Ingeniería de Negocios, propuesta por Barros (Barros O. 2009), metodologías de mejora continua y diseño empático para la innovación. Una de estas áreas es el modelamiento de procesos, esta describe a una organización a través modelamientos de procesos con IDEF0 para procesos asincrónicos y BPMN para procesos sincrónicos

#### 2.1.1. Método de modelamiento IDEF0.

En un inicio se utiliza los diseños planteados por [8]. Este define IDEF0 o IDEFØ (Integration Definition for Function Modeling) a un método diseñado para modelar decisiones, acciones y actividades de una organización o sistema. Ese trabajo menciona que IDEFØ se derivó de un lenguaje gráfico, del análisis estructurado y de la Técnica de Diseño (SADT por sus siglas en inglés Structured Analysis and Design Technique).

Ese trabajo precisa que, la Fuerza Aérea de los Estados Unidos encargó a los desarrolladores de SADT, crear un método de modelado para analizar y comunicar la perspectiva funcional de un sistema. Los modelos efectivos de IDEFØ ayudan a organizar el análisis de un sistema y a promover una buena comunicación entre el analista y el cliente. IDEFØ es útil para establecer el alcance de un análisis, especialmente para un análisis funcional. Como herramienta de comunicación, IDEFØ mejora la participación de expertos de dominio y consenso en la toma de decisiones, a través de dispositivos gráficos simplificados. Como herramienta de análisis, IDEFØ ayuda al modelador en la identificación de cuáles son las funciones que se llevan a cabo, lo que se necesita para desempeñar esas funciones, lo que el sistema actual hace bien o hace mal. Así, los modelos IDEFØ

se crean a menudo como una de las primeras tareas de un esfuerzo de desarrollo del sistema.

En diciembre de 1993, el Laboratorio de Informática de Sistemas del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) dio a conocer a IDEFØ como un estándar para el modelado de funciones en la publicación FIPS 183.

A pesar de la simplicidad y estabilidad de este modelado, IDEFØ no está

orientado a una arquitectura de negocios (BA) y en menor medida a procesos sincrónicos, por lo que O. Barros recurre a BPMN para modelar esos procesos en por lo general específicos.

#### 2.1.2. Modelamiento con BPMN.

En [9] se precisa y define un modelado de procesos de negocio, conocido como Business Process Model and Notation, a un modelo estándar de procesos de negocio y la notación (BPMN), que proporciona a las empresas la capacidad de entender sus procedimientos internos de negocios en una notación gráfica. Esa notación deberá dar a las organizaciones la capacidad de comunicar estos procedimientos de manera estándar. Además, la notación gráfica facilita la comprensión de las colaboraciones de rendimiento y las transacciones comerciales entre las organizaciones. Esto asegurará que las empresas entiendan a sí mismos y a los participantes en sus negocios, y permitirá a las organizaciones adaptarse a las nuevas circunstancias de negocio internos y B2B<sup>5</sup> rápidamente.

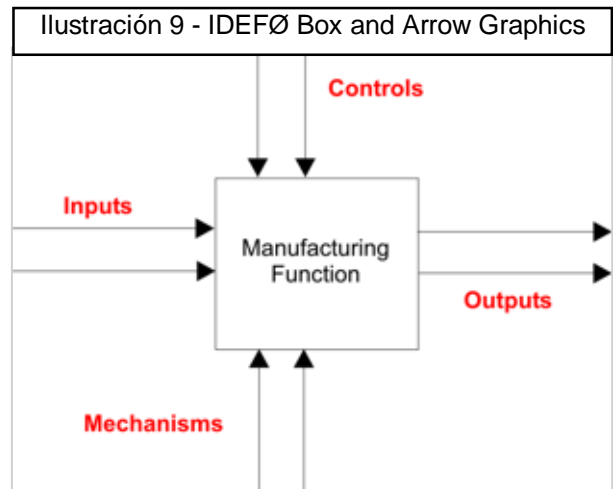
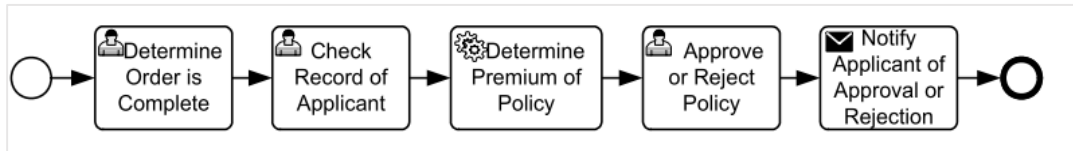


Ilustración 10 - Ejemplo un proceso de negocio modelado con BPMN.

<sup>5</sup> Coloquio derivado del idioma inglés para Business To Business.



No obstante, este tipo de modelamiento no tiene o no propone patrones y/o buenas proactivas de procesos diferenciados en niveles, que permita un fácil y rápido análisis de la institución. Por ejemplo, existe el error común en los modeladores mezclar procesos de planificación (Ejecución periódica) y de ejecución (Ejecución constante e ininterrumpida), confundiéndolos como actividades secuenciales, cuando en realidad son asincrónicos.

### 2.1.3. Ingeniería de negocios.

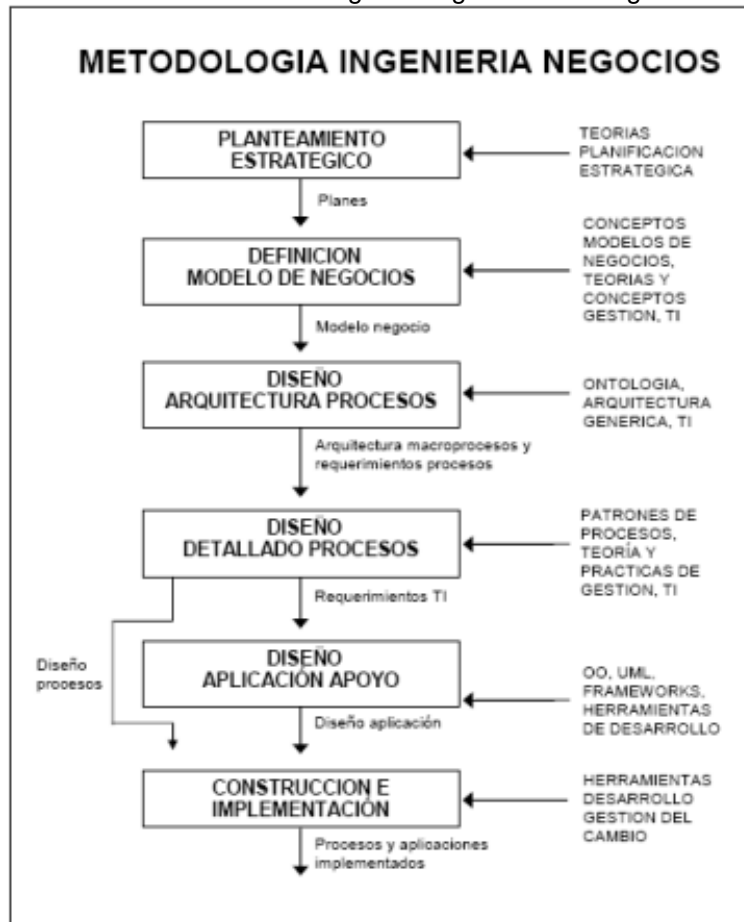
Los modelos anteriores se caracterizan por tres aspectos. Primero no contienen buenas prácticas de diseño de procesos. Segundo no garantizan estar alineados con los objetivos de negocio. Y tercero, los diseños generados tienen la tendencia de volverse complejos y consume un considerable tiempo desarrollarlos desde el inicio.

Para superar estos aspectos, este trabajo utiliza la metodología dictada en el MBE y propuesta en el libro “Ingeniería de Negocios, Diseño integrado de negocios, procesos y aplicaciones TI”. [10]. Este presenta un enfoque de diseño integrado para el diseño de la arquitectura de procesos de negocio, que utiliza una arquitectura y patrones genéricos expresada en BPMN. Esta busca, a través de la Ingeniería de Negocios, explicitar la relación que existe entre la Visión Corporativa de la empresa con su planteamiento estratégico, y los diferentes modelos de negocios que buscan llevar a la práctica.

Consecuentemente, esta metodología llega hasta los niveles más operativos al incorporar la variable de tecnologías de información, que busca convertir los últimos niveles de diseño de procesos, que usualmente utilizan BPMN, en el diseño de aplicaciones computacionales que sirvan de apoyo para tales procesos y que permitan llevar a la práctica los planteamientos teóricos.

La siguiente ilustración muestra esquemáticamente las etapas que conforman la metodología, así como la relación entre ellas. Estas etapas serán explicadas en mayor detalle más adelante y serán abarcadas en los capítulos posteriores.

Ilustración 11 - Metodología de Ingeniería de Negocios.



Fuente: O. Barros [11].

#### 2.1.4. Modelo Lógico para Pabellón Quirúrgico.

A razón que los trabajos [12] , [13] , [14], tuvieron importantes desafíos por ser mejoras puntuales y aisladas. Se encontrar la oportunidad de plantear un esquema general que integre estos trabajos. Como resultado, el siguiente diagrama es el modelo desarrollado por el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile en el 2015. Allí se destacan cuatro procesos y/o desafíos que se deberían resolver para sistematizar Pabellón Quirúrgico.

Ilustración 12 - Modelo Lógico para Sistematizar Pabellón Quirúrgico.



Fuente: El Mercurio [15].

Este trabajo desarrolla el punto (4) “Monitoreo de Pabellones” con la finalidad de articularse con los trabajos realizados con anterioridad en el Hospital.

#### 2.1.5. El mejoramiento del sistema de producción.

La metodología del MBE brinda la posibilidad de integrarse a otras metodologías, como la que se describe a continuación:

En [16], se aclara la afirmación que “Toyota fue la compañía que inventó la producción magra (Lean)”. Sin embargo, Toyota aprendió de otras industrias y encontró la inspiración en compañías como Ford y en las prácticas de los supermercados estadounidenses. Lean se difundió inicialmente en la industria automotriz de los Estados Unidos y también ha penetrado con éxito en muchas otras industrias productivas y de servicios. Instituciones de la salud, Virginia Mason Medical Center [17] y Group Health [18], presentaron exitosos resultados con la metodología LEAN.

T. Ohno [16], plantea ver la línea de tiempo, desde el momento en que llega un pedido hasta el momento en que cobra el dinero (Cadena de Valor), y reducir el tiempo al eliminar el desperdicio que no agrega valor. Este indica que el trabajo se divide en 3 categorías: Valor agregado, Necesario (reglamentación) e Innecesario o que no agrega valor (es decir, desperdicio).

Se define el desperdicio como cualquier actividad que interfiera con la posibilidad de que las personas cumplan con su trabajo eficazmente, o cualquier acción que no se traduzca en valor para el cliente. En efecto, para el HEGC las operaciones suspendidas (Cancelan el trabajo) y las operaciones condicionales (Interfieren con la programación esperada) cumplen con estos los requisitos que T. Ohno precisa. Al eliminar el desperdicio se reducen las demoras y mejoran la calidad, la seguridad, la eficiencia y la confiabilidad del sistema, al tiempo que se disminuyen los costos.

Por su parte, la metodología Lean adaptada a la salud es un enfoque racional y científico para resolver los problemas y aprender [19]. Steven Spear describe 4 capacidades de la organización magra (LEAN) en el sistema de salud.

- El trabajo se diseña como una serie de experimentos para revelar los problemas. Este enunciado consta de 3 elementos:
  - El trabajo es diseñado, estandarizado y no se deja al azar. Para este proyecto se refleja en una adecuada programación de pabellón. (Trabajo ya realizado por los profesionales de pabellón)
  - El trabajo no es estático, sino que mejora continuamente a través de pequeños eventos Kaizen (experimentales) y, basado en esto, es que el trabajo se inspira para plantear una mejora. Este proyecto presenta oportunidades de mejora, como el cálculo de la duración de las operaciones y la mejora de la actividad de sobreventa.
  - El trabajo se estructura para que sea visible y puedan corregirse los problemas. Esta información debería compartirse y ser visible. El proyecto implementó un aplicativo, conocido como BIMO que muestra el estado del paciente durante la implementación del servicio.
- Los problemas se corrigen inmediatamente por medio de experimentación rápida. Cuando se descubre un problema, toda la atención se dirige a



resolverlo inmediatamente, en el sitio donde ocurrió y con la ayuda de las personas que lo sufren. **Los problemas son oportunidades para aprender y mejorar.**

- Las soluciones se difunden adaptativamente por medio de la experimentación colaborativa. Las mejoras locales se deben compartir con otras áreas para prevenir el desperdicio de tener que repetir innecesariamente el trabajo (resolver el mismo problema una y otra vez).
- **Se enseña a las personas de todos los niveles a experimentar.** La metodología Lean ayuda al personal a ver su trabajo y sus procesos con nuevos ojos y, así, reconocer los problemas que antes pasaban desapercibidos. Además, enseña nuevas formas de resolver dichos problemas.

Se utilizó el enfoque filosófico de [20], que incluye 3 principios fundamentales.

- **Enfocarse, ante todo, en el paciente y la familia.** Enfocarse en los pacientes implicó involucrarlos como miembros del equipo que trabajan de la mano con el personal, a fin de mejorar el sistema. Solamente los pacientes y las familias definen los pasos que agregan valor al proceso.
- **Apoyar al cuerpo médico y al personal en su trabajo.** Apoyar al personal implica aliarse con él y proporcionarle los recursos necesarios para que cumpla bien con su labor.
- **Adoptar una visión de largo plazo en la toma de decisiones.** Es necesario establecer un horizonte de largo plazo al planear mejoras pequeñas y graduales a nivel de las personas y los procesos, con rendimientos menores sobre la inversión.

Se utilizan datos en lugar de opiniones para tomar las decisiones. La recopilación de los datos comienza con ejercicios de observación clínica denominados los tres reales: observar a personas reales mientras hacen el trabajo real en el sitio real. A partir de estas observaciones se elaboran mapas de la secuencia del trabajo y después se plantean hipótesis para mejorar los procesos y, en último término, los resultados. Este método se explica en el siguiente apartado. La siguiente metodología describe en más detalle lo mencionado.

2.1.6. Diseño Empático para la Innovación.

Las empresas deben identificar y satisfacer las necesidades que los clientes no pueden reconocer. Para llevar a cabo esa tarea, un conjunto de técnicas de diseño, denominado empático, puede ayudar. En lugar de llevar a los clientes a la empresa, diseño empático pide representantes de la empresa para ver a los clientes utilizar los productos y servicios en el contexto de sus propios entornos. De esta manera, los gerentes, a menudo, pueden identificar usos inesperados de sus productos, así como hizo el gerente de producto de un aceite de cocina cuando observó a un vecino rociar el aceite sobre las cuchillas de una cortadora de césped para reducir la acumulación de hierba. También pueden descubrir problemas que los clientes no mencionan en las encuestas. El proceso de cinco pasos, describen Dorothy Leonard y Jeffrey Rayport, son costos relativamente bajos, de bajo riesgo para identificar las necesidades del cliente, y tiene el potencial para redirigir las capacidades tecnológicas existentes de una empresa hacia nuevos negocios. Dorothy Leonard y Jeffrey F. Rayport [21] plantean el proceso compuesto por 5 pasos.

- **Observación.** Es importante dejar claro a quién se debe observar, quién debe encargarse de la observación y en qué se debe fijar el observador.  
**Quién es el observado:** Estos individuos pueden ser clientes o no, clientes de clientes o un grupo de individuos que, al desempeñar diferentes papeles, realizan colectivamente una tarea; **Quién es el observador:** Las diferencias en la formación, estudios e inclinaciones naturales predisponen a diferentes personas a extraer información muy distinta cuando observan exactamente la misma situación; **Qué comportamiento se debe observar:** Las personas a observar deben estar llevando a cabo sus rutinas normales. Es decir, jugar, comer, relajarse o trabajar en casa o en la oficina, entre otras.
- **Captura de Datos.** Las técnicas de diseño empático ponen más énfasis en la observación que en el estudio, se recogen relativamente pocos datos a través de las respuestas a preguntas. La mayoría de los datos se recogen a partir de indicios visuales, auditivos y sensoriales. Por esta razón, los equipos de diseño empático usan frecuentemente fotografías y vídeos como herramientas.
- **Reflexión y Análisis.** Se reflexiona sobre la observación y se revisan los datos visuales con otros colegas. Exentos de cualquier posible influencia extraña -

como pudieran ser las reputaciones de las personas o empresas visitadas o las condiciones meteorológicas en el lugar de observación-, esos individuos se centrarán en los datos que tienen ante sí y, también ellos, verán cosas diferentes. Plantearán preguntas que los miembros del equipo serán capaces, o no, de responder y tal vez este hecho les obligue a salir de nuevo para seguir observando. En este punto es cuando el equipo intenta identificar todos los posibles problemas y necesidades de sus clientes.

- **Lluvia de Ideas de soluciones.** La presentación acrítica de ideas espontáneas (Brainstorming), dentro del proceso de diseño empático, se utiliza específicamente para transformar las observaciones en representaciones gráficas y visuales de posibles soluciones.
- **Desarrollo de un prototipo de la posible solución.** Cuanto más radical es la innovación, más difícil resulta comprender qué aspecto debe tener, cómo debe funcionar y cómo se tiene que usar. De la misma manera que los investigadores recogen datos visuales útiles, también pueden estimular la comunicación creando alguna representación física de un nuevo concepto de producto o servicio. Los prototipos son una parte crítica del proceso de diseño empático, debido, al menos, a tres razones: Aclaran el concepto del nuevo producto o servicio para el equipo de desarrollo. Posibilitan que el equipo presente su concepto ante otros individuos, que trabajan en diferentes departamentos no representados formalmente en el equipo. Pueden estimular reacciones y fomentar la discusión con clientes potenciales de la innovación debido a que son algo concreto.

Finalmente, se concluye con esta metodología.

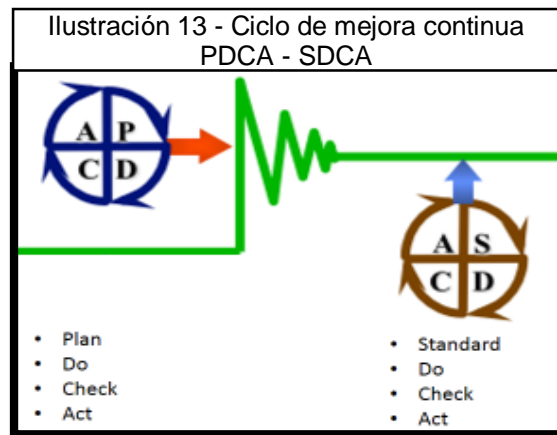
#### 2.1.7. Mejora continua con el Ciclo de Deming .

Este método permite someter a prueba una hipótesis, aplicando el método científico en la forma del ciclo de Deming, Planear-Hacer-Verificar-Actuar (PDCA en inglés) [20].

**El ciclo PDCA simboliza la mejora continua,** tanto las mejoras drásticas o radicales como las pequeñas mejoras. **P**, primera letra de plan, definir los objetivos, la estrategia y recursos para abordarlos; **D**, primera letra del vocablo en inglés *Do*, llevar a la práctica el plan; **C**, de control,

analizar los resultados obtenidos frente a los objetivos que se habían marcado; Y finalmente **A**, de ajustar, aprender de la experiencia, sacar conclusiones y realizar una nueva **P**, o pasar a la **S**, al estándar, si se han cubierto los objetivos [22].

**El ciclo SDCA simboliza el buen hábito.** **S**, de standard, normalizar o estandarizar; **D**, de *Do (en inglés)*, hacer las cosas de acuerdo con la norma; **C**, de *Check (en inglés)*, comprobar que todo funciona correctamente; y **A**, de *Act (en inglés)*, actuar para corregir las desviaciones [22]. Este ciclo brinda la ventaja de mantener las mejoras y que los beneficios, que fueron difícilmente conseguidos con el PDCA, no se degraden con respecto al tiempo.



## 2.2. Marco teórico.

El marco teórico muestra el conjunto de habilidades y conocimientos específicos que fueron necesarios adquirir para este trabajo. Este capítulo los estructura en siete ámbitos. En primer lugar, determinar la elección de resolver el problema, disminuir y gestionar las suspensiones o postergaciones quirúrgicas, es relevante. En segundo lugar, la recolección y procesamiento de los datos del estado de las actividades del paciente, es una fuente fiable y útil de información. En tercer lugar, que las lógicas y modelos analíticos de determinación de la duración de la operación y la gestión se están utilizando. En cuarto lugar, los métodos de minería de datos para generar modelos descriptivos y predictivos se pueden aplicar para determinar la duración de las operaciones y gestión de las operaciones. En quinto lugar, describir la estrategia de sobreventa u Overbooking. En sexto, entender y aprovechar las características de los datos encontrados, como la modalidad en las distribuciones. Y, finalmente, la forma de medir el éxito o de medición de pronóstico.

### 2.2.1. Disminución de suspensiones o postergaciones quirúrgicas.

Según [23], la gestión de Pabellón afecta a los costos, el flujo de paciente y la utilización de recursos en todo el hospital. Se identifica una considerable variedad “decisiones complejas”, que enfrentan los gestores de pabellones quirúrgicos.

A las decisiones que realizan los gestores, se les tiene que adicionar variabilidades estratégicas que la institución está dispuesta a afrontar y a variabilidades no esperadas (disfuncionalidades). La prestación de servicios de cirugía requiere un esfuerzo organizativo importante y la contratación de los recursos. Por lo tanto, las cancelaciones de cirugía electiva representan una pérdida significativa de los ingresos y el despilfarro de recursos [20], [24] y [25]. Adicionalmente, esto agrega un riesgo a la salud del paciente por los días de suspensión, ya que la espera puede ser especialmente traumática si implica un deterioro irreparable de la salud o, en situaciones extremas, la muerte [26].

Debido a estos antecedentes, las cancelaciones de operaciones electivas han sido un problema importante y de larga data en las organizaciones de salud de todo el mundo [25].

### 2.2.2. Recolección y procesamiento de datos.

Tanto el marco metodológico como el marco teórico, sustentan el éxito de un proyecto en la recolección útil de datos e información para la generación de conocimiento acrítico que permita la toma de decisiones. Es muy importante determinar cómo recolectar esta información, cuáles son los atributos más relevantes y útiles para la toma de decisiones y, finalmente, cómo procesarla.

Existe un gran desafío para las organizaciones que tienen un gran conjunto de candidatos de atributos, que ha almacenado históricamente en un repositorio, y desea utilizar. Así como también para las organizaciones que carecen de data histórica y/o la recolección de información, ya que es costosa la construcción del conjunto de candidatos de atributos y el número de ejemplos necesarios para generar información útil. En definitiva, es un problema complejo. Es como la paradoja de los ricos y pobres, mientras que el primero requiere más recursos para generar más riqueza, el segundo necesita más recursos para generar riqueza. Sin embargo, en la esencia, ambos sufren la escasez de dinero.

Para la resolver este inconveniente, este trabajo presenta alcances para reducir esta brecha. La gestión del conocimiento y estadística inferencial. No obstante, para las capacidades de este trabajo, se utiliza la estadística inferencial como herramienta base para recolectar y procesar la poca data útil recolectada.

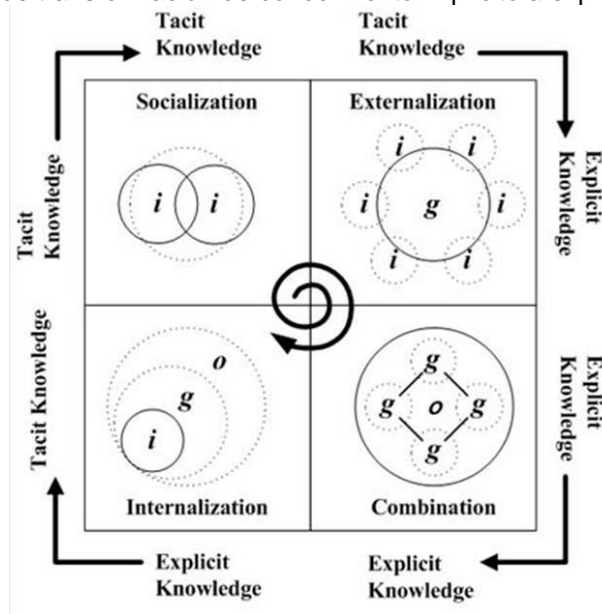
2.2.2.1. Gestión del conocimiento.

Nonaka [27] menciona dos tipos de conocimiento: Tácito, como altamente personal, difícil de formalizar y comunicar, parcialmente formado por habilidades técnicas (conocido como know how); Explícito, formal y sistemático, se puede compartir y comunicar fácilmente, en especificaciones de producto, en una fórmula científica o en un programa computacional. Además, distingue que las organizaciones innovadoras crean conocimiento Explícito y las protegen con conocimiento Tácito, para luego, nuevamente, generar a partir del conocimiento Tácito nuevo conocimiento Explícito. Es así que se diseña una espiral de mejora continua.

Esto se realiza a través de la Sociabilización, la Externalización, la Internalización y la Combinación.

- o La Socialización es el proceso de adquirir conocimiento tácito, a través de compartir experiencias por medio de exposiciones orales, documentos, manuales y tradiciones y que añade el conocimiento novedoso a la base colectiva que posee la organización.

Ilustración 14 - Ciclo de transformación de conocimiento implícito a explícito



- La Exteriorización es el proceso de convertir conocimiento tácito en conceptos explícitos, que supone hacer tangible mediante el uso de metáforas (conceptos, hipótesis, analogías o modelos), conocimiento de por sí difícil de comunicar, integrándolo en la cultura de la organización. Es la actividad esencial en la creación del conocimiento.
- La Combinación es el proceso de crear conocimiento explícito, reuniendo conocimiento explícito proveniente de cierto número de fuentes, mediante el intercambio de conversaciones telefónicas, reuniones, correos, entre otros, y se puede categorizar, confrontar y clasificar para formar bases de datos y, así, producir conocimiento explícito.
- La Interiorización es un proceso de incorporación de conocimiento explícito en conocimiento tácito, que analiza las experiencias adquiridas en la puesta en práctica de los nuevos conocimientos y que se incorpora en las bases de conocimiento tácito de los miembros de la organización en la forma de modelos mentales compartidos o prácticas de trabajo.

#### 2.2.2.2. Estadística inferencial.

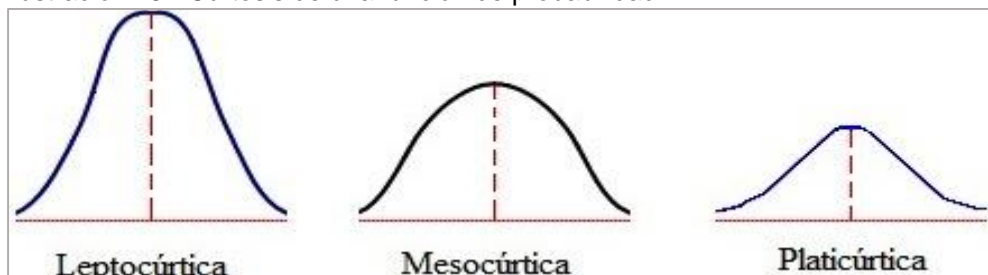
Según [28] *“En un sentido amplio, se entiende por Inferencia a la parte de la Estadística que estudia grandes colectivos a partir de una pequeña parte de estos. El conjunto de individuos que se pretende analizar se denomina población, mientras que la parte que sirve de apoyo para realizar dicho análisis se llama muestra. Técnicamente la Inferencia consiste en, una vez estudiada la muestra, proyectar las conclusiones obtenidas al conjunto de la población”*. Este trabajo, utiliza esta propiedad para contrarrestar los problemas de errores de medición y poca frecuencia de datos en los registros encontrados y recolectados, para proyectar conclusiones que serán la base de la toma de decisiones, a pesar que la probabilidad o margen de error sea alta. Además, esta rama de estadística es base fundamental para la evaluación de los resultados de este trabajo.

Otro concepto de la estadística son los conceptos mencionados en [29] . Este describe la interpretación un paquete de *R-Statistical* llamado MOMENTS Versión 0.14 publicado el 2015-01-05, cuyos autores son Lukasz Komsta,

Frederick Novomestky. Éste utiliza el concepto de la forma de la distribución de probabilidad que este trabajo usa como base: Curtosis de Pearson y Curtosis-simetría de Geary.

La curtosis es una medida de la forma de la función de distribución. La función de distribución es una función que asigna, a cada suceso definido sobre la variable aleatoria, la probabilidad de que dicho suceso ocurra. Entre las más conocidas es la Gauss o campana Gauss, que tiene como valor de curtosis 0, según el paquete mencionado anteriormente. Si el valor es mayor a 0, esta distribución es leptocúrtica, en caso contrario es platicúrtica. Como lo muestra el siguiente gráfico.

Ilustración 15 - Curtosis de una función de probabilidad



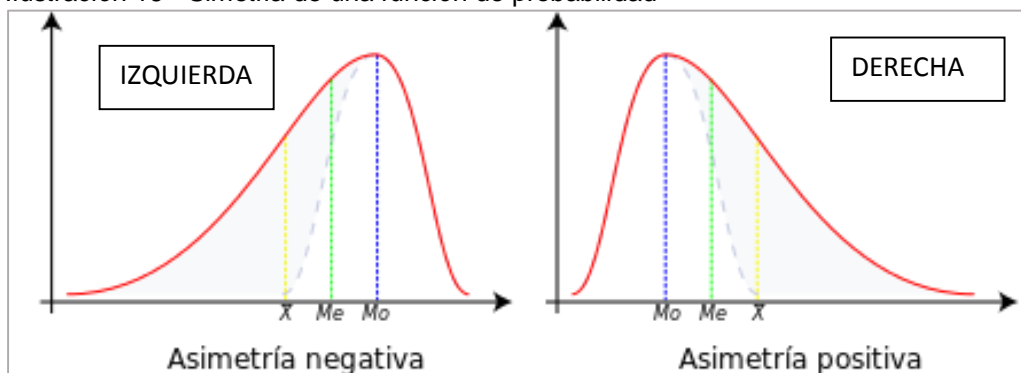
Fuente: MAILXMAIL

De estas tres distribuciones de probabilidad, la más confiable es la Leptocúrtica, por tener mayor cantidad de datos agrupados en un punto, mientras que la menos confiable es la Platicúrtica.

Por otro lado, otra medida de la forma de la función de distribución es la simetría que se basa en *Pearson's moment coefficient of skewness*. Este coeficiente indica la distribución de los valores en función a un eje que pasa por la media de la distribución de probabilidad. Si la cola de la izquierda es más grande que la derecha tiene una simetría negativa, mientras que si tiene una cola de la derecha más grande que la izquierda tiene una simetría positiva. Según el paquete MOMENTS, mencionado anteriormente, cuando se tiene una distribución de probabilidad del tipo Gauss, su simetría es 0, mientras que si es menor a 0 es asimetría negativa(Izquierda). Por el contrario, si es mayor a 0, es asimetría positiva(Derecha).



Ilustración 16 - Simetría de una función de probabilidad



Fuente: Wikipedia

Es trabajo encontró distribuciones de probabilidad de duración de una operación como las dos anteriores. Se interpreta del gráfico anterior que la distribución de la izquierda tiene una tendencia a durar más tiempo o tener retrasos, mientras la distribución de la derecha tiene una tendencia a durar menos tiempo.

### 2.2.3. Cálculo de la duración de la operación.

Este apartado es una traducción de S. Franke, J. Meixensberger y T. Neumuth en [30], quien ha resumido varios trabajos del cálculo de la duración y los tipos de enfoques. *“Se han desarrollado varios enfoques para abordar Pabellón Quirúrgico y problemas de programación de recursos. Un problema importante es la optimización o la asignación de recursos, otra es la incertidumbre de la duración de intervención. Los enfoques disponibles pueden ser clasificados de acuerdo a sus fuentes de datos. Una clasificación básica se puede hacer entre datos PREOPERATORIO e INTRAOPERATORIOS.”*

#### 2.2.3.1. Enfoques con datos preoperatorio u Offline.

*“Estos han considerado principalmente la información demográfica y de diagnóstico, así como información de la organización sobre el cirujano y el procedimiento previsto.”*

*“En [31] se utilizó enfoque estadístico para predecir la duración de una serie de intervenciones en la cirugía cardíaca, considera los tiempos de procedimiento de los diversos tipos de intervención cardíaca. La aproximación estadística se aplicó a 3 meses de datos, casos con cancelaciones y casos añadidos fueron*

*excluidos. El trabajo se centró en evitar la utilización excesiva y reducir los costos.”*

*“Otros métodos estadísticos, como en [32], han incluido la información de la operación disponible, incluyendo la edad del paciente, el índice de masa corporal, indicadores de diagnóstico específicos, cirujano y duración procedimiento planificado, entre otros.”*

### *2.2.3.2. Enfoques intra-operatorios u Online.*

*“Estos utilizan los datos intra-operatorios. Métodos como la búsqueda de campos de Workflow-Recognition y estimación fueron usados para estimar varias fuentes de datos.”*

*“Como instancia, en [33] y [34] se utilizaron los datos de anestesia y de signos vitales para estimar el tiempo de restante de la intervención. El método se basa en datos históricos de las estaciones de trabajo de anestesia. Además, a los anesthesiólogos se les consultó regularmente para predecir el tiempo restante. Esto, esencialmente, para activar las actualizaciones en línea de las predicciones de tiempo.*

*El modelado de los flujos de trabajo como un proceso estadístico y de reconocimiento online ha surgido recientemente. Por ejemplo en [33] y [35] se utilizaron los datos de vídeo para dar cuenta de las actividades quirúrgicas. Endoscópica y vídeos microscópicos se analizaron de varios tipos de intervenciones.”*

*“En los casos como [36], [37] y [38], los esfuerzos de integración con quirófanos digitales han hecho que las fuentes de información técnica estén disponibles para el procesamiento automático.”*

*“La mayoría de los estudios relacionados con el trabajo de reconocimiento de flujo utilizan los datos del sensor de bajo nivel (sensores de presión), para luego centrarse en el reconocimiento de la tarea o fase de alto nivel (paciente acostado). Por ejemplo, en [39] se propone un estructura con un enfoque bayesiano, a un sensor de reducción de ruido y el reconocimiento de tareas basadas en Markov.”*

*“En [40] y [41] se desarrollaron los modelos de procesos quirúrgicos basados en la teoría de Markov. En [42] se utilizó Hidden Markov Model (HMM) para*

*una colecistectomía laparoscópica. El modelo representa un número limitado de estados de alto nivel que fueron reconocidos en línea usando vídeos endoscópicos y señales de dispositivos. Y en [43] varios métodos fueron evaluados para entrenar HMM para predecir el tiempo de intervención restante dentro de los estados definidos.”*

En contraste con lo desarrollado anteriormente, [30] propone un método para predecir los tiempos de intervención basado en actividades de bajo nivel quirúrgicos reconocidos. Además, requiere técnicas de reconocimiento de flujo de trabajo para la aplicación de este método de predicción, pero el método es totalmente independiente de la aplicación concreta de dicho reconocimiento. Este método de predicción está diseñado para manejar una representación granular del procedimiento quirúrgico con un gran número de actividades quirúrgicas. Su objetivo es permitir una adaptación dinámica del tiempo y la gestión de recursos basado en la situación quirúrgica actual.

Basado en lo anterior, este proyecto toma como base la construcción de un flujo de trabajo simple, el cual está compuesto por las actividades en las que interviene el paciente descrito en el apartado 6.1.1.

#### 2.2.4. Métodos predictivos.

Los trabajos [12], [13] y [14] han tenido éxito en el modelamiento de la priorización de operaciones, flujo de trabajo, asignación de recursos. Sin embargo, estos no consideran las suspensiones o postergaciones quirúrgicas y sus factores.

Por lo tanto, se plantea una nueva aproximación mediante procesos de Business Intelligence, que está basada en el modelo KDD (Knowledge Discovery in Databases) [44]. Estos permiten generar un modelo descriptivo y predictivo de las suspensiones o postergaciones quirúrgicas. También nos permite desarrollar una probabilidad de suspensión que es útil para la toma de decisiones.

Por ejemplo, en [45] se desarrolló un modelo de red neuronal híbrida para estudiar la quiebra de los bancos estadounidenses, combinando una red perceptrón multicapa (MLP) y los mapas auto-organizados (SOM). Éste brinda un modelo descriptivo, en el que se detallan las principales características de los bancos estadounidenses en dificultades y cómo las quiebras bancarias han evolucionado

desde el inicio de la crisis financiera en 2007. A la vez, un modelo predictivo para anticipar la probabilidad de quiebras bancarias antes de que sucedan.

Otro caso en el sector de la educación. [46] Procesa gran cantidad de información para extraer patrones que permitan tomar decisiones oportunamente y lograr evitar la deserción. Este artículo presenta la comparación de algoritmos de clasificación para la predicción de la deserción escolar. Los mejores algoritmos son Naive Bayes Tree, que tiene el menor error, y J48 que provee información útil para el tutor, al indicar las materias que debe cuidar, permitiéndole crear estrategias que apoyen el desempeño académico del alumno en las mismas.

#### 2.2.5. Sobreventa u *Overbooking*.

Según [47], el overbooking o sobreventa *“es una técnica esencial utilizada para reducir los efectos de los pacientes ausentes y cancelaciones. Durante muchos años, se ha utilizado para aumentar la utilización de recursos en el sector del transporte aéreo. Tanto la industria de las aerolíneas y los servicios de salud comparten las mismas consecuencias, que los pasajeros o el paciente ausente y las cancelaciones, pierden su beneficio. Como resultado, un exceso de reservas programación se ha convertido en una opción considerable para las clínicas de pacientes externos. Los proveedores de salud tienden programar un exceso de citas de pacientes en respuesta a pacientes ausentes y cancelaciones, un método que puede ser perjudicial debido a exceso de reservas potencialmente excesiva puede aumentar el tiempo de espera de los pacientes”*. En otras palabras, recurrir a una exagerada sobreventa, en post de beneficiar al paciente y la organización, puede aumentar los tiempos de espera. Como consecuencia, en largo plazo los perjudica a ambos.

El trabajo de [47] propone mejorar el servicio con alianzas con otros organismos, gestionados a través de un modelo para múltiples clínicas, y así optimizar el número de operaciones condicionales y maximizar los beneficios.

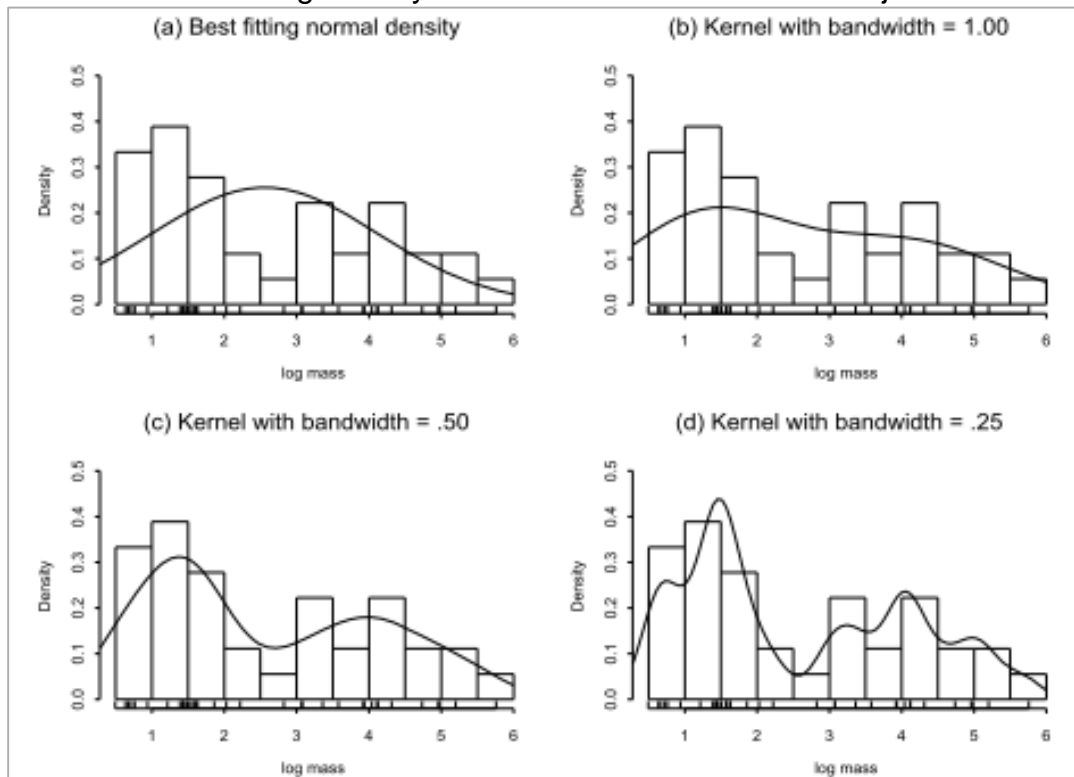
#### 2.2.6. Identificación de modalidad en distribuciones.

Una de las características de los datos encontrados es el comportamiento de datos no paramétrico. Es decir, no es posible inferir ninguna distribución de probabilidad

de la población, por lo que solo se puede generar hipótesis muy generales, como puede ser la de simetría-curtosis y la multi-modalidad.

En [48] se afirma que “*detectar y cuantificar la multi-modalidad en los datos de tamaño del cuerpo ha sido un reto para los ecólogos y biólogos evolutivos. Como lo demuestra la diversidad de métodos que han utilizado (Allen et al., 2006 y sus referencias) y las preocupaciones que otros han planteado (Manly, 1996; Siemann y Brown, 1999).*”

Ilustración 17 - Histogramas y estimación estadística de la mejor distribución



Fuente: (Xu, 2014) [48]

“*Los estadísticos se han enfrentado a retos similares en los últimos 30 años, como lo demuestra la variedad de métodos que han ideado (Silverman, 1981; Hartigan y Hartigan, 1985; Silverman, 1986). Sin embargo, hay poco acuerdo sobre qué herramientas podría ser más apropiada para revelar y cuantificar la multi-modalidad, por no hablar de la investigación de los procesos que subyacen a estas distribuciones.*”

En [48] se realizó la revisión de tres métodos estadísticos para la detección de múltiples modas e introducen una prueba bayesiano para evaluar modalidad. Después, comparar los cuatro enfoques en simulaciones en una variedad de

formas de densidad, evaluar y comparar el rendimiento de estos métodos en los datos. Se determinó:

- Método de densidad Kernel de Silverman se encontró que era muy conservador.
- La prueba de la masa en exceso y un enfoque de modelo de mezcla Bayesiano mostraron asociación entre los conjuntos de datos.
- La prueba Hall y de York proporcionan una fuerte evidencia de la existencia de dos o más modos en todos los conjuntos de datos.
- El modelo de mezcla Bayesiano también proporcionó una manera de cuantificar la incertidumbre asociada con el número de modos.

En [48] se demuestra la riqueza inherente de las distribuciones, así como también las dificultades para la caracterización y, en última instancia, la comprensión de los procesos subyacentes. Con el fin de no acomplejar este trabajo, utiliza el método de densidad Kernel de Silverman, para generar la función de densidad. Para ello se utiliza un paquete de R-Statistical Computing llamado *Kernel Density Estimation*.

#### 2.2.7. Medidas de medición de pronóstico.

Finalmente, este trabajo utiliza el *coeficiente de determinación*  $R^2$  para medir el desenvolvimiento del pronóstico y *Error de Porcentaje Absoluto Medio (MAPE)* para medir su error.

En [49] se indica que “*El coeficiente de determinación, denotado  $R^2$ , es el cociente de la variación explicada (suma de los cuadrados debidos a la regresión) por la variación total (suma total de cuadrados total de) en un modelo de regresión lineal simple o múltiple.*”

$$R^2 = \frac{\text{Variación Explicada}}{\text{Variación total}}$$

Este trabajo utiliza esta medida de medición para comprar la performance de cualquier modelo y los expertos. Se espera que el % de la variación total pueda ser explicada por el modelo utilizado.

En [50] se indica que “*El error de porcentaje absoluto medio (MAPE) es una de las medidas más populares de la precisión del pronóstico. Éste fue utilizado como medida principal en el concurso de M-Competition. MAPE es el promedio de errores porcentuales absolutos (APE). Permite  $A_t$  y  $F_t$  denotar los valores actuales y pronósticos en un punto de datos  $t$ , respectivamente, respectivamente. Entonces, MAPE se define como:*”

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|$$

Este trabajo utiliza esta medida de medición para comprar cuanto se equivoca cualquier modelo y los expertos. Se espera que el % exprese el error promedio.

Ambas medidas de medición de pronóstico permiten evaluar los resultados obtenidos.

### 2.3. Aspectos centrales del capítulo.

Este trabajo toma la Metodología de Ingeniería de Negocios como base. Luego lo complementa con el modelo lógico y de articulación desarrollado por el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile. También utiliza otras metodologías. Para el mejoramiento del sistema de producción se toma como base LEAN, en específico la aplicada a la Salud, y como metodología de recolección de datos y búsqueda de oportunidades de innovación se utiliza el Diseño Empático. Finalmente, para garantizar la mejora continua se utiliza el Ciclo de Deming.

En el marco teórico se concluye que las cancelaciones de operaciones han sido un problema importante y de larga data para el Hospital y para las organizaciones de salud en todo el mundo. Una de las estrategias para afrontarlas es la sobreventa u Overbooking. La recolección y procesamiento de datos es compleja en todas las organizaciones y para el HEGC. Para superar estas complejidades se analiza la gestión del conocimiento, pero se utiliza la estadística inferencial como una herramienta para procesar los datos encontrados que se caracterizan por tener un comportamiento no paramétrico y multimodal. Se utiliza el *coeficiente de determinación  $R^2$*  y *error de porcentaje absoluto medio (MAPE)* como medidas de medición de pronóstico y, así, poder evaluar los resultados obtenidos.

### 3. ANÁLISIS ESTRATÉGICO, MODELO DE NEGOCIO Y ARQUITECTURA DE PROCESOS

---

Este capítulo realiza un análisis de los objetivos, estrategias y de procesos del HEGC. Consecuente a la metodología de la Ingeniería de Negocios, el cual es explicado en apartado 2.1.3, uno de los aspectos importantes de este trabajo consiste en entender y captar los objetivos de la organización a través del análisis del planteamiento estratégico, modelo de negocio y arquitectura de procesos.

#### 3.1. Análisis Estratégico.

Los objetivos de una organización están abstraídos en las definiciones como misión, visión, estrategias y mapa estratégico. Estas definiciones marcan el rumbo de la organización y, posteriormente, alinea las posibles oportunidades y soluciones.

##### 3.1.1. Misión y Visión.

La misión y visión son conceptos definidos por la institución. El primero indica cómo realiza su trabajo, mientras que el segundo indica a dónde quiere llegar.

##### 3.1.1.1. Misión.

*“Dar un servicio pediátrico de excelencia a los niños y niñas beneficiarios del Servicio de Salud Metropolitano Sur, en busca de satisfacer las necesidades de promoción, prevención, recuperación, y rehabilitación de la salud de la población infantil y adolescentes, con un equipo multidisciplinario comprometido, con un alto nivel tecnológico y profesional, en perfeccionamiento permanente, que trabaje en un ambiente grato, respetando los derechos del usuario externo e interno, integrando a la familia, la comunidad organizada y los distintos niveles de atención, de manera accesible, oportuna, eficiente, equitativa y segura poniendo énfasis en valores como justicia, solidaridad, ética, transparencia, probidad y respeto a la dignidad de las personas.”*

Fuente: HEGC.

##### 3.1.1.2. Visión.

El siguiente texto es la visión actual que el hospital decidió mantener, debido a que se encuentra en proceso de traslado a una nueva infraestructura física.



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

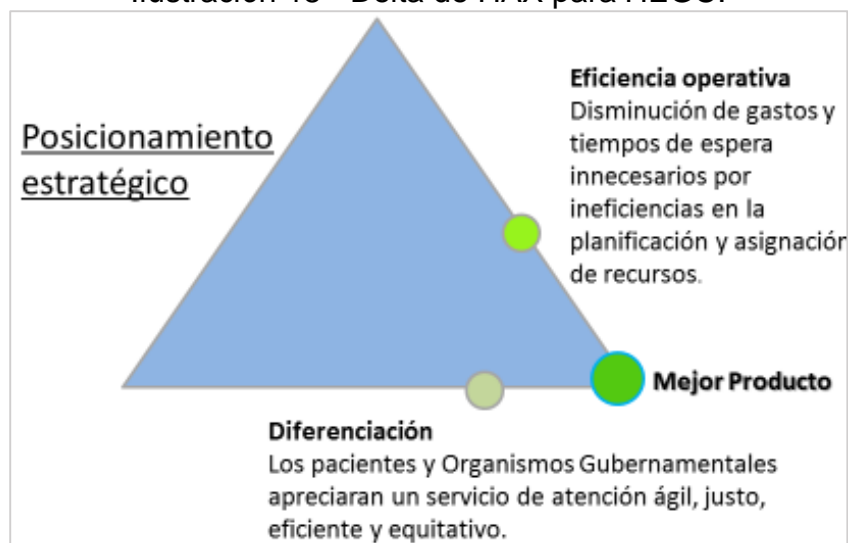
Fuente: HEGC.

### 3.1.2. Estrategia.

Basado en la Misión y Visión, este trabajo define una posible estrategia, la cual está basada en [51]. Ese trabajo define que la medición de la cadena del servicio permite una significativa reducción de costes y mejora de servicios. En concordancia con lo anterior, Porter define la *Estrategia de Menor Coste*, la cual es compatible con estrategia de los hospitales públicos, ya que, a través de la eficiencia operativa, se logra el buen uso de los recursos y, en consecuencia, la reducción de los costos. Esta reducción puede ser trasladada a la facturación de los pacientes o ser reinvertida en la mejora del servicio.

Paralelamente, las estrategias anteriores también fueron captadas en el Modelo Delta de Hax, [52], el cual sitúa al cliente en el centro de la gestión y la posición de la organización frente a él.

Ilustración 18 - Delta de HAX para HEGC.



Fuente: Elaboración propia basada en [52].

Para el HEGC, el tipo de posicionamiento de *Mejor Producto* es el más adecuado por dos razones. La primera es la mejora de la eficiencia operativa y la segunda la diferenciación de las demás instituciones.

Después de todo, las estrategias de HAX y Porter son congruentes entre sí. Consecuentemente, en una primera etapa este trabajo plantea como objetivo estratégico garantizar un buen manejo de la eficiencia operacional.

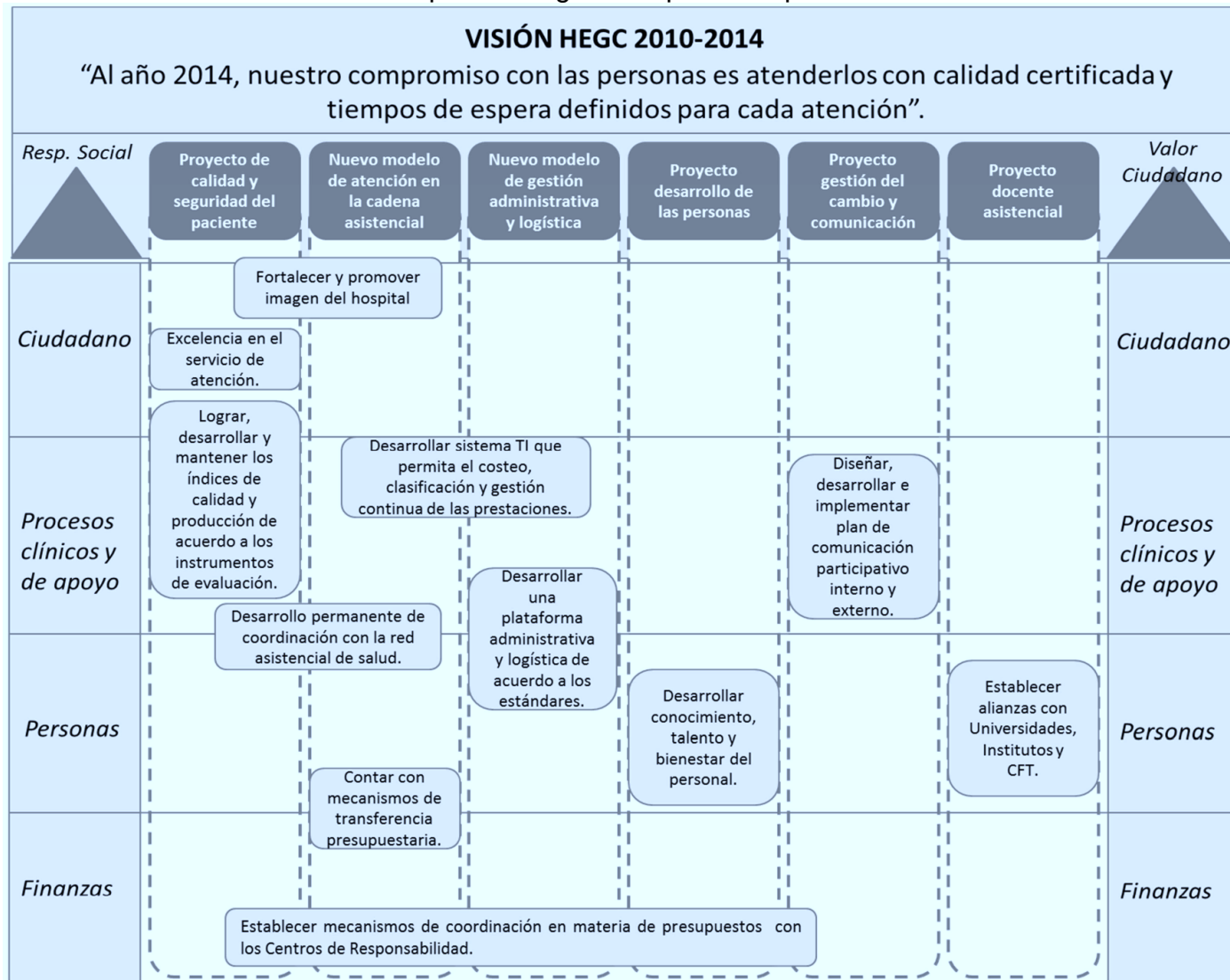
### 3.1.3. Cuadro de Mando Integral.

El Cuadro de Mando Integral (Balanced Scorecard – BSC) *“Proporciona a los ejecutivos con un marco global que traduce los objetivos estratégicos de la empresa en un conjunto coherente de medidas de desempeño (...). Es un sistema de gestión que puede motivar mejoras innovadoras en áreas tan críticas como producto, proceso, cliente y el desarrollo del mercado”* [53]. Esta herramienta de administración de empresas muestra continuamente cuándo una compañía y sus empleados alcanzan los resultados definidos por el plan estratégico. También es una herramienta que ayuda a la compañía, empresa u organización a expresar los objetivos e iniciativas necesarias para cumplir con la estrategia.

Se establecen cuatro perspectivas del cuadro de mando integral. Por ser una organización sin fines de lucro, la perspectiva financiera, en vez de conseguir una mayor rentabilidad o ingresos, más bien busca el uso eficiente y sustentable de los activos para poder apoyar el resto de las perspectivas. Lo importante es establecer un sistema de señales, en forma de Cuadro de Mando, que indique la variación de las magnitudes verdaderamente importantes que se deben vigilar para someter a control la gestión.

El HEGC ha desarrollado su propio mapa, como lo muestra la siguiente ilustración. Ésta también muestra los proyectos definidos para el 2014 y los objetivos particulares del hospital.

Ilustración 19 - Mapa estratégico Hospital Exequiel González Cortés



Fuente: HEGC, 2011

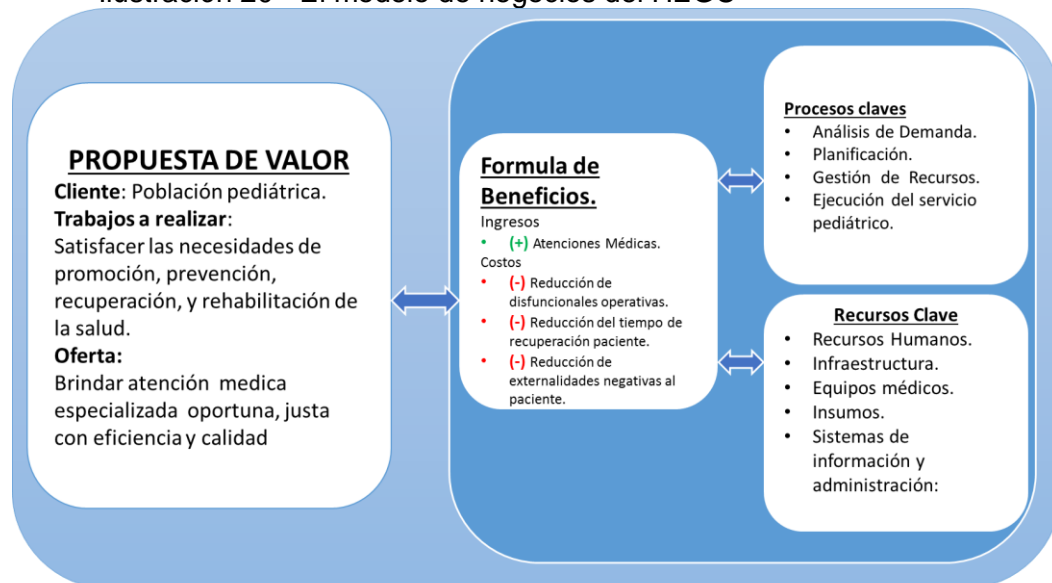
Dado que este trabajo no estaba contemplado en el momento de la elaboración de la ilustración anterior, éste aborda un nuevo objetivo específico como “Uso Eficiente y Sustentable de los Activos”, y reutiliza otro como “Brindar excelencia en el servicio de atención”. Ambos objetivos específicos tienen el fin de orientar la posible solución que en el capítulo 5 se describe más adelante.

### 3.2. Modelo de negocio.

Una manera de abstraer y entender la forma de obtener beneficios de una organización es definir el modelo de negocio. Este trabajo utiliza la metodología de Mark W. Johnson [54]. Esta forma de concebir un modelo de negocios identifica 4 elementos claves que las organizaciones deben articular para efectos de producir y transferir valor a sus clientes (o usuarios). Estos son: Propuesta de valor, Beneficios económicos, Recursos claves y Procesos claves.

La siguiente ilustración y próximos apartados muestran el esquema del modelo de negocio del HEGC. En la Izquierda se expone la Propuesta de Valor y en la derecha los elementos necesarios para llevarla a cabo.

Ilustración 20 - El modelo de negocios del HEGC



Fuente: Propia basada en [54]

### 3.2.1. Propuesta de valor al paciente.

- Cliente: Población pediátrica.
- Trabajos a realizar: Satisfacer las necesidades de promoción, prevención, recuperación, y rehabilitación de la salud.
- Oferta: Brindar atención médica especializada oportuna, justa con eficiencia y calidad.

### 3.2.2. Procesos claves.

- Análisis de Demanda. El proceso que gestiona la priorización y gestión de los pacientes en espera de atención quirúrgica.
- Planificación de pabellón. Aquel proceso donde se realiza la calendarización de las intervenciones quirúrgicas por pabellón, la asignación de médicos, enfermeras, anestesiólogo y paciente.
- Gestión de Recurso. Es el proceso encargado de coordinan los recursos de infraestructura e insumos.
- Ejecución del Servicio Pediátrico. Es el proceso encargado de la realización de la acción que requiere especialidad de medicina pediátrica.

### 3.2.3. Recursos claves.

- Recursos Humanos: Personal médico, anestesista y de enfermería que intervienen con los pacientes en los pabellones.
- Pabellones: Salas especialmente habilitadas donde se realizan las intervenciones quirúrgicas. Recurso fundamental para tratar a los pacientes con afecciones que requieren cirugía.
- Equipos médicos: Son equipos y tecnologías necesarios para realizar intervenciones quirúrgicas, monitoreo de pacientes, realización de diversos exámenes, entre otras cosas.
- Infraestructura: Inmuebles y ambientes físicos necesarios para otorgar las condiciones para la atención quirúrgica de los pacientes.
- Sistemas de información y administración: Sistemas de información para la comunicación con la red asistencial, como también para registrar las labores realizadas internamente.

### 3.2.4. Formula de Beneficios.

La siguiente tabla muestra los beneficios económicos que se pueden obtener del resultado de la suma de los ingresos y costos.

INGRESOS		COSTOS	
(+)	Atenciones Médicas ↑	(-) Reducción de disfuncionales operativas.	↓
		(-) Reducción del tiempo de recuperación paciente.	↓
		(-) Reducción de externalidades negativas al paciente.	↓

### 3.3. Arquitectura de Procesos.

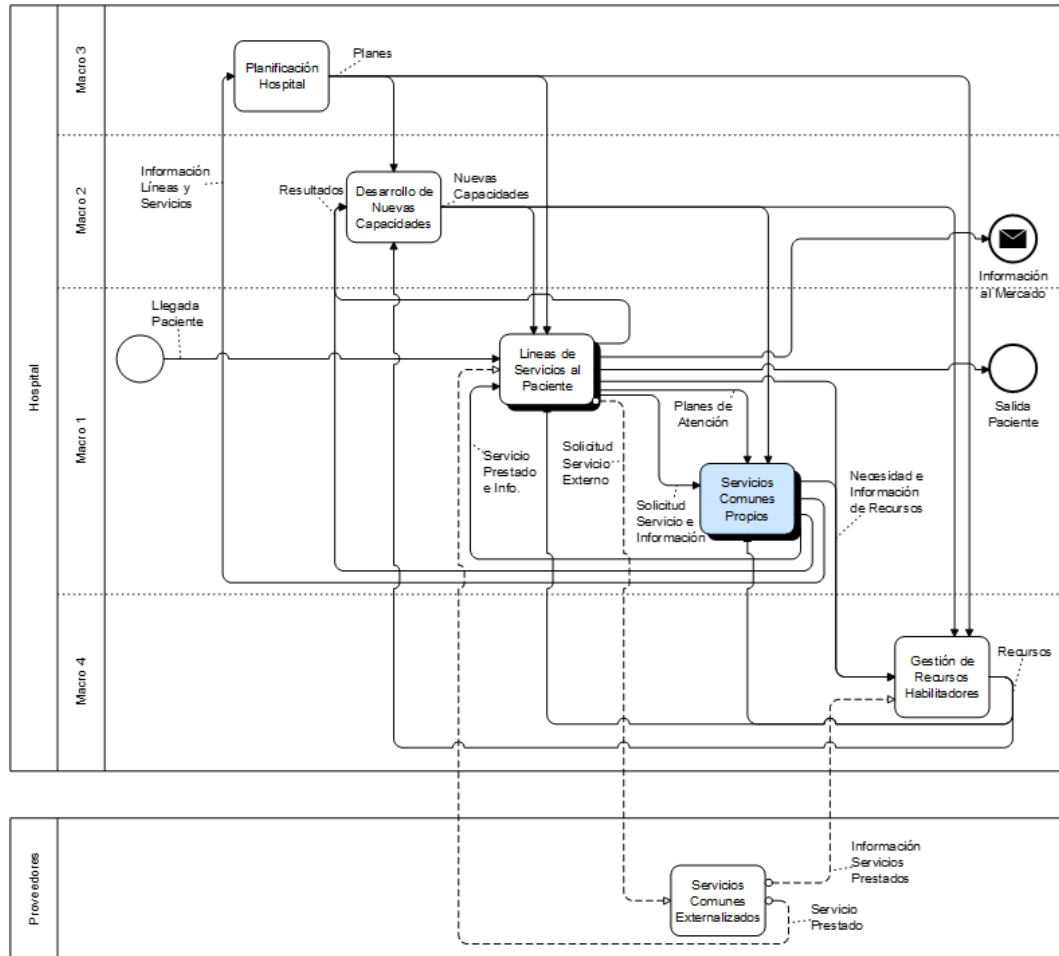
En [55, p. 197], se conoce a “*Análisis Técnico*” a una actividad que define cómo se estructuran los procesos y se gestionan los recursos, con el fin de desarrollar capacidades necesarias para convertir los flujos de entrada en uno de salida de productos y servicios. Por su parte [11] y [56] define la *Arquitectura de Procesos* como un diseño de patrones de proceso que expone los procesos actuales de la organización de una manera rápida. Es así que, el análisis técnico de la organización, a través de la *Arquitectura de Procesos*, nos permite un modelamiento rápido de grandes procesos asincrónicos de la organización, entender con facilidad las relaciones entre estos, e identificar sus ubicaciones y, además, si hay una usencia de estos.

#### 3.3.1. Macroprocesos.

El análisis de los procesos de este trabajo se construye a partir de otros trabajos como [12], [13] y [14], los cuales alcanzaron abstraer los procesos del Hospital en modelos. Estos modelos fueron reutilizados y corresponden a las buenas prácticas dentro del Hospital.

La siguiente ilustración muestra las relaciones de cuatro agregaciones que (O. Barros) denomina Macroprocesos, los cuales fueron adaptados al hospital y separados por un pool horizontal. Estos son patrones de arquitectura y de procesos de negocio.

Ilustración 21 - Arquitectura Macroprocesos



Fuente: Propia basado en [12], [13] y [14].

A igual que [12], es de interés para este trabajo analizar el Macroproceso 1, parte central del gráfico anterior, debido a que contiene la cadena de valor del Hospital. Esta cadena de valor brinda atención médica a los pacientes, mediante la utilización de una serie de recursos comunes a los distintos tipos prestaciones médicas que ofrece el Hospital. Es así que la composición de la macro1 consta de dos líneas de servicios:

- Líneas de Servicios al Paciente: Por regla general el paciente interactúa por primera vez con un hospital por medio de este servicio. Son los procesos asociados a la atención médica a los pacientes propiamente tal, donde se incluyen Atención de Urgencias, Atención Ambulatoria Electiva y Atención Cerrada.
- Servicios Comunes Propios: Aquí se encuentran el Servicio de Camas, Servicio de Pabellones, Servicio de Insumos y Farmacia, entre otros, que brinda soporte a la Línea de Servicios al Paciente.

Posteriormente, el trabajo analizó los procesos de los Servicios Comunes Propios.

### 3.3.2. Servicios Comunes Propios.

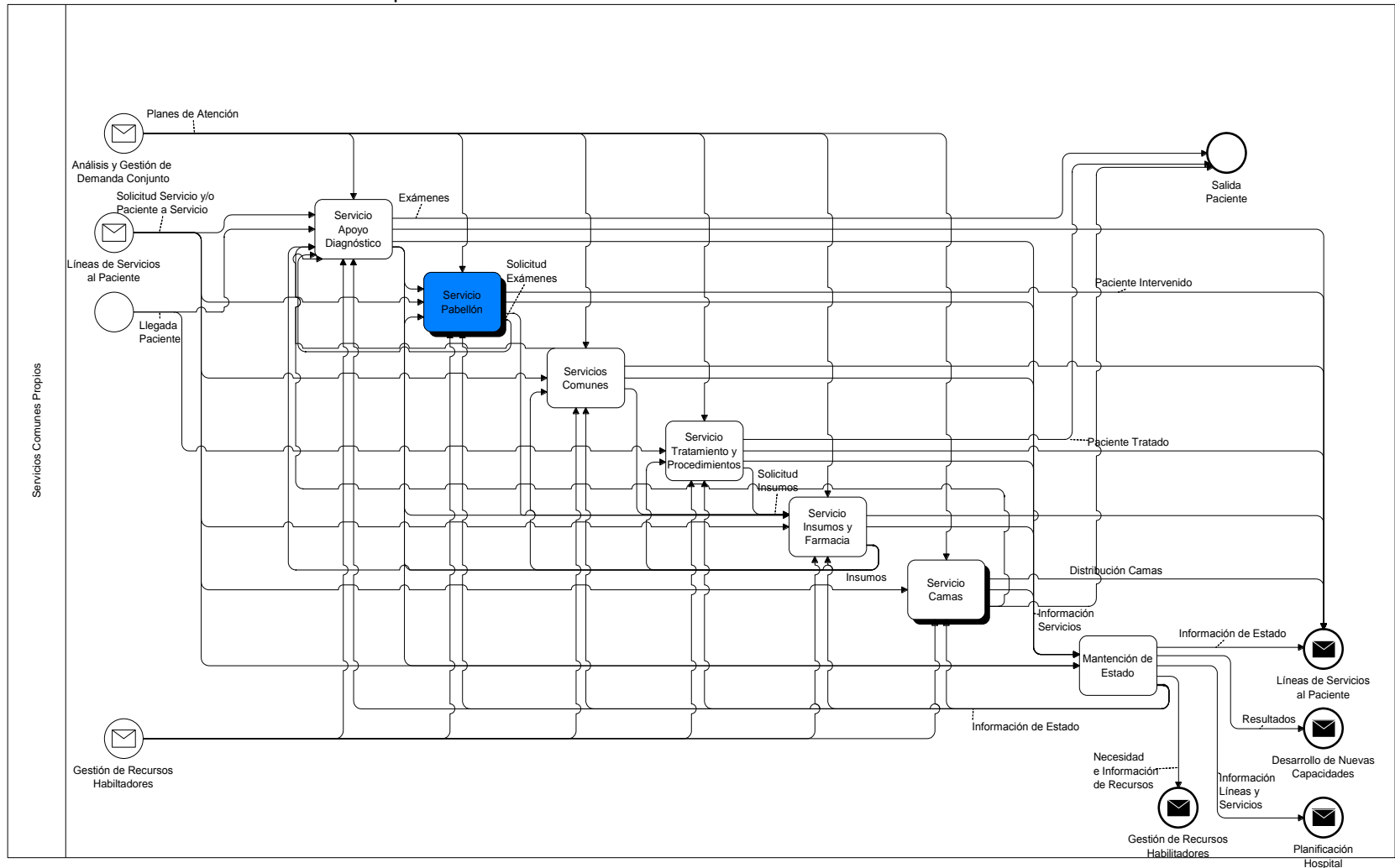
Este Macroproceso muestra el agrupamiento de las distintas líneas de atención al paciente.

- 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 siguiente gráfico muestra la relación de cada línea. Nótese que todas reciben requerimientos de *Líneas de Servicios al Paciente* a modo de input y reciben los planes de acción como restricciones del proceso *Análisis y Gestión de la Demanda*. En ésta se destaca con color azul el Servicio de Pabellón en la parte superior izquierda.



Ilustración 22 - Servicios Comunes Propios.



Fuente: Propia basada en [12], [13], [14]

Este trabajo resalta el Servicio de Pabellón en el gráfico anterior, ya que este servicio es impactado positivamente por este trabajo. Además, este servicio es común para los demás. Es utilizado y utiliza otros servicios para su pleno funcionamiento. A continuación, se describirá en detalle este servicio.

### 3.3.3. Servicio de Pabellón.

El servicio de pabellón es donde se realizan todos los procesos necesarios para las Intervenciones Quirúrgicas. Recibe los requerimientos de Líneas de Servicios al Paciente y recurre a otros servicios comunes para su funcionamiento, como el servicio de camas, insumos y farmacias, tratamientos y procedimientos, entre otros.

Este trabajo encontró dos enfoques para determinar la organización de los procesos del servicio de pabellón. En [13] y [14] define el primer enfoque o el patrón de arquitectura, mientras que en [56] se defiende el segundo enfoque o patrón.

El primer enfoque, desarrollado por [13] y [14], consiste en el *Análisis de la Demanda* para determinar las características de las operaciones, luego *Programa las Operaciones* en función a las características encontradas, *Gestiona Los Recursos* necesarios para las operaciones y, finalmente, *Ejecuta la Intervención Quirúrgica*,

El segundo enfoque, desarrollado por [12], consiste en el *Análisis de la Demanda* para determinar las características de las operaciones, luego *Gestiona Los Recursos* en función a las características encontradas, *Programa las Operaciones* y, finalmente, *Ejecuta la intervención quirúrgica*.

Mientras que el primer enfoque asume que la disponibilidad debiera estar garantizada, el segundo asume precariedad en la disponibilidad de recursos y que la programación está en función de estos.

Para resolver esta disyuntiva se comparó con el diseño de la Macro1, plantea el trabajo [11], el cual sugiere el mismo criterio del segundo enfoque. La siguiente tabla muestra la relación entre los patrones de arquitectura [11], y los patrones utilizados en [12] para la concepción de los procesos de los Servicios de Pabellón, que este trabajo pretende implementar.

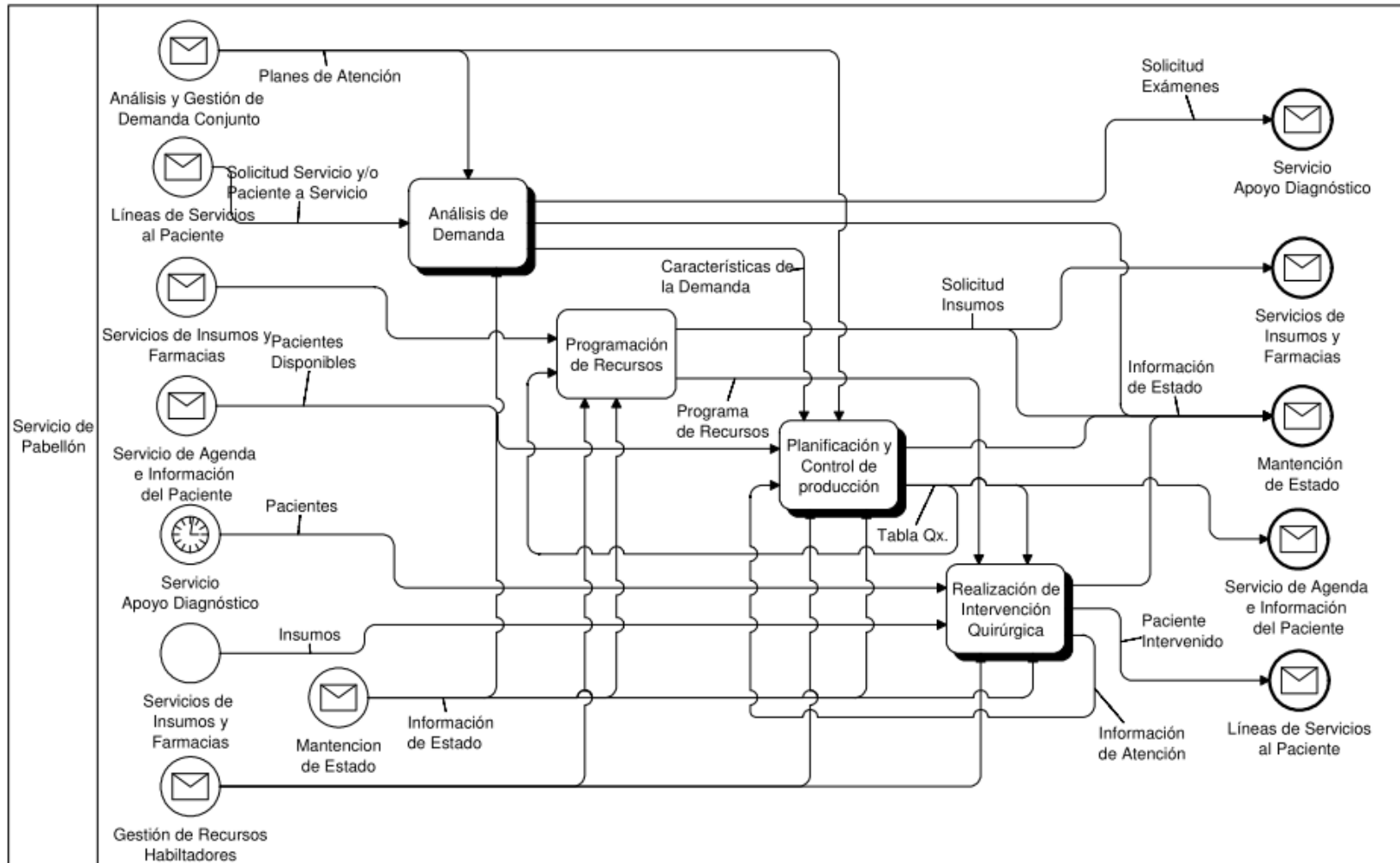
Tabla 1 - Relación Procesos del Servicio de Pabellón y Macro1

<b>Macro 1 basado en (O.Barros)</b>	<b>Servicio de Pabellón</b>
Administración al Cliente	Análisis de la Demanda
Administración y Relación con Proveedores	Programación de Recursos de Pabellón
Gestión de Producción y Entrega	Planificación y Control de Pabellones
Producción y Entrega del Bien o Servicio	Ejecución y Entrega del Servicio

Consecuentemente, se determina el segundo tipo de enfoque como el más apto, debido a que éste considera que la programación de las operaciones está en función a la disponibilidad de recursos.

La siguiente ilustración muestra la arquitectura de procesos de [12], la cual es la opción elegida por este trabajo.

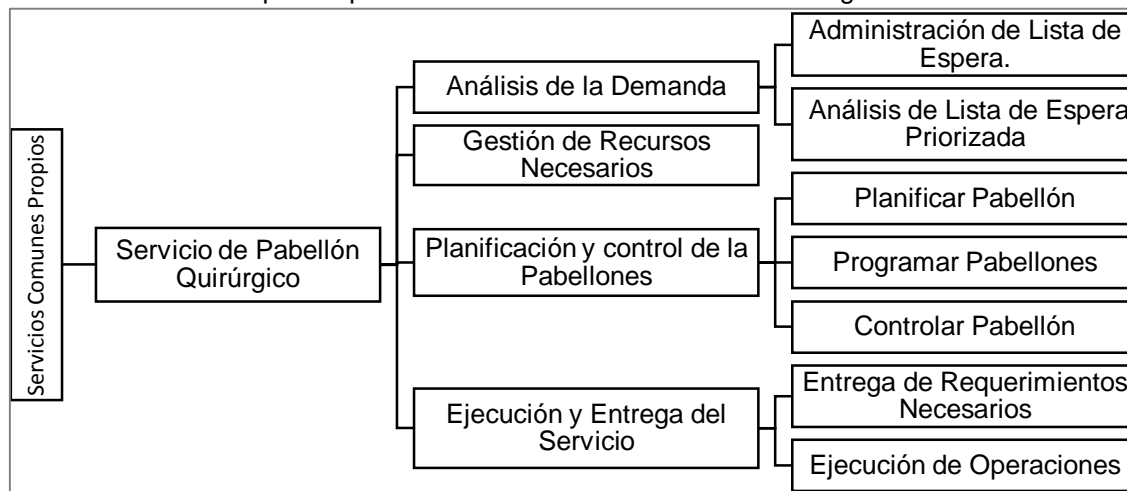
Ilustración 23 - Servicios de Pabellón



Fuente: P. Wolff (2012) [12].

A continuación, el siguiente diagrama muestra, en forma jerárquica, el mapa de procesos de pabellón quirúrgico. Cabe resaltar que este mapa no refleja la interacción entre sí y las transferencias de información, como sí lo muestra el gráfico anterior. La ventaja es que nos permite tener presente la estructura de este proceso.

Ilustración 24 - Jerarquía de procesos de Servicios de Pabellón Quirúrgico



Fuente: Propia basado en [12], [13] y [14]

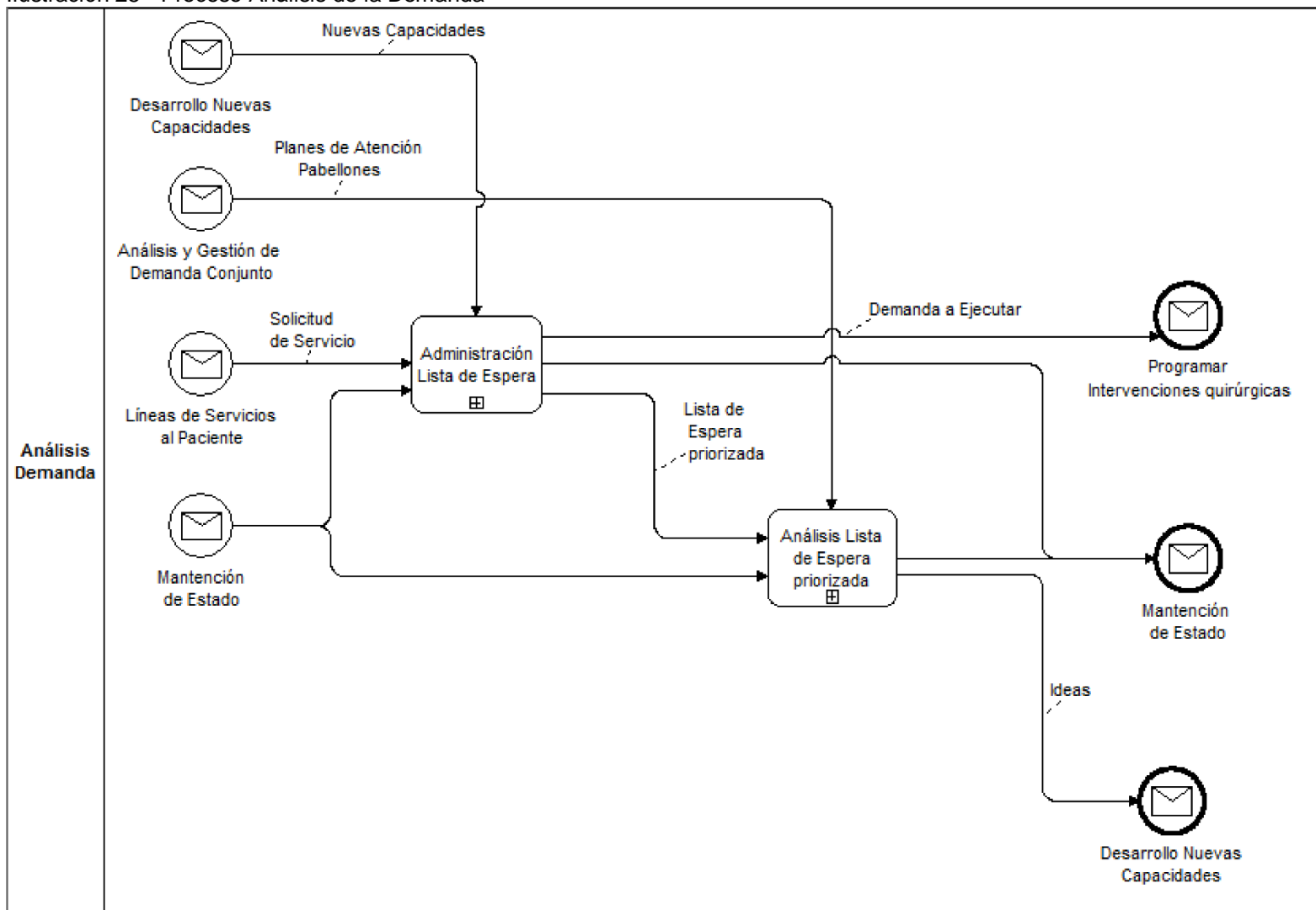
Para clarificar, el proceso de **Análisis de Demanda** gestiona la demanda de pacientes que esperan por cirugía electiva en el hospital. El proceso de **Gestión de Recursos Necesarios** se encarga de identificar y garantizar la **disponibilidad de recursos** en función a la *lista de espera priorizada*. Cabe destacar que ese proceso no está especificado, debido a la falta de estudios que lo detallen. El proceso de **Planificación y Control de Pabellón** se encarga de asignar los recursos de pabellón y controlar su cumplimiento. El proceso de **Ejecución y Entrega del Servicio**, en tanto, de entregar los recursos necesarios y ejecuta la intervención quirúrgica.

A continuación, se brindará más detalle de los procesos mencionados anteriormente.

### 3.3.3.1. Análisis de la Demanda.

**El proceso de Análisis de Demanda** es el que permite gestionar la demanda de pacientes que esperan por cirugía en el hospital. Éste integra los subprocesos y actividades que harán posible el **ingreso, priorización, egreso** y análisis de la relación de pacientes a operar, conocido como *Lista de Espera de Cirugía*. El proceso recibe como entrada la “Solicitud de Servicio” de las “Líneas de Servicio al Paciente” e información de estado de *Mantenimiento de Estado* de la información y estado del paciente [13, p. 133]. En retrospectiva, el proceso de *Análisis de la Demanda* realiza dos subprocesos que son análogos al proceso de “*Administración relación con el cliente*” de Macro1, y descrita en [10]. Este proceso consta de dos subprocesos. El primero es el ingreso y priorización de la lista de espera, mientras que el segundo es el análisis de la factibilidad y la conveniencia de aceptarlas.

Ilustración 25 - Proceso Análisis de la Demanda

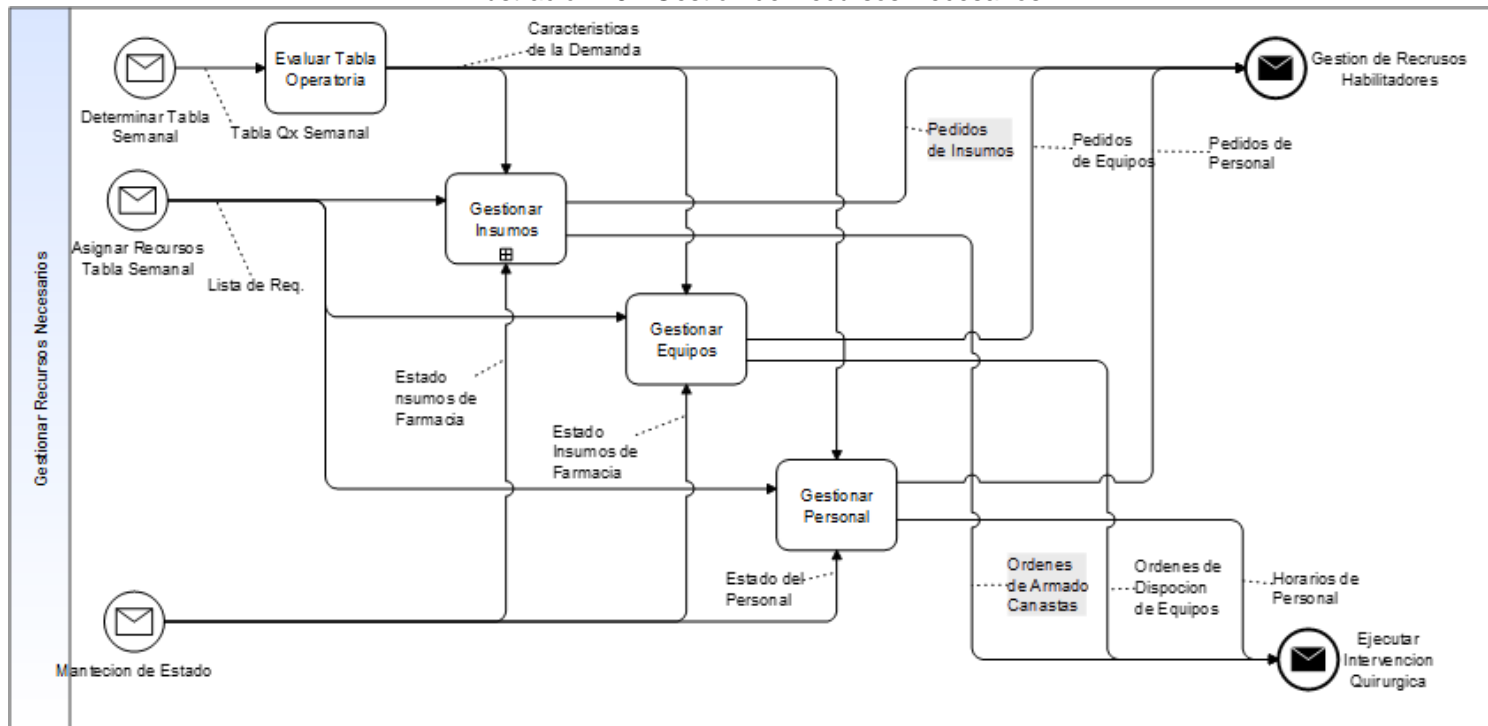


Fuente: M. Cisneros [13]

### 3.3.3.2. Gestión de Recursos Necesarios.

El proceso de “**Gestión de Recursos Necesarios**” identifica y garantiza la disponibilidad de recursos necesarios este proceso está conformado por cuatro procesos, El principal Evaluar Tabla Operatoria y tres complementarios que gestionan los tres recursos. Gestionar Insumos, Gestionar Equipos, Gestionar Personal. También se puede considerar la *Gestión del Paciente* como otro proceso complementario debido a que este evalúa si el paciente se encuentra apto y disponible para el día de su operación, recurso que indispensable para la ejecución de la operación.

Ilustración 26 - Gestión de Recursos Necesarios



Fuente: Propia basado en [12], [13] y [14].



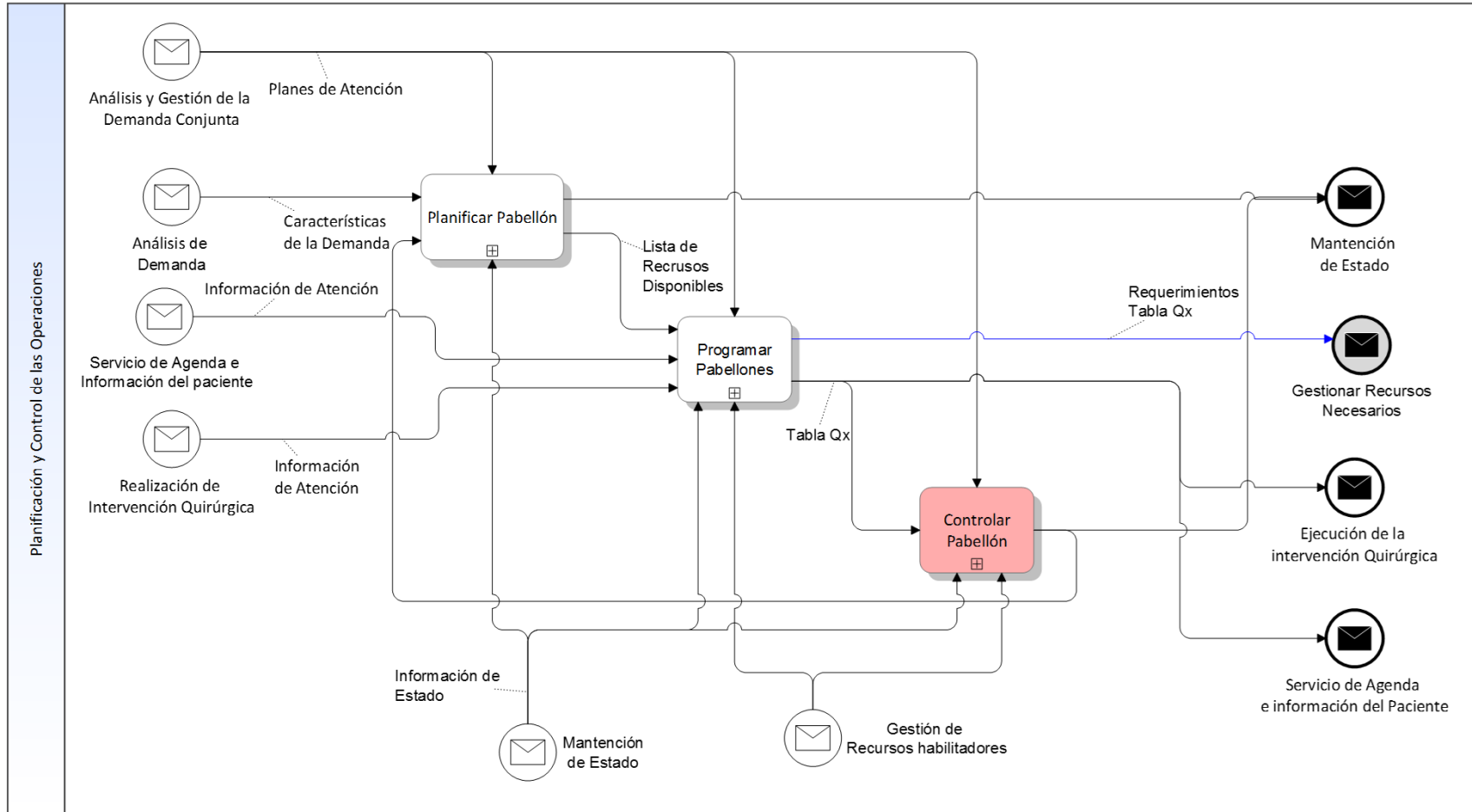
Se identifica una oportunidad de mejora, que este trabajo no atenderá, pero sí se destaca su importancia, debido a que este proceso restringe la capacidad de uso del proceso “*Ejecución y Entrega de las intervenciones quirúrgicas*”.

#### 3.3.3.3. Planificación y Control de Pabellones.

El proceso de **Planificación y Control de Pabellón** asigna los recursos de las intervenciones quirúrgicas, los pacientes, el personal médico, los insumos y medicinas, respetando las prioridades relativas de los pacientes, criterios médicos de asignación y las restricciones de capacidad del hospital en instrumental, insumos, tiempo y directrices o políticas del hospital. Como consecuencia, se genera la “**Tabla Quirúrgica**”, que es un documento que contiene la programación de pabellón o plan de producción. De hecho, debido a la complejidad e importancia de este proceso, este trabajo se enfocará en brindar apoyo a las decisiones tomadas en este proceso.

El siguiente diagrama presenta los procesos mencionados en el párrafo anterior.

Ilustración 27 - Planificación y Control de Pabellones.



Fuente: Propia basado en [12], [13] y [14].

Desde el punto de vista operacional, rediseñar el proceso de Planificación de Pabellón –donde se definen los requerimientos necesarios– y Programar Pabellón –donde se asignan los requerimientos necesarios-, tiene un impacto positivo en la mejora del servicio. Sin embargo, existe una complejidad en la recolección y procesamiento de datos que permitan generar el análisis y búsqueda de oportunidades de mejora.

#### 3.3.3.4. Entrega y Ejecución del Servicio.

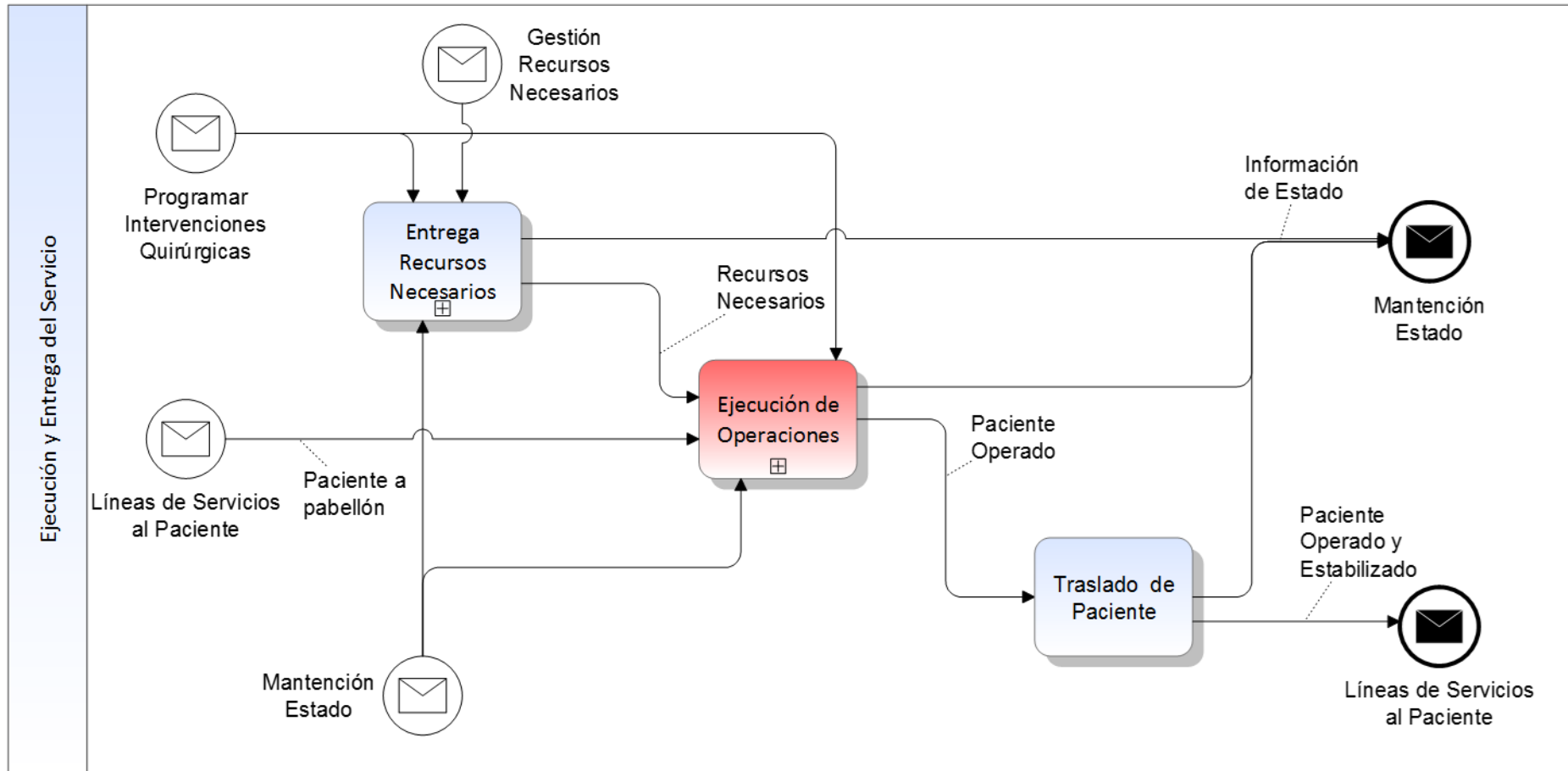
Este proceso es encargado de entregar y ejecutar la operación quirúrgica, basados en las restricciones e instrucciones del plan de producción o Tabla Operatoria. Se caracteriza porque en este grupo de procesos el paciente, finalmente, recibe el servicio.

Es de interés para el trabajo realizar mediciones y seguimiento de las actividades desarrolladas en este proceso, puesto que permitirá generar información relevante y útil para otro proceso de **Planificación y Control de Pabellón**.

El proceso de *Entrega y ejecución del Servicio* está conformado por los subprocesos de *Entrega de Recursos Necesarios*, la *Ejecución de Operaciones*. El primer proceso tiene la finalidad de realizar la preparación de los requerimientos basados en las especificaciones generadas en la “Planificación y Control de Pabellones”. El segundo ejecuta la intervención quirúrgica y el tercero deriva al paciente.

El siguiente diagrama describe la relación entre estos subprocesos.

Ilustración 28 - Ejecutar Intervención Quirúrgica.



Fuente: Propia.

Como antesala se presenta en modelamiento de las actividades de pabellón con BPMN<sup>6</sup>.

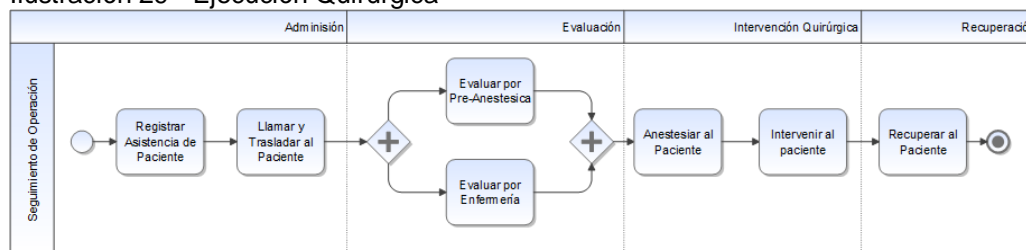
### 3.3.3.5. Ejecución Quirúrgica.

La siguiente ilustración es la abstracción de las principales actividades en las que solo interactúa el paciente. Aunque hay otras actividades que pueden tener una importancia relevante, se consideró aquellas que generan valor y/o aportan a la mejoría y restablecimiento de la salud del paciente.

Como instancia de actividades descartadas tenemos la actividad “Limpieza de pabellón”. Esta actividad no interactúa directamente con el paciente y su resultado no es un valor apreciable, debido a que es una característica básica esencial y no diferenciadora. A su vez, esta actividad se realiza en paralelo mientras se llama y traslada al siguiente paciente.

El siguiente gráfico muestra las actividades consideradas de interés.

Ilustración 29 - Ejecución Quirúrgica



Fuente: Propia

De este gráfico se desprenden cuatro fases de una operación quirúrgica: la admisión, evaluación, intervención y recuperación. Se puede dividir este proceso en dichas fases, debido a que se realizan en ambientes diferentes y cada una tiene un resultado muy específico.

La fase de admisión tiene la finalidad de preparar, física y mentalmente, al paciente ambulatorio<sup>7</sup> en una sala que lleva el mismo nombre. En cambio, otros pacientes que se encuentran en unidades de hospitalización son preparados en sus propias unidades. Hay una gran ventaja de tener pacientes ambulatorios, debido a que permite atender mayor cantidad de pacientes. No obstante, la falta de control y seguimiento de los pacientes ambulatorios puede afectar la ejecución, e incluso en el peor de los casos, el resultado de las operaciones. Los gestores de pabellón

<sup>6</sup> Business Process Model and Notation

<sup>7</sup> Paciente Ambulatorio: Aquel paciente que espera en su domicilio para que sea operado.

asumen que los pacientes se encuentran preparados y brindan un lapso de tiempo para presentarse. Debido a que la hora de inicio no es exacta, los pacientes son llamados en dos turnos: temprano en la mañana y a las dos de la tarde.

La fase de evaluación tiene el objetivo de realizar corroboraciones de carácter legal-procedimental, conocido como evaluación de enfermería, y médica, conocida como evaluación de anestesia. Se realiza en un ambiente conocido como sala de pre-anestesia y el personal se determina si el paciente es apto para operarse. Para que concluya esta fase es necesario que ambas evaluaciones brinden el visto bueno. Luego se inicia la siguiente fase: Intervención Quirúrgica u Operación Quirúrgica.

La fase de intervención quirúrgica es la principal. Se realiza en los ambientes conocidos como pabellón. Estos tienen los equipos y los instrumentos para la ejecución de la operación quirúrgica. Está dividido en dos actividades. La primera es “*Anestésiar al paciente*”, cuya duración se estima en 15 minutos, aunque puede variar en algunas ocasiones. Y la segunda es “*Intervenir al Paciente*”, cuya duración varía en todas las operaciones, siendo la más difícil estimar.

Finalmente, la fase de recuperación, la cual tiene el propósito de estabilizar al paciente y garantizar que vuelva a la conciencia. Se espera que este tiempo dure aproximadamente una hora. Adicionalmente, en algunas ocasiones, la sala de recuperación se encuentra totalmente ocupada, por lo que el paciente pasa su recuperación en la sala de pabellón, esto ocasiona retrasos en las siguientes operaciones.

Del proceso de Ejecución Quirúrgica nos encontramos que existen fases cuya duración es más estable (Fase de Admisión, Evaluación y Recuperación) y la estimación, a base de juicio experto, es más factible. Sin embargo, las fases de “Intervención al Paciente es mucho más variable” y su estimación es difícil. Además, en el 2015 el HEGC no contaba con aplicativos o registros que puedan utilizarse para realizar una estimación de las duraciones de todas estas fases.

#### 3.4. Aspectos centrales del capítulo.

Este capítulo realiza un análisis de los objetivos, estrategias y de procesos del HEGC. En primer lugar, la visión del HEGC es atender a sus pacientes con calidad certificada y tiempos de espera definidos para cada atención. Para lograr esto, el HEGC se posicionó en una estrategia de *Mejor Producto*, desarrollando, consecuentemente, un

mapa estratégico basado en el Cuadro de Mando Integral. Basado en lo anterior, este trabajo aborda un nuevo objetivo específico, “*Uso Eficiente y Sustentable de los Activos*”, y reutiliza otro, “*Brindar excelencia en el servicio de atención*”, con el fin de que ambos objetivos guíen la solución.

En segundo lugar, el modelo de negocio busca satisfacer las necesidades de promoción, prevención, recuperación y rehabilitación de la salud de los pacientes pediátricos, ofertando atención médica especializada oportuna, justa con eficiencia y calidad. Esto se logra con la gestión y utilización de los recursos humanos, infraestructura y tecnológica, apoyándose, además, de procesos como Análisis de la Demanda, Planificación de Pabellón, Gestión de Recursos y Ejecución del Servicio Pediátrico. Consecuentemente, se generan beneficios, como resultado del aumento de la cantidad de atenciones médicas y la reducción de costos generados por las disfunciones operativas.

Finalmente, los procesos del servicio de pabellón se basan en la Macro1 o cadena de valor planteado por (O. Barros). Se identifica oportunidades de mejora en el proceso **de Gestión de Recursos Necesarios**, sin embargo este trabajo se enfocará en los procesos de **Planificación y Control de Pabellón** –donde se genera información relevante– y **Entrega y Ejecución del Servicio** –donde se toma decisiones complejas. En el proceso de Ejecución del Servicio nos encontramos que existen fases cuya duración es más estable y la estimación, a juicio experto, es factible. Sin embargo, las fases de “Intervención es mucho más variable” y su estimación es difícil. Además, hay una falta de registros

#### 4. ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA

---

En los capítulos anteriores se empezó a identificar oportunidades de mejora. Este capítulo, en tanto, analizará dichas oportunidades, identificará sus factores y valorará las estrategias tomadas para tratar de atenuarlas.

En el HEGC, la planificación y toma de decisiones depende exclusivamente de sus profesionales, que, basados en la ética, experiencia y profesionalismo, planifican, gestionan y ejecutan servicios en post de satisfacer las necesidades de los pacientes. El 20 de noviembre del 2015, con un 95,6% de cumplimiento, el establecimiento se convirtió formalmente en el primer hospital del sector público de salud de Chile en obtener su re-acreditación en calidad.

Mientras que el sistema funciona bastante bien para la mayoría de los servicios, todavía sufre de las debilidades como consecuencia de la forma de tomar decisiones. Como ilustración, el 14,47% anual de las operaciones electivas fueron suspendidas desde 2009 al 2014. En específico, el 66% de las operaciones quirúrgicas suspendidas se deben a la falta de tiempo, problemas relacionados con que el paciente está ausente. Estos datos están basados en los registros de abril 2009 a diciembre 2011 del servicio de pabellón quirúrgico.

Las suspensiones quirúrgicas son consideradas a aquellas operaciones no ejecutadas y/o postergadas, a pesar de que fueron programadas. Este tipo de escenario ha sido un problema importante y de larga data en las organizaciones de salud en todo el mundo [25]. El siguiente gráfico muestra el comportamiento de los últimos 13 años de las operaciones quirúrgicas y los últimos cinco años de operaciones suspendidas.



Ilustración 30 - Relación cantidad de Operaciones y Suspensiones Quirúrgicas



Fuente: Propia basado en Registros del Hospital

Estadísticos descriptivos	Media	Desviación estándar	N
<u>Operaciones</u>	2584.69	208.988	13
<u>Suspensiones</u>	358.33	32.247	6

Correlaciones	<u>Suspensiones</u>	
<u>Operaciones</u>	Correlación de Pearson	-0,46
	Sig. (bilateral)	0,36
	N	6

Se desprende del gráfico y el análisis de estos, una correlación inversa (Correlación de Pearson = -0.46), pero no significativa (Sig. 0,36). Es decir, que no se puede afirmar que hay una correlación utilizando únicamente la cantidad de operaciones y el porcentaje de suspensiones de los últimos seis años.

Entonces la relación entre la cantidad de operaciones ejecutadas y las operaciones suspendidas no es directa, más bien existe otro fenómeno entre estos. Es así que, este trabajo pone en descubierto existencia de la relación entre los motivos de suspensión y sus factores. Los factores promueven los surgimientos de disfuncionalidades, como es el caso de la suspensión quirúrgica

Para entender este fenómeno es necesario entender los factores de las originan.

#### 4.1. Factores de disfuncionalidades operativas.

Se define factores a aquellos elementos que son la causa raíz de las disfuncionalidades operativas. Como ejemplos de disfuncionalidades<sup>8</sup>, podemos citar los retrasos-adelantos de operaciones, resultado de exámenes incoherentes, documentación legal completada incorrectamente. Sin embargo, una de las disfuncionalidades más notorias son las suspensiones quirúrgicas.

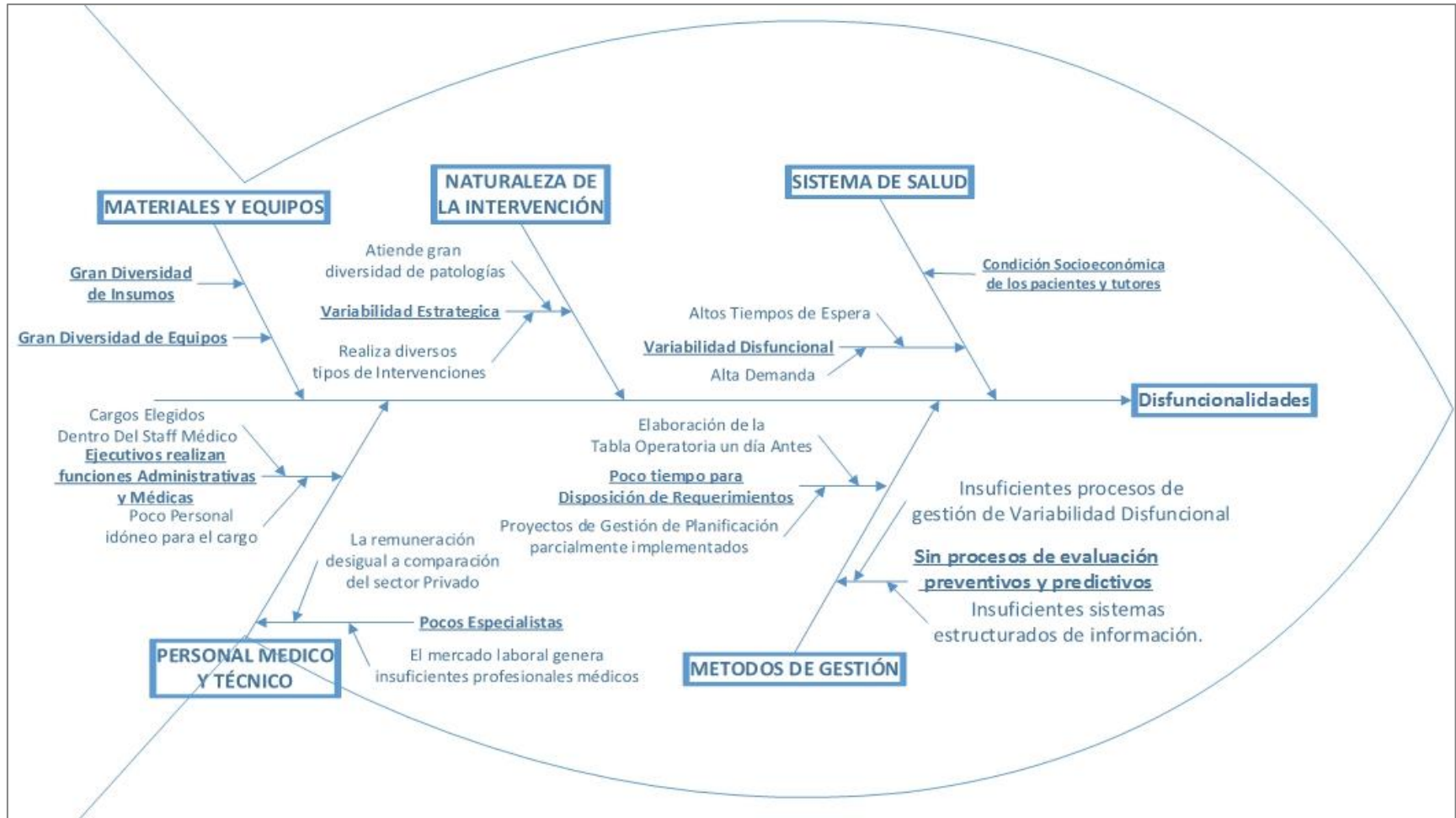
Se identificó diversos factores que promueven los surgimientos de disfuncionalidades. El primero es la variabilidad de requerimientos en insumos-equipos para cada tipo de operación y por cada paciente. El segundo es la variabilidad de procedimientos para cada tipo de diagnóstico. El tercero son las políticas, la estructura y el estado sistema de salud. El cuarto es la conformación de los profesionales del hospital. En último lugar y no menos importante, son los métodos y procedimientos de gestión del hospital.

El siguiente diagrama de la causa y efectos muestra la relación entre estos factores.

---

<sup>8</sup> Disfunción: Desarreglo en el funcionamiento de algo o en la función que le corresponde.

Ilustración 31 - Diagrama Ishikawa (Causa Efecto)



Fuente: Propia

#### 4.1.1. Variabilidad de requerimientos en insumos-equipos.

En primer lugar, se identifica una alta variabilidad de requerimientos en insumos-equipos, para cada tipo de operación y por cada paciente. Cada tipo de operación necesita diversos equipos e insumos específicos por cada uno. Por ejemplo, para un mismo tipo de intervención, los equipos pueden variar en función a la edad del paciente, como en caso tener un paciente recién nacido, donde es necesaria una incubadora. Por el contrario, para un adolescente ese equipo se hace innecesario. Poner a disposición los insumos y equipos es costoso, además su mantenimiento es elevado. Como consecuencia, el personal de las instituciones de salud gestiona la adquisición de nuevos equipos y dan mantenimiento a los actuales.

Paralelamente, se tiene que realizar gestiones para la compra de insumos, con el cuidado de no tener quiebres de inventario y que estos se preserven adecuadamente para no alterarlos.

Adicionalmente, los descubrimientos de nuevos procedimientos médicos, la aparición de mejores medicamentos y fármacos, derivados de las investigaciones e innovaciones, proyectan una actualización periódica en base de mejorar la atención al paciente.

#### 4.1.2. Variabilidad de procedimientos para cada tipo de diagnóstico.

En segundo lugar, se identifica una variabilidad o diversidad de tipos intervenciones para cada tipo de diagnóstico. Es más, algunos diagnósticos necesitan más de un tipo de intervención, que pueden o no realizarse en una misma operación. El pabellón quirúrgico del HEGC, por ser un Hospital de Tipo II, atiende gran diversidad de diagnósticos e intervenciones. Para ejemplificar, desde octubre del 2014 a octubre del 2015, se atendieron 424 tipos de diagnósticos, los cuales fueron atendidos con 529 tipos de intervenciones, según los registros del

protocolo operatorio. Además, la complejidad de ésta puede variar en función al riesgo, edad del paciente, números de especialistas necesarios, pericia y habilidad de los cirujanos, ubicación de la lesión, entre otros. De igual forma que el caso de insumos-equipos, los descubrimientos de nuevos procedimientos médicos, la aparición de mejores medicamentos y fármacos, derivados de las investigaciones e innovaciones, proyectan que los actuales procedimientos operatorios se actualicen periódicamente en base a mejorar la atención al paciente.

A pasar de generar complejidad en los procedimientos y la gestión de los recursos, mantener los dos factores (Viabilidad en insumos-equipos y tipos de operación) anteriormente mencionados son una decisión estratégica, dado que el Hospital lo considera dentro de sus objetivos, del servicio que brinda y es parte de las responsabilidades que el sistema de salud le asigna, como consecuencia no es de interés de este trabajo tratar de alterarlos.

#### 4.1.3. Características del sistema de salud.

En tercer lugar, se encuentran las características del sistema de salud. El sistema público atiende, al menos, al 80% de la población. Mientras que el sistema privado atiende al 13%.

Por otro lado, el gasto público es de 4% de PIB para atender el 81,4% de la población, mientras que el gasto privado es de 4,4% del PIB para atender al 13% de la población, basado en los registros de la OCDE<sup>9</sup>.

Está dispereja la carga del sistema y distribución del gasto, aunados con [57], que plantea que una gran variabilidad de los diagnósticos y operaciones genera disfuncionalidades operacionales.

Como instancia tenemos la lista de espera. El problema de las lista de espera fue abordado por [13] en este se precisa la necesidad de implementar procesos para gestión de la demanda. Este trabajo planteó mejorar el servicio a pacientes en Lista de Espera de Cirugía y la gestión de pabellones quirúrgicos del Hospital Dr. Exequiel González Cortés, a través de un sistema de priorización de pacientes.

---

<sup>9</sup> Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

Otra instancia es el efecto final “el paciente no se presentó”. En algunas ocasiones, las operaciones pueden ser reprogramadas en reiteradas veces, en favor de otras de mayor urgencia. Como consecuencia, en algunos casos los tutores de aquellas que fueron postergadas, pierden el interés y no se presentan.

#### 4.1.4. La composición y organización del personal médico.

En cuarto lugar, la composición y organización del personal médico influyen en las disfuncionalidades. El personal está compuesto por profesionales que realizan funciones médicas y administrativas, debido fundamentalmente a dos razones.

La primera, son las políticas en la asignación de cargos. Por ejemplo, los altos cargos directivos de las instituciones públicas, en su mayoría, son médicos. Aunque es conveniente conocer en detalle las características de la praxis médica, los altos directivos tienen que adquirir nuevas habilidades, conocimientos de gestión y administración, que adicionan unos años de capacitación en habilidades no relacionadas con la praxis médica.

La segunda razón es la escasa oferta de personal. Esto se explica por los diferentes incentivos financieros que existen el sector privado y estrategias de captación de personal de las empresas privadas. Sin embargo, los posibles beneficios de estar sindicalizados no son suficientes para las incentivar mantenerse en el sistema público.

Aunado a lo anterior, existen pocos sistemas integrados que estructuren las interacciones que realiza el personal en el pabellón. Por ejemplo, los gestores desconocen en detalle de lo que ocurre en pabellón en tiempo real, por lo que no pueden tomar acciones, preventivas o predictivas. Como resultado, en el transcurso de la jornada laboral el personal se encuentra tomando medidas correctivas y, al final del día, apenas logran evaluar los resultados.

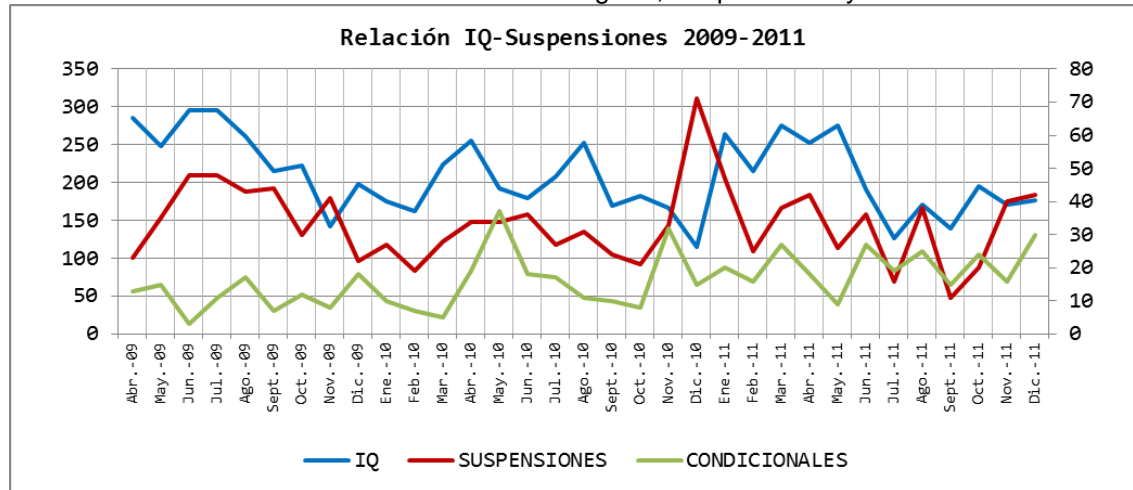
#### 4.1.5. Los métodos y procedimientos de gestión del hospital.

Finalmente, los métodos y procedimientos de gestión del hospital tienen oportunidades de mejoras que se pueden aprovechar. A pesar que los métodos actuales de los administradores logran buenos resultados en la recuperación de la

salud del paciente, aún se presentan suspensiones y retrasos. Se detecta la ausencia de medidas para detección de suspensiones y las decisiones que toman los administradores son muy complejas, las cuales no son apoyadas por herramientas computacionales que las pueden facilitar.

Como instancia, para asegurar una alta capacidad de uso, se utilizan tácticas de sobreutilización del pabellón o sobreventa. Este método consiste en programar más operaciones, conocidas como operaciones **Condicionales**, con la finalidad de cubrir horas operaciones suspendidas. En el siguiente gráfico se observa que no se logra cubrir, o al menos estar por encima, en la cantidad de las operaciones suspendidas desde el 2009 al 2011.

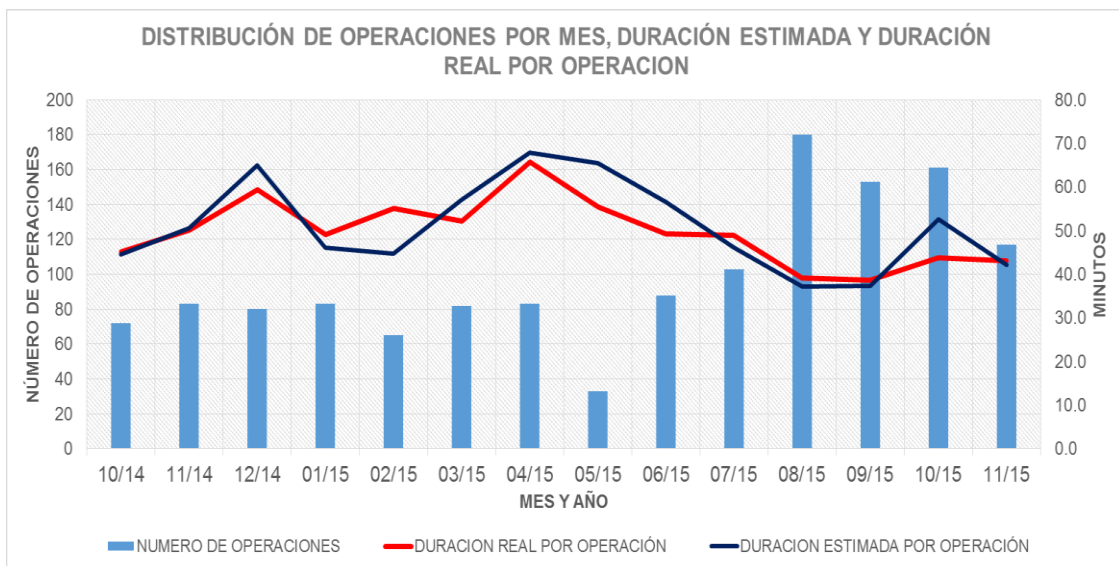
Ilustración 32 - Relación de Intervenciones Quirúrgicas, Suspensiones y Condicionales



Fuente: Registros del Hospital HEGC

Otra instancia es el cálculo de la duración de las operaciones. Por lo general, no es muy exacto como se muestra en el siguiente gráfico. Existen meses en el que la duración estimada supera a la real (Subutilización de tiempo) y en otros casos la real supera a la estimada (Sobre utilización tiempo).

Ilustración 33 - Distribución de operaciones por mes y duración estimada y real por operación de Octubre del 2014 a Noviembre del 2015



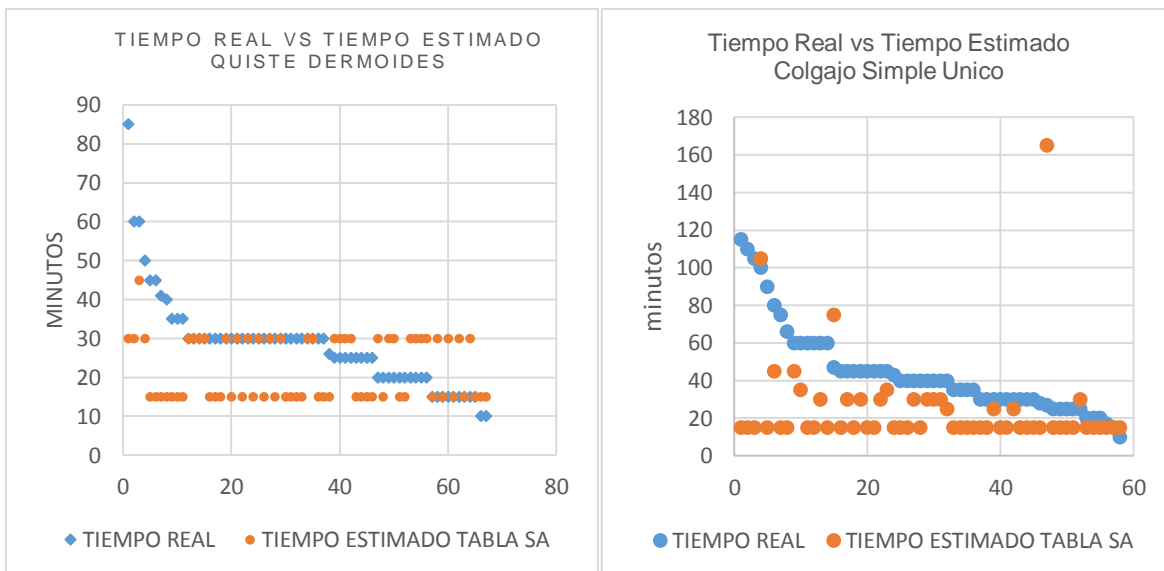
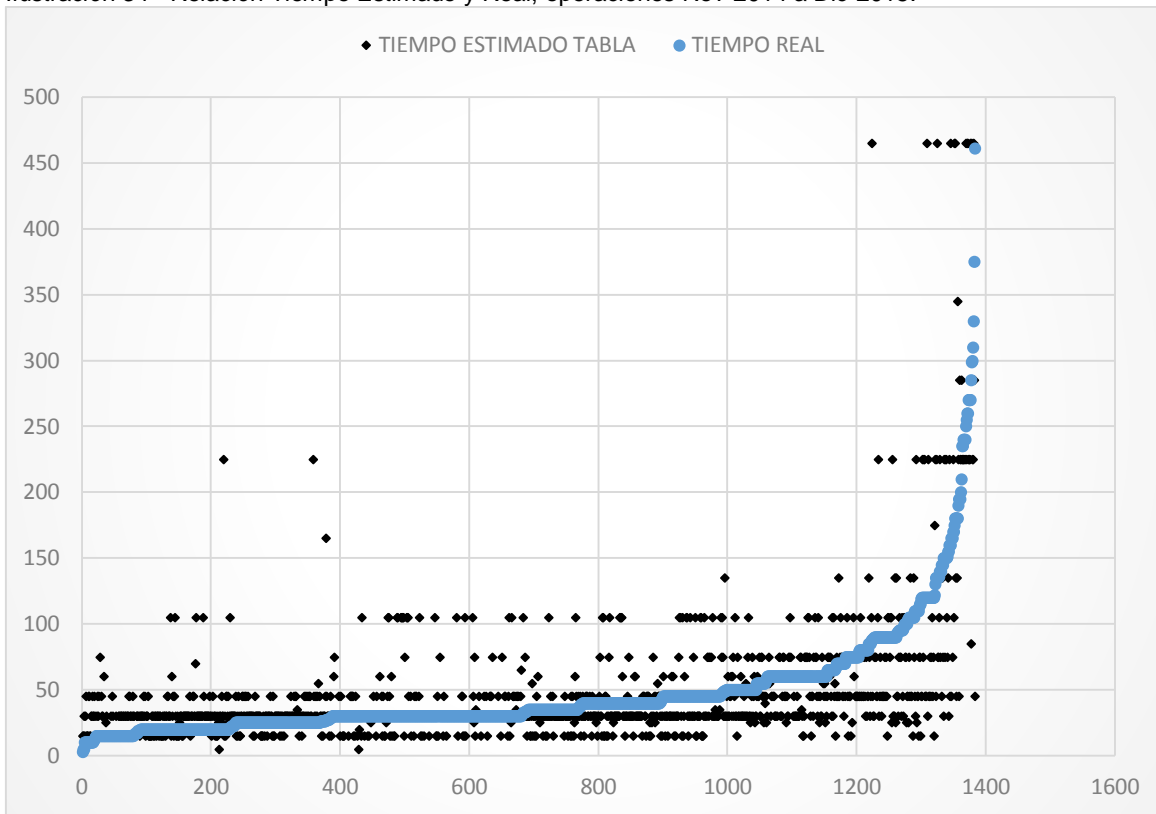
Fuente: Propia basados en los registros del Protocolo Operatorio

Los casos del cálculo de **Operaciones Condicionales** y **Cálculo** de la **Duración** de las operaciones se basan en juicio experto. Estas estrategias han ayudado a obtener buenos resultados en la capacidad de uso de pabellón. Sin embargo, las estimaciones no cubren la cantidad de suspensión y/o subutiliza o sobre utilizan su tiempo asignado.

Más en detalle, la siguiente ilustración muestra la duración asignada de las operaciones quirúrgicas y el tiempo real. Como se puede apreciar en algunas de operaciones el cálculo es algo acertado, mientras en otras se puede tener errores considerables.



Ilustración 34 - Relación Tiempo Estimado y Real, operaciones Nov-2014 a Dic-2015.



Fuente: Propia basado del Protocolo Operatorio del HEGC

#### 4.2. Factores, disfuncionalidades y efectos finales.

En el apartado anterior se describió los factores de suspensión. En este apartado se describirá la relación de los Factores, las disfuncionalidades y los efectos finales. A pesar de que los factores generan varias disfuncionalidades a la vez, una de las disfuncionalidades más notorias son las *Suspensiones Quirúrgicas*. Éstas son registradas con sus efectos finales, conocidos comúnmente como “*causales*”. Los efectos finales o causales son las tipificaciones que los gestores de pabellón asignan al momento de registrar el evento, porque es la expresión final o lo que ven en el momento.

Lamentablemente, esta tipificación no guarda relación entre los Factores de Disfuncionalidades y las causas. La siguiente tabla, es un intento de mostrar, de manera superficial, la relación de los *Factores de Disfuncionalidades* y los *Efectos Finales* o causales. Cabe destacar que varios *Factores de Disfuncionalidades* están relacionados con un *Efecto Final* o causal.

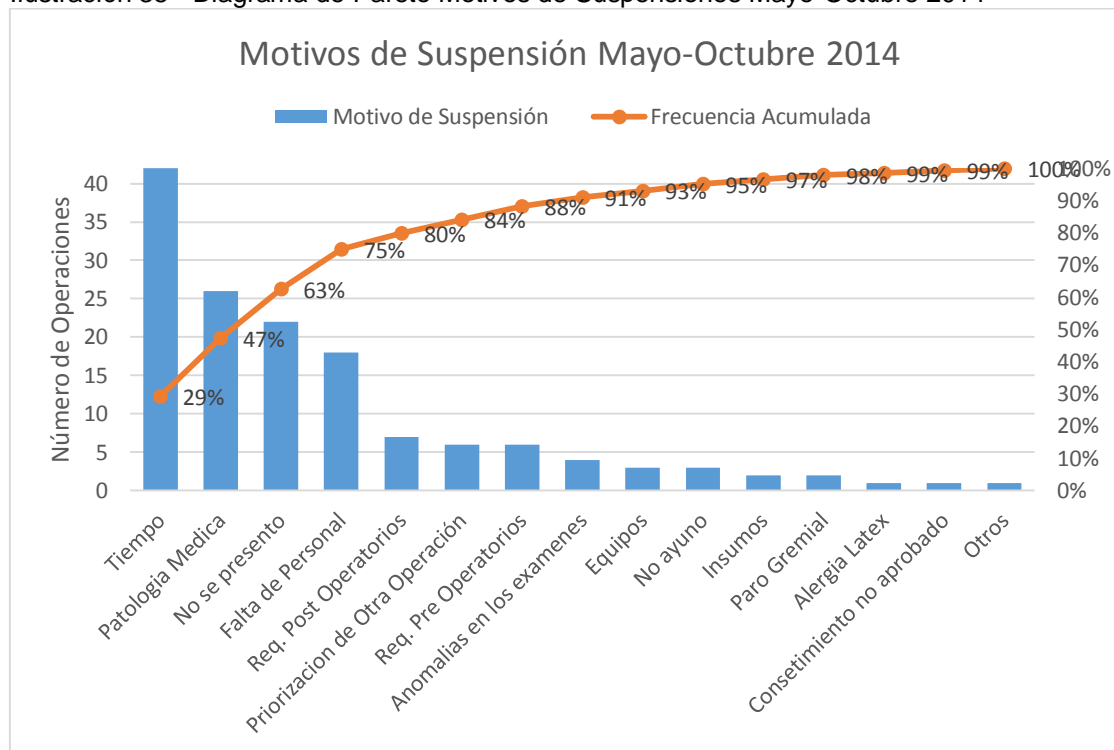
<i>Disfuncionalidad Suspensión</i> <b>Factores de Disfuncionalidades</b>	<b>Efecto final</b>				
	Falta de Tiempo	Patología Medica	No se presento	Falta de Personal	Falta de Insumos y Equipos
<i>Variabilidad de requerimientos en insumos-equipos</i>	X				X
<i>Variabilidad de procedimientos para cada tipo de diagnóstico</i>	X			X	
<i>Características del sistema de salud</i>		X	X		X
<i>La composición y organización del personal médico</i>				X	
<i>Los métodos y procedimientos de gestión del hospital</i>	X	X	X		

La desventaja de la actual tipificación, como causales de suspensión, es que solapan a los factores. Como resultado, las estrategias, gestiones y acciones en pos de mejorar el servicio, no logran el impacto deseado. La confusión de los gestores en tomar medidas paliativas sobre los efectos finales es el origen de no tener buenos resultados.

En otras palabras, y como analogía a una enfermedad de la diabetes, es como combatir los síntomas y no la enfermedad o sus orígenes. Las acciones contra las causales de suspensión o efectos finales son paliativos circunstanciales. Mientras no se combata, erradique o suprima los factores de riesgo (Factores de suspensión) o la enfermedad, seguirán apareciendo nuevos síntomas. Por lo tanto, se puede afirmar que las disfuncionalidades operativas del hospital son como un conjunto de enfermedades crónicas que los gestores de pabellón intentan apalea en la medida de lo posible.

Con la finalidad de comprender el impacto de los efectos finales, se estudió el libro de suspensiones quirúrgicas de pabellón, durante los meses de mayo a octubre del 2014, y se las comparó con años anteriores. La siguiente ilustración muestra que los motivos de *Falta de tiempo*, *Patología Medica*, *No se Presentó* y *Falta de personal*, representan el 75% de las suspensiones.

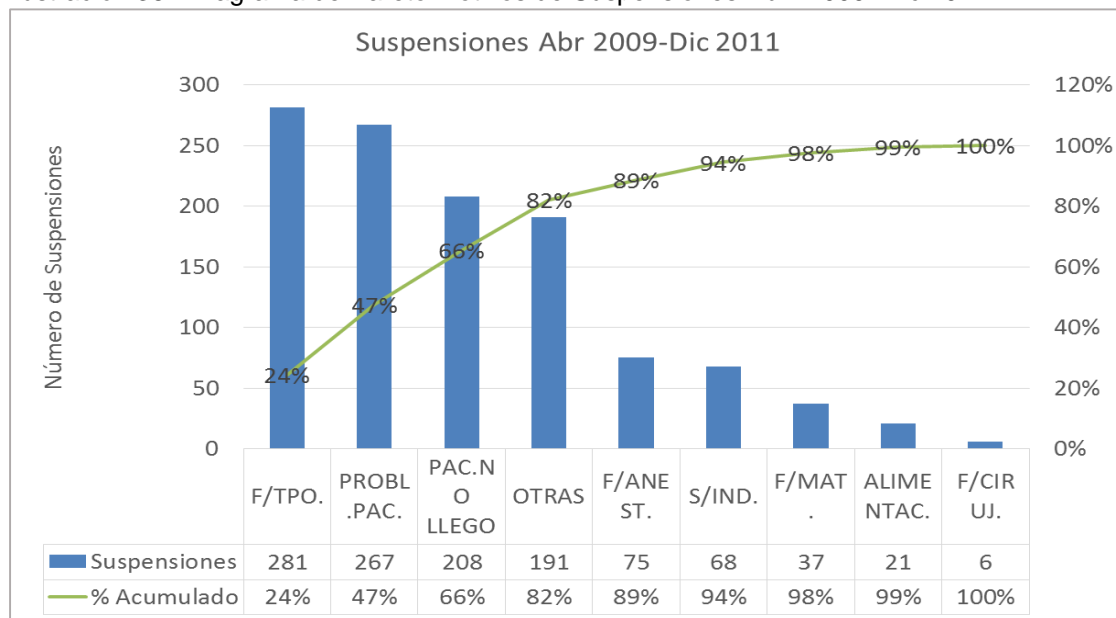
Ilustración 35 - Diagrama de Pareto Motivos de Suspensiones Mayo-Octubre 2014



Fuente: Registros del HEGC

El siguiente gráfico muestra la distribución de las suspensiones del 2009-2011. A igual que en el gráfico anterior, falta de tiempo y problemas de paciente se encuentran dentro de los tres motivos más frecuentes y representan el 47%.

Ilustración 36 - Diagrama de Pareto Motivos de Suspensiones Abril 2009- Dic 2011



Fuente: Registros del HEGC.

#### 4.3. Aspectos centrales del capítulo.

Este capítulo mostró que las decisiones tomadas por los gestores de pabellón pueden ser mejoradas. Se identificó diversos factores que promueven los surgimientos de disfuncionalidades. El primero es la variabilidad de requerimientos en insumos-equipos para cada tipo de operación y por cada paciente. El segundo es la variabilidad de procedimientos para cada tipo de diagnóstico. El tercero son las políticas, la estructura y el estado sistema de salud. El cuarto es la conformación de los profesionales del hospital. Se mostró la relación de los *Factores de Disfuncionalidades*, las *Disfuncionalidades* y los *Efectos Finales* o *causales*. Es así que se puede afirmar que los factores (Orígenes) son el inicio de las disfuncionalidades operativas (Enfermedades crónicas) del hospital, que se expresan a través de efectos finales o motivos de suspensión (Síntomas). Uno de los efectos finales son las suspensiones por falta de tiempo, problemas al paciente o paciente ausente, por representar el 66% de las causales de suspensión.

## 5. RESIDISEÑO DE PROCESOS

---

A partir de este capítulo se detallará el diseño de la solución, como resultado del entendimiento y abstracción de las necesidades-requerimientos que el HEGC definió en sus estrategias, su modelo de negocio y el estado de su problemática. Además de la revisión del estado del arte con relación a estos. Para ello, este trabajo rediseña la arquitectura de procesos que brinde soporte a esta solución. Estos diseños pretenden, además de resolver esta solución particular, también otorgar un marco de procesos que permita soportar otras nuevas iniciativas de mejorar, creándose, a la vez, una base para la continua mejora. También se evaluará otras alternativas, con la finalidad de no asignar beneficios que no le debería corresponder a esta solución.

### 5.1. Definición de la solución.

En este apartado se define el objetivo general, el diagnóstico del problema, la generación y la priorización de alternativas de solución, la descripción de las características de la solución y sus objetivos específicos.

#### 5.1.1. Objetivo General.

En la problemática se identificaron factores, disfuncionalidades y efectos. Este trabajo se enfocará en atender las disfuncionalidades y sus efectos, teniendo en cuenta que una de las disfuncionalidades más resaltantes son las suspensiones. Esto, debido a que el hospital tiene la tasa de suspensión más alta con respecto a otros hospitales. Por lo tanto:

*El objetivo es disminuir y gestionar las suspensiones quirúrgicas de pabellón mediante el apoyo de la toma de decisiones.*

#### 5.1.1. Diagnóstico del Problema.

El cálculo del tiempo de operaciones programadas está basado en la experiencia del personal. Si bien, el personal conoce en detalle el procedimiento y los tiempos asociados a cada tipo de operación, aún se registran operaciones suspendidas por falta de tiempo. De hecho, el cálculo de la duración de una operación es compleja, debido a la incertidumbre de la duración de intervención [30], por diversos factores, como es el caso de la edad del paciente –que condiciona los cuidados preoperatorios como el control de la ansiedad–, su diagnóstico –que determina el conjunto de enfermedades que tiene el paciente y su relaciones entre si–, el tipo

de intervención –que determina los recursos necesarios, equipos, médicos, cirujanos, insumos– , entre otros. Esto induce al administrador de pabellón al tomar decisiones cuyo resultado tiene un gran margen de error. Como consecuencia, las últimas operaciones del día son suspendidas por falta de tiempo.

Es así que el cálculo del tiempo de operaciones programadas, basado en la experiencia del personal y el cálculo de las operaciones condicionales (Sobreventa), no cubre la capacidad ociosa generada por una suspensión o por una operación prematura. Mediante este trabajo espera una disminución de las suspensiones por falta de tiempo a razón que la duración operaciones quirúrgicas son programadas adecuadamente y concentrar esfuerzos en un número acotado de operaciones factibles de operar.

Por otro lado, a pesar de programar de operaciones condicionales evita la subutilización de la capacidad de uso de pabellón, ésta no cubre la capacidad ociosa generada por una suspensión. Si bien es ventajosa la programación de operaciones condicionales, ya que maximiza la utilización, se genera una expectativa y malestar emocional si la operación condicional no se ejecuta. Mediante este trabajo espera generar un modelo que permita gestionar la sobreventa que considere la factibilidad operativa y considere el riesgo en la salud de los pacientes.

Apoyar estos métodos y procedimientos es una oportunidad de mejora que este describe en más detalle en el capítulo 6.

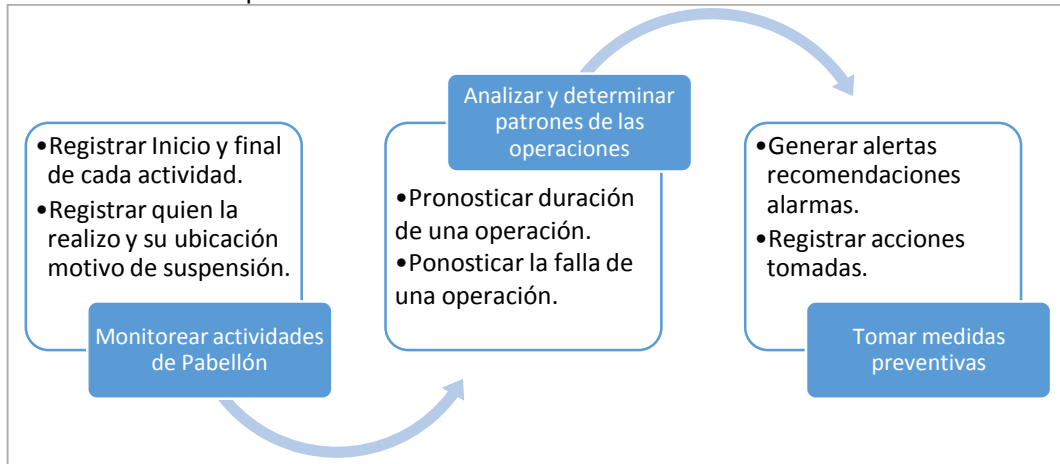
#### 5.1.2. Definición de la solución y sus características.

Para este trabajo es de especial interés apoyar a los métodos y procedimientos de gestión del hospital, debido a que se identifica diversas decisiones complejas que enfrentan los gestores de pabellón quirúrgico. Por lo tanto, se propone estimar la duración de operaciones e identificar las operaciones que posiblemente se suspendan y/o duren menos tiempo, para luego asignar una operación condicional que reduzca el riesgo de subutilizar el tiempo.

Para ello es necesario recabar información que nos permita realizar estos cálculos. Se plantea tres fases, las cuales pueden implementarse en un mismo aplicativo y/o se adiciona modificaciones a otros aplicativos existentes. El siguiente diagrama

muestra los tres principales componentes de la solución y el flujo que hay entre estos.

Ilustración 37 - Componentes de la solución.



Fuente: Propia

- 1) Aplicativo WEB “Monitoreo de Pabellón” que registrará y monitoreará las actividades en el paciente intervenido.
- 2) Proceso que realizará el cómputo de la duración estimada de las operaciones y las condicionales, basados en los registros de *Monitoreo de Pabellón* y otros aplicativos existentes.
- 3) Finalmente, se realizará una modificación al aplicativo WEB “Tabla Operatoria”, donde se adicionará los resultados y alertas.

#### 5.1.3. Objetivos Específicos.

Basado en la solución, se identificó los siguientes objetivos específicos:

- Determinar un modelo óptimo para calcular la duración de las operaciones.
- Determinar un modelo para identificar operaciones con riesgo a suspenderse y gestionar la sobreventa.
- Proponer alternativas, es decir determinar las operaciones condicionales.
- Diseñar, desarrollar e implementar o modificar, y poner en producción un aplicativo TI que de soporte a los puntos anteriores.

#### 5.1.4. Alternativas de Solución.

A pesar que se tiene una solución, es importante identificar una situación conocida como *Optimización de la Situación Actual* [55, p. 27]. Es decir, identificar otros proyectos, obras de inversión menores o marginales a la situación base (sin

proyecto), que puedan fomentar la asignación de beneficios que no le corresponden.

#### 5.1.4.1. Generación de Alternativas de Solución.

Para encontrar alternativas a la solución, se revisaron tres trabajos que abordaron la problemática de pabellón y en nivel de implementación. Los trabajos [12] y [14] permitieron generar los aplicativos conocidos como “Tabla Operatoria” y “Protocolo Operatorio”, los cuales generan y registran información de lo planificado y su resultado. El aplicativo Protocolo Operatorio, por su parte, recolecta información únicamente de la actividad *Ejecución De La Operación* y no de las demás actividades anteriores y posteriores. Por esto último, la única alternativa factible es el cálculo de la mediana de la actividad *Ejecución De La Operación*.

#### 5.1.4.2. Evaluación de Alternativa.

Concediendo que los registros del aplicativo *Protocolo Operatorio* son suficientes, ya que permite calcular la duración de la operación quirúrgica, es necesario realizar otras pruebas para determinar la validez de este supuesto. Trabajo no menor y complejo, por lo que se rechaza la posibilidad de esta alternativa.

Se concluye en este análisis de alternativas que una posible *Optimización de la Situación Actual* es el cálculo de la mediana usando los registros del protocolo. Sin embargo, es necesario realizar pruebas que validen esa hipótesis, por lo que se descarta esta posible alternativa.

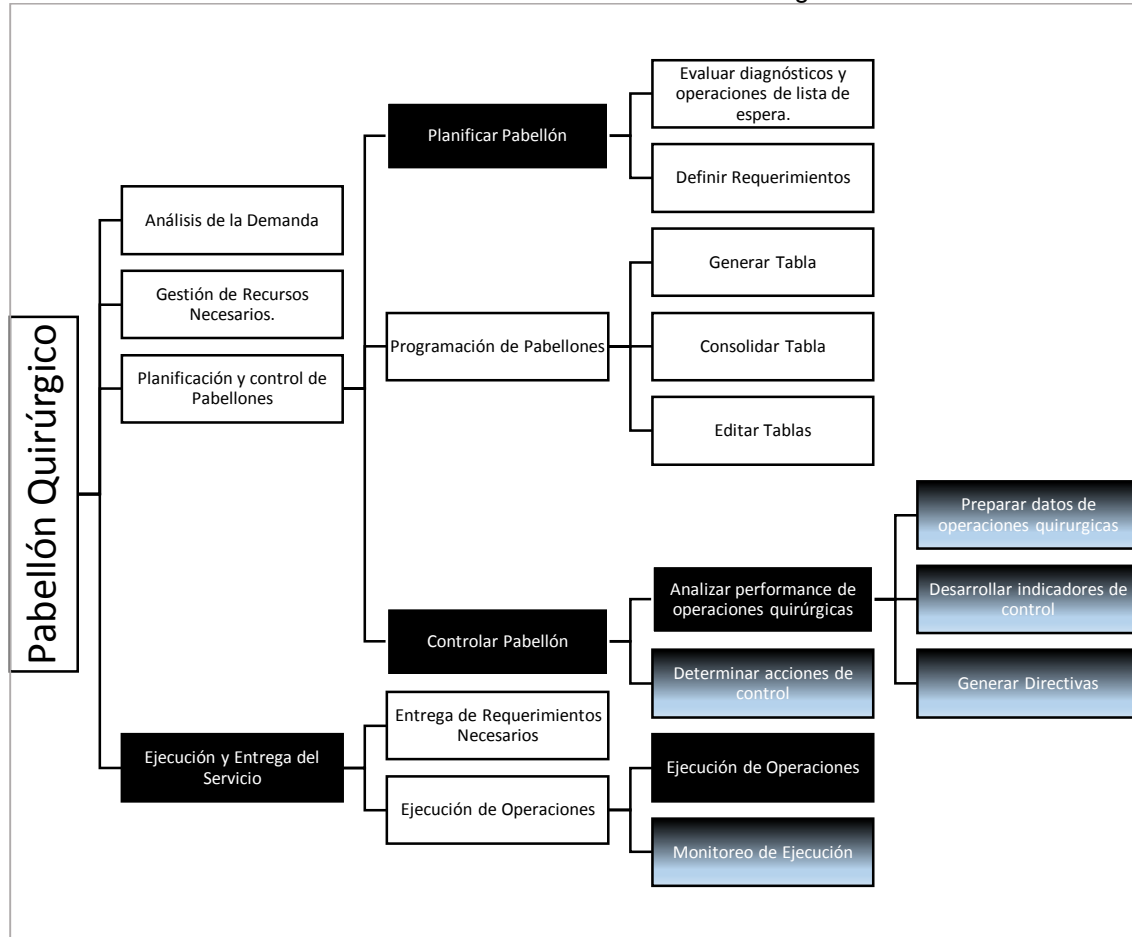


## 5.2. Rediseño de la arquitectura de procesos.

A continuación, se presentan los procesos rediseñados, basados en la arquitectura del apartado 3.3. Finalmente, los procesos más pequeños y subprocesos que necesitan un sincronismo son modelados con BPMN [58].

El siguiente diagrama muestra, en forma jerárquica, el mapa de procesos de pabellón quirúrgico y los rediseños propuestos por este trabajo.

Ilustración 38 - Rediseño del Árbol de Procesos de Pabellón Quirúrgico.



Fuente: Propia basado en [12], [13] y [14].

Cabe resaltar que este mapa no refleja la interacción que estos tienen entre sí. Sin embargo, este mapa es útil para la ubicación del ámbito del proyecto. Los procesos en los recuadros de color **negro**, son detallados como Macroprocesos, mientras que los recuadros en color **gris** son detallados con BPMN.

Los siguientes apartados solo describen los procesos resaltados de la ilustración anterior.

## 5.2.1. Macro Procesos.

### 5.2.1.1. Planificación y Control de Pabellones.

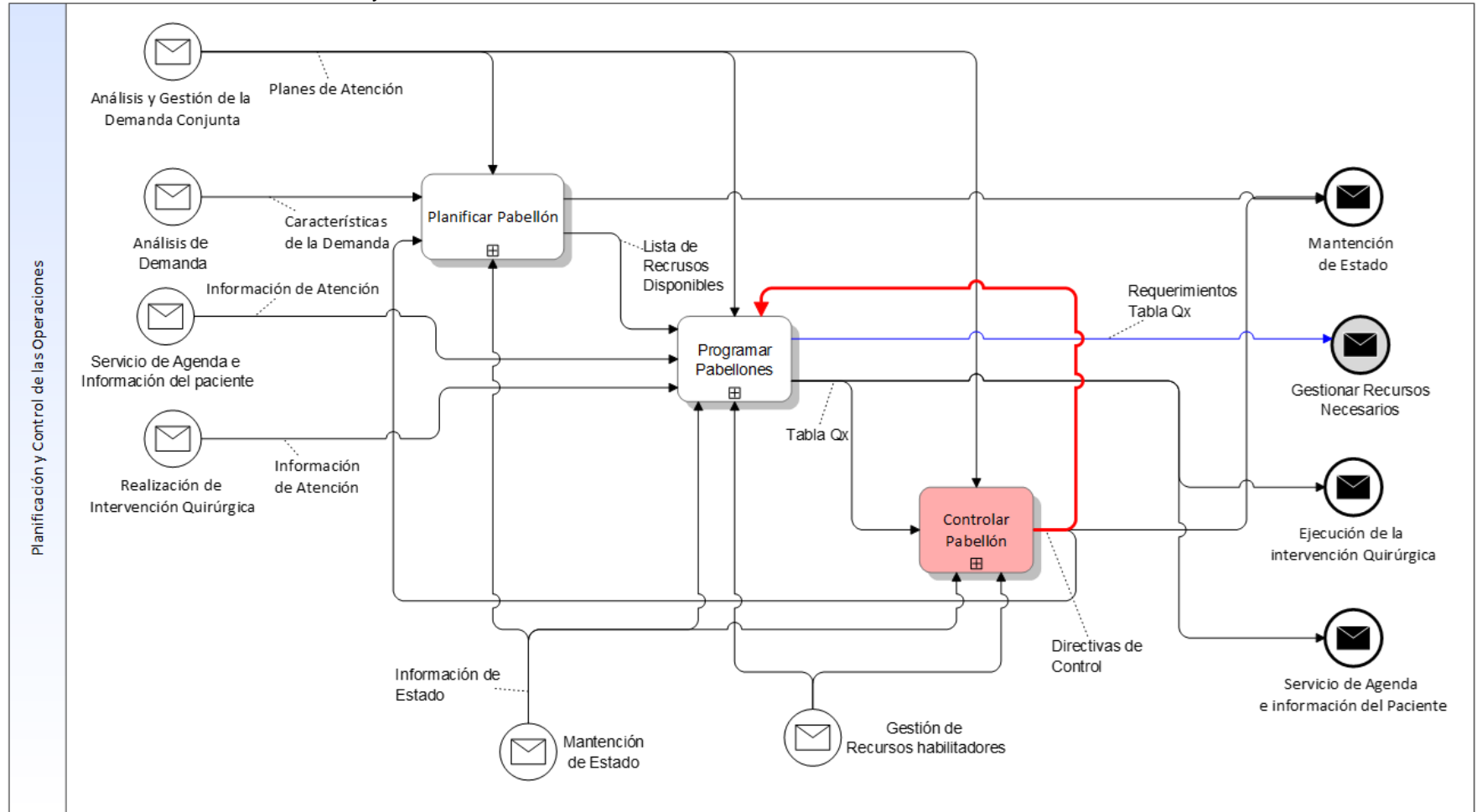
El proceso Planificación y Control de Pabellón asigna recursos a las intervenciones quirúrgicas. En este se indica los pacientes, el personal médico, los insumos y medicinas, respetando las prioridades relativas de los pacientes, criterios médicos de asignación y las restricciones de capacidad del hospital en instrumental, insumos y tiempo.

Este trabajo propone identificar y generar un modelo de generación de condiciones, a través de un rediseño del proceso Controlar Pabellón, el cual genera una retroalimentación con *Directivas De Control* a los procesos de *Programar Pabellones*.

Por otro lado, se identificó una oportunidad de mejora en proceso de *Definición de Requerimientos* para ser atendidos por otros trabajos.

La siguiente ilustración muestra el proceso de Planificación y control de pabellones. Se destaca en este gráfico una línea roja, que es la retroalimentación y, en línea azul, la oportunidad de mejora identificada.

Ilustración 39 - Planificación y Control de Pabellones

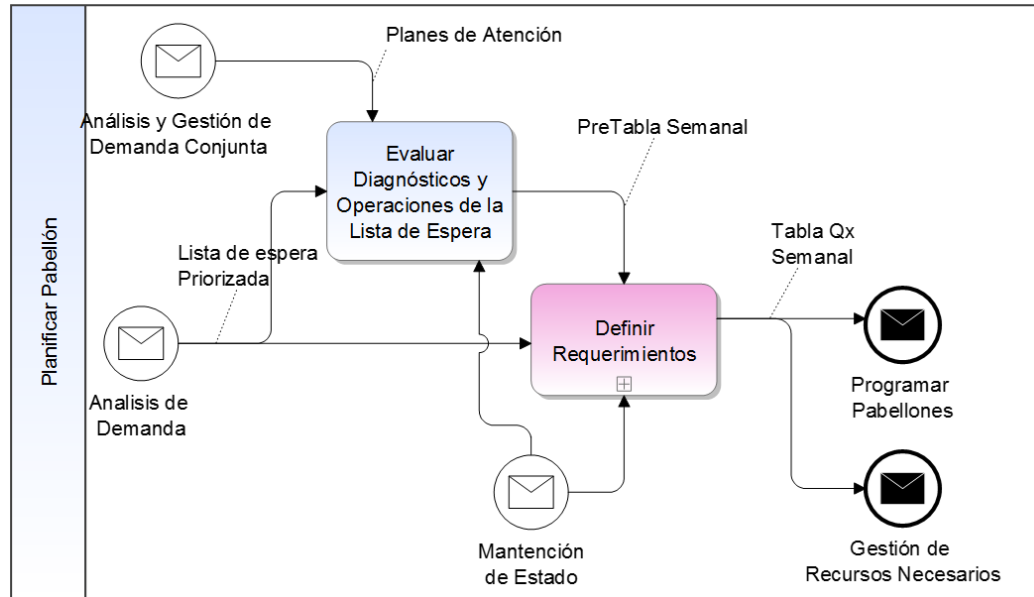


### 5.2.1.2. Planificar Pabellón.

Este proceso tiene la finalidad de evaluar las Operaciones de la lista de espera priorizada y definir requerimientos como el tiempo, equipos, personal médico, insumos, el ambiente de pabellón.

El siguiente diagrama muestra el rediseño del proceso de *Planificar Pabellón*. Este se compone por un proceso principal *Evaluar Diagnósticos de los pacientes de La Lista De Espera* y por el proceso *Definir Requerimientos*.

Ilustración 40 - Planificar Pabellón



Fuente: Propia basado en [12], [13] y [14].

Hay que destacar que el segundo proceso envía, al proceso *Gestión de Recursos Necesarios*, la tabla operatoria semanal, lo que permite generar una Pre-Tabla Operatoria con un pequeño horizonte de tiempo, para este caso una semana, con los requerimientos necesarios, con el objetivo de que las demás unidades de pabellón procuren la disponibilidad de estos. Este rediseño no restringe la selección de operaciones, ya que en este punto la institución se comprometerá a ejecutar las operaciones de esos pacientes en ese horizonte.

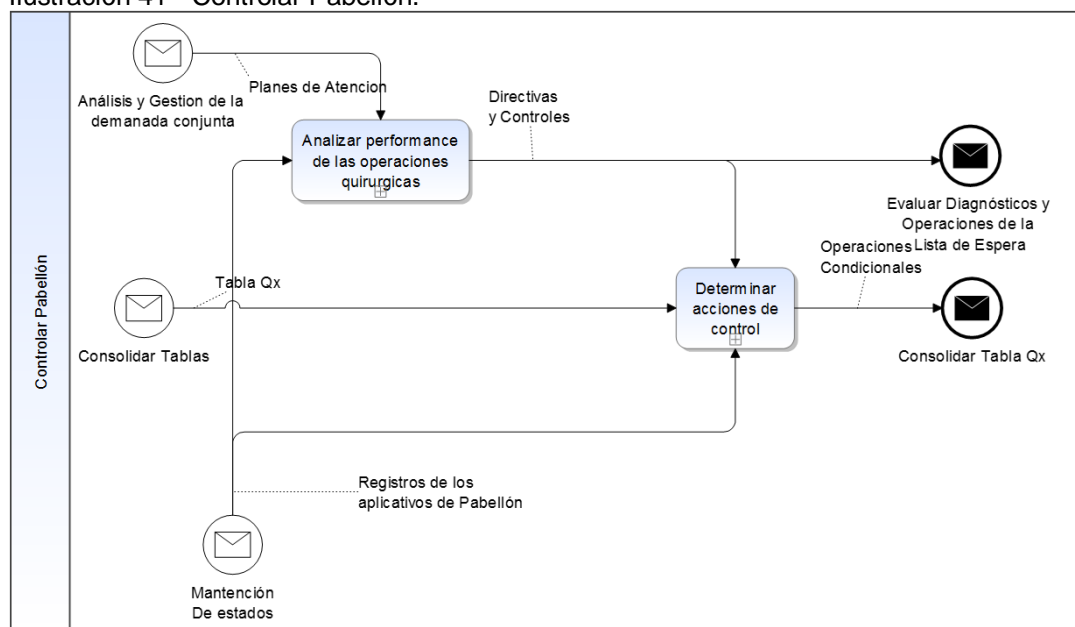
### 5.2.1.3. Controlar Pabellón.

En este proceso se analiza las actividades de pabellón y el desempeño de estos, luego determina directivas y acciones preventivas. Controlar Pabellón consta de dos procesos: *Analizar performance de las Operaciones Quirúrgicas*, y *Determinar Acciones Preventivas*.

El primer proceso determina directivas basado en la performance de las operaciones quirúrgicas. Estas directivas son enviadas al proceso de *Planificación/Evaluar Diagnostico* de las Operaciones. Por ejemplo, determinar el tiempo de una operación o identificar operaciones propensas a suspenderse.

El segundo proceso determina las acciones de control, a fin de mejorar la performance de pabellón. Estas acciones están en función de las estrategias y objetivos de la organización. Por ejemplo, se determina una cantidad de operaciones condicionales que puedan aprovechar un tiempo ocioso o libre.

Ilustración 41 - Controlar Pabellón.



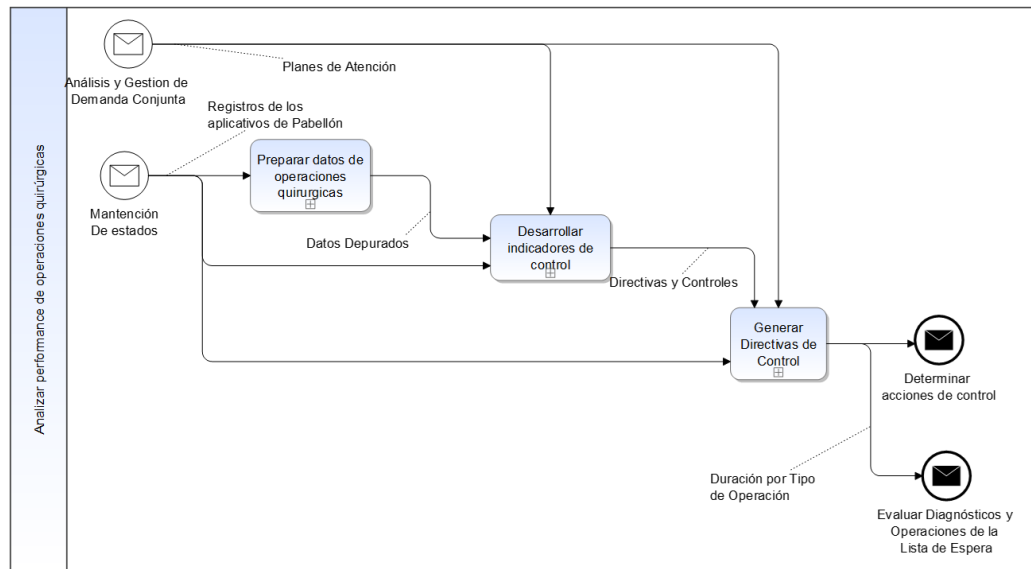
Fuente: Propia

En general es recomendable partir de un análisis de la demanda, sin embargo esta actividad ya existe y se encuentra dentro del proceso **Planificar Pabellón** y se llama **Evaluar Diagnósticos y Operaciones de la Lista de Espera**. Otro motivo por lo que no se encuentra se debe a la definición del nombre del proceso, controlar las actividades de pabellón, en pos de mejorar el servicio.

#### 5.2.1.3.1. Analizar performance de las Operaciones Quirúrgicas.

Este proceso determina las directivas y controles, a través de un proceso de extracción de información y conocimiento. Este proceso está compuesto por tres subprocesos. El primero *Preparar Datos De Operaciones*

Quirúrgicas, luego *Desarrolla Indicadores de Control* y finalmente *Genera Directivas De Control*.

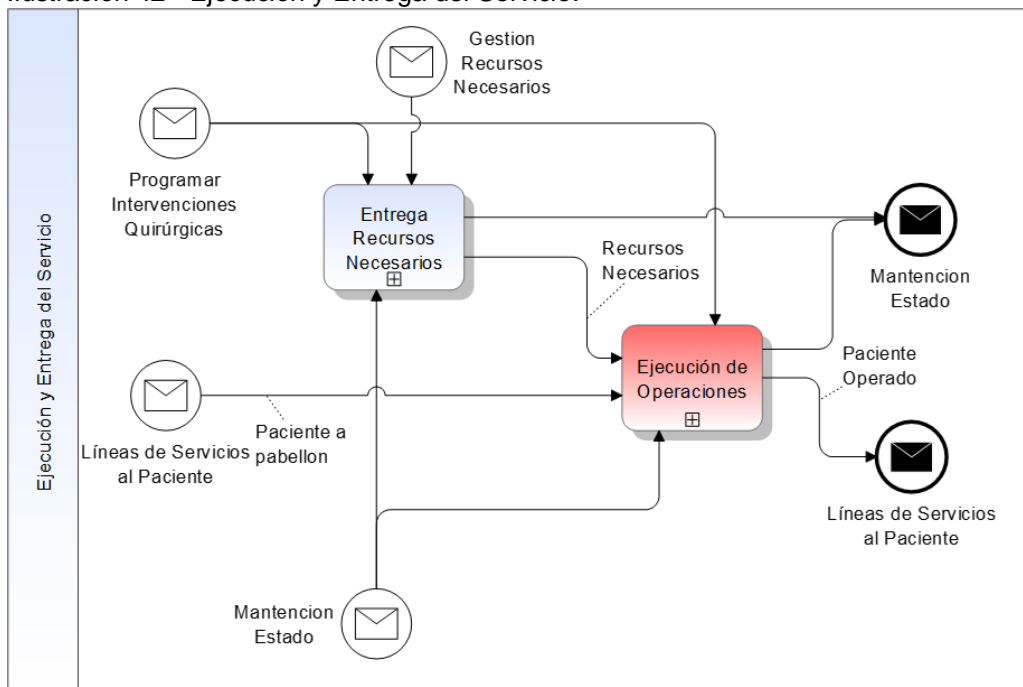


Cabe destacar que la información de las directivas de control se envía al proceso *Determinar Acciones de Control*, sin embargo, algunas informaciones son enviadas al proceso de *Evaluar Diagnósticos y Operaciones de la Lista de Espera*. Por ejemplo, la Duración por tipo de Operación. A partir del planteamiento y diseño de este proceso que este trabajo genera la retroalimentación a procesos de planificación.

#### 5.2.1.4. Ejecución y Entrega del Servicio.

En este se ejecuta la operación. El siguiente diagrama describe la relación entre sus subprocesos.

Ilustración 42 - Ejecución y Entrega del Servicio.

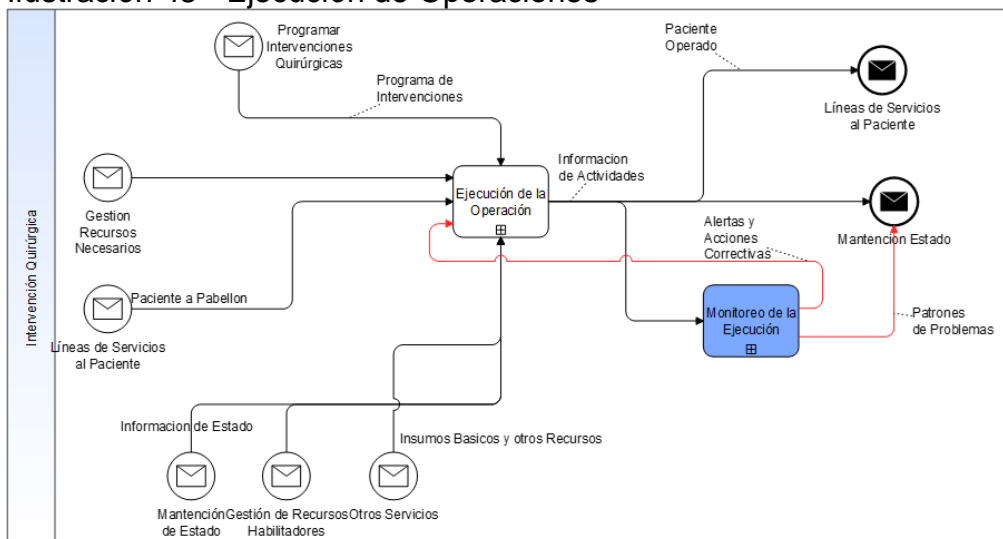


Fuente: Propia basado en [12], [13] y [14].

### 5.2.1.5. Ejecución de Operaciones.

Este proceso ejecuta la intervención quirúrgica basada en la programación de la Tabla Operatoria. El siguiente diagrama describe la relación de estos procesos: “Ejecución de la Operación” y “Monitoreo de la Ejecución”.

Ilustración 43 - Ejecución de Operaciones



Fuente: Propia basado en [12], [13] y [14].

El trabajo propone la adición de un proceso complementario al principal “Ejecución de la Operación”, para adicionar un proceso complementario llamado “**Monitoreo de la Ejecución**” o *Monitor de Pabellón* que también fue

identificado por el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile en el 2015.

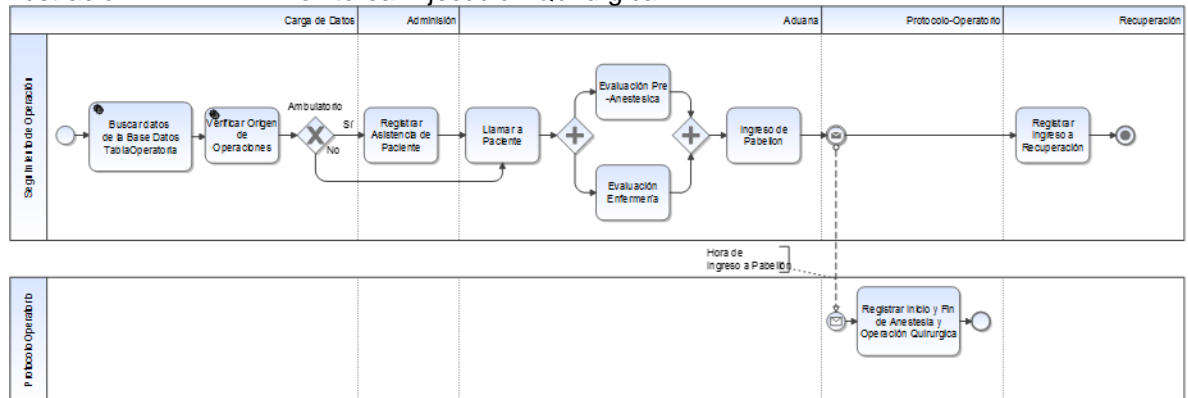
### 5.2.2. Business Process Model and Notation.

Finalmente, se procede descomponer los últimos procesos en sus arquitecturas BPMN, debido a que estos son sincrónicos.

#### 5.2.2.1. Monitorear Ejecución Quirúrgica.

Este proceso tiene el objetivo de monitorear el funcionamiento interno del pabellón, con la finalidad de tener una descripción de los procesos involucrados. El proceso registra el tiempo de cada actividad, desde el ingreso a admisión hasta el ingreso a recuperación, para así informar al personal administrativo y a los parientes de los pacientes del estatus del paciente y le puede realizar un seguimiento. **Es así que, de aquí en adelante, se crea la base para iniciar la comunicación entre el proceso de *Ejecución de la Operación* y el proceso de *Planificación Pabellón* a través de *Control de Pabellón*.** En otras palabras, el apoyo a la toma de decisiones.

Ilustración 44 - BPMN Monitorear Ejecución Quirúrgica



Propia basado en [12], [13] y [14].

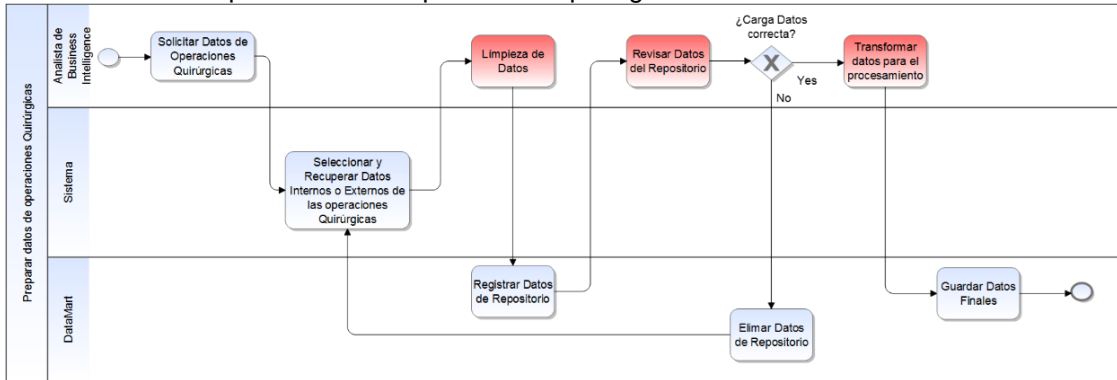
#### 5.2.2.2. Preparar datos de operaciones quirúrgicas.

Este proceso refleja el trabajo de extracción, limpieza y guardado de datos basados en el proceso de ETL (Extracted, Transformed, Loaded). En primer lugar, se *Recupera datos Internos y Externos de las Operaciones Quirúrgicas*, por ejemplo, los registros de los aplicativos de *Tabla Operatoria* y *Protocolo Operatorio*. Posteriormente, con el apoyo de herramientas de procesamiento y análisis de datos como Excel, SPSS, R Statistical, Quick View, son limpiados.



En otras palabras, se elimina y/o completa registros en blanco, elimina y/o corrige datos sobredimensionados, con la finalidad de guardarlos en una DataMart, el cual es soportado por una base de datos como PostGreg, Mysql, Oracle y/o archivos planos. Finalmente, se transforma los datos para el análisis de datos. Por ejemplo, calcular la diferencia entre tiempos para obtener la duración de una actividad.

Ilustración 45 - Preparar datos de operaciones quirúrgicas.

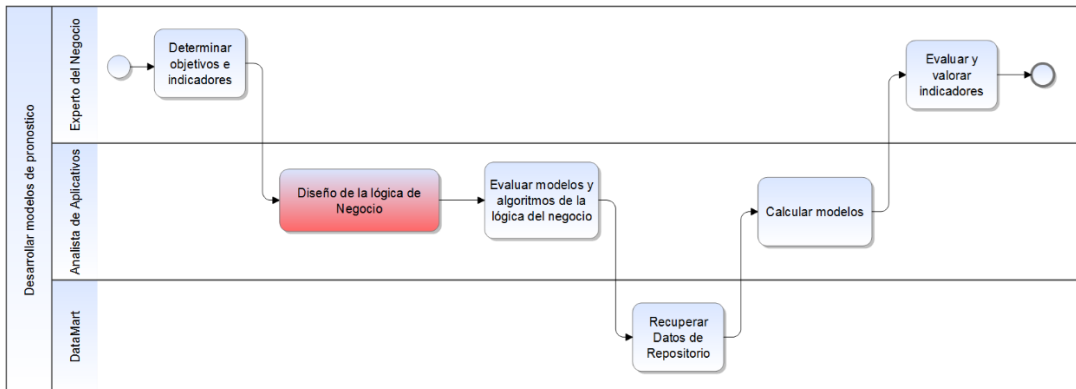


Cabe destacar que los principales procesos son realizados por una Analista de inteligencia de negocio, apoyados por herramientas de análisis y procesamiento de datos, cuyo resultado es guardado en un DataMart.

### 5.2.2.3. Desarrollar indicadores de control.

Este proceso tiene la finalidad de consultar los objetivos del negocio y determinar y desarrollar lógicas de negocio que permita calcular estos indicadores para toma de decisiones.

Ilustración 46 -Desarrollar indicadores de control.



De manera similar al apartado que la *Definición de la Solución* en el apartado 5.1, la actividad “*Determinar Objetivos e Indicadores*” determina los objetivos. Con la definición de estos indicadores, la actividad resaltada de color rojo

*Diseño de la lógica de Negocio* desarrolla, diseña los modelos y lógicas que permitan calcular estos indicadores. Para ello, utiliza los datos almacenados. Por ejemplo, para este proyecto, en el apartado 5.1, determinó como los indicadores de interés u objetivos, a la duración las operaciones, a la probabilidad de suspensión y a la probabilidad de acortamiento de las operaciones quirúrgicas. En los apartados 6.2 y 6.4 de este trabajo, mediante un conjunto de actividades de análisis y pruebas, se determinó varios algoritmos que permiten calcular estos indicadores.

Otro ejemplo de indicadores de control es detectar pacientes de previsión ISAPRE en patologías de resolución electiva<sup>10</sup>. Para ello, el experto de negocio le brinda las características de este contexto al Analista Inteligencia de Negocios, el cual determinará la manera de identificar este escenario con la información y con la data recabada.

Por otro lado, la información de algunos indicadores son enviados al proceso de *Planificación de Pabellón* para tomar mejores decisiones por esta nueva retroalimentación. Por ejemplo, conocer la duración de una operación quirúrgica permite la programación de los horarios. No obstante, debido a que hay un desfase de tiempo, entre lo planificado y lo ejecutado, se hace necesario un proceso de control en caso que haya una modificación en la planificación.

#### 5.2.2.4. Generar Directivas de Control.

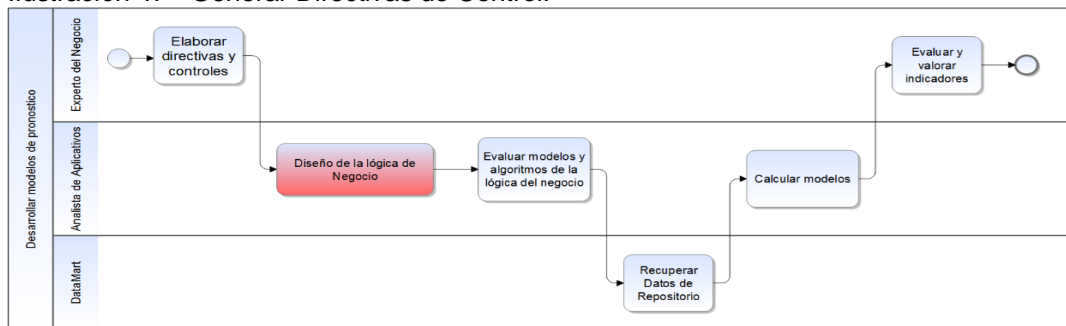
Este proceso tiene la finalidad de generar directivas de control, basado en los indicadores obtenidos. Cabe resaltar que este proceso no genera acciones, sino que genera niveles y/o rangos, con la finalidad controlar los procesos de pabellón.

Por ejemplo, para este trabajo, una medida de control es garantizar que la duración de una operación no esté por fuera de un rango de confianza. Otra medida de control es advertir de aquellas operaciones que tienen un riesgo de suspenderse alto, para luego asignar una operación condicional.

---

<sup>10</sup> Estos tipos de pacientes son evitados por la razón su patología no pertenece al conjunto de responsabilidades de HEGC dado que tienen una provisión de salud PRIVADA.

Ilustración 47 - Generar Directivas de Control.

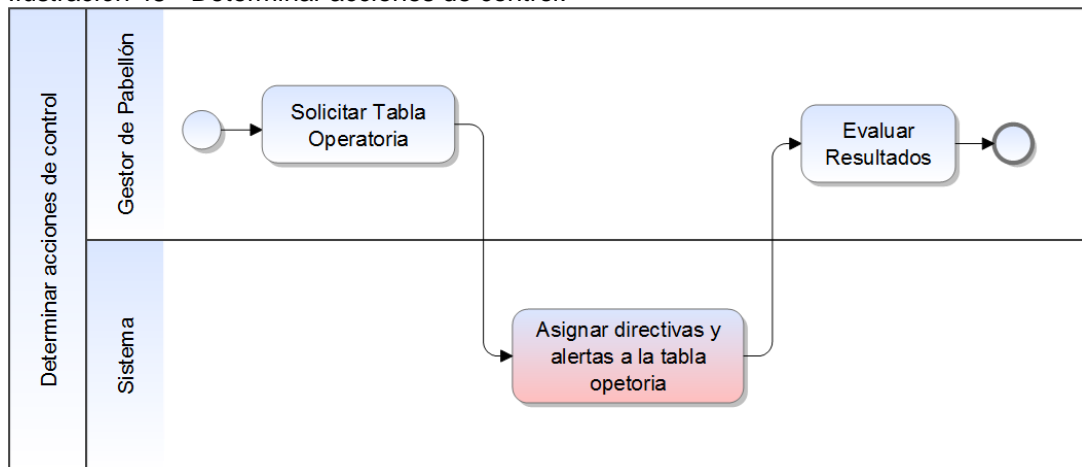


Adicionalmente, otra Directiva de control es la generación de alertas al detectar pacientes de previsión ISAPRE en patologías de resolución electiva, con la finalidad de identificarlos antes de llegar al día de la operación quirúrgica.

#### 5.2.2.5. Determinar acciones de control.

Finalmente, este proceso ejecuta las acciones de control basado en las Directivas y Controles generados en el apartado anterior 5.2.2.4. Este proceso revisa cada paciente de la tabla operatoria y asigna la directiva de control que le corresponde. Esta información es enviada, finalmente, al proceso *Consolidar Tabla Quirúrgica, del proceso Programar Pabellones*, en donde se muestra las alertas.

Ilustración 48 - Determinar acciones de control.



Se destaca la actividad resaltada de color rojo, la cual contiene algoritmos que le permiten asignar las directivas. Por ejemplo, para el proyecto, es de interés identificar una posible suspensión de la tabla operatoria, luego asignar una operación condicional. Otro ejemplo es identificar las operaciones quirúrgicas cuyo tiempo no está dentro de un umbral de confianza.

### 5.3. Aspectos centrales del capítulo.

Recapitulando, el objetivo de este trabajo es disminuir las suspensiones quirúrgicas de pabellón mediante el apoyo de la toma de decisiones. Se diagnostica como oportunidad de mejora, a los métodos y procedimientos para calcular la duración de las operaciones programadas y el cálculo de las operaciones condicionales. Para atenuar posibles sobreestimaciones de beneficios del proyecto, se realizó una optimización de la situación actual usando los registros del protocolo, sin embargo, la alternativa generada fue descartada por la complejidad requerida para su validación, por lo que los beneficios generados por este trabajo le corresponden en su totalidad.

Luego se procedió al rediseño de la Arquitectura de Procesos, el cual soporta los objetivos definidos en el apartado 5.1 (Definición de la Solución). Para ello, se rediseñó el proceso de control de Pabellón, el cual recopila, analiza y presenta un conjunto de directivas de control que permite a otros procesos identificar sus restricciones y tener planes de acción. Es así que se habilitó la comunicación entre el proceso de Ejecución de la Operación y el proceso de Planificación Pabellón, a través del proceso *Control de Pabellón*. Por otro lado, se identificó el proceso *Definir Requerimientos* como una oportunidad de mejora para otro proyecto.

## 6. DISEÑO DE LA LÓGICA NEGOCIO Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

En el *diseño de la solución y el rediseño los procesos*, se identificó el cálculo del tiempo de operaciones programadas y condicionales como oportunidades de mejoras. Este capítulo detalla la lógica de negocios que brinda apoyo a estas oportunidades de mejora. A su vez, los resultados son evaluados para demostrar su validez.

Con respecto a la primera oportunidad de mejora, las siguientes ilustraciones muestran el resultado de la asignación de tiempo, basado en juicio experto y el comportamiento del tiempo real, del tipo de operación “Síndrome de Apnea del Sueño operación” COD: 13-020-29.

Ilustración 49 - Tiempo Real y Estimado del tipo de intervención *Síndrome de Apnea del Sueño* 13-020-29.

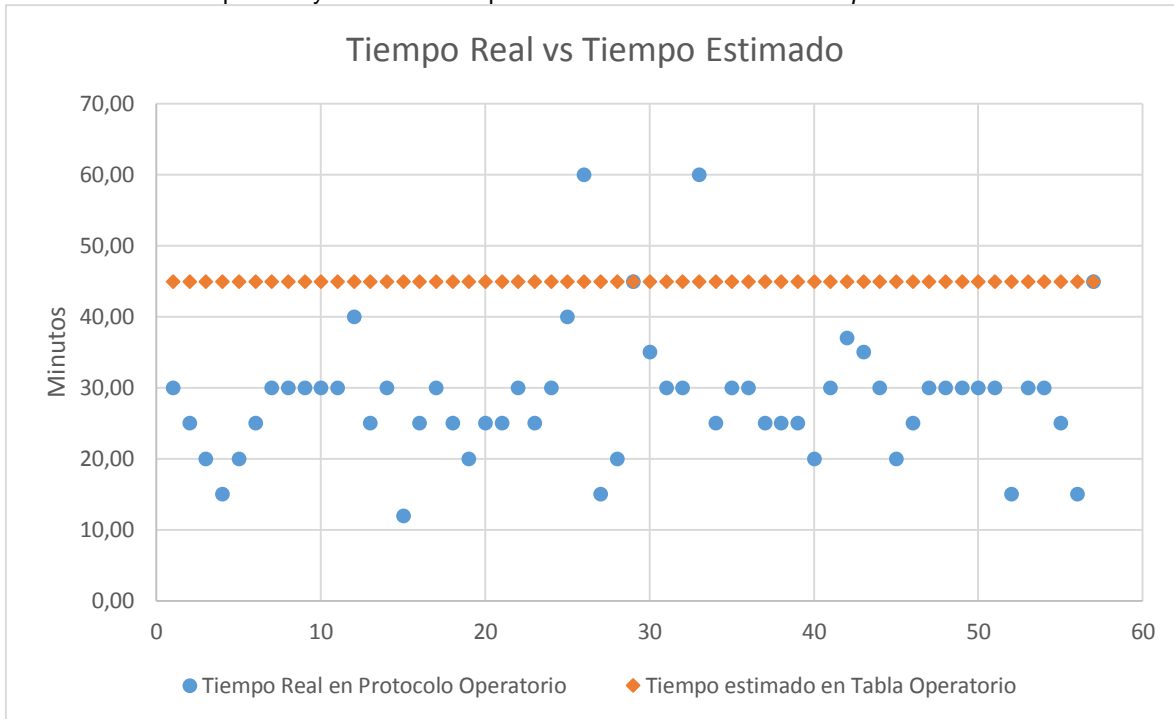
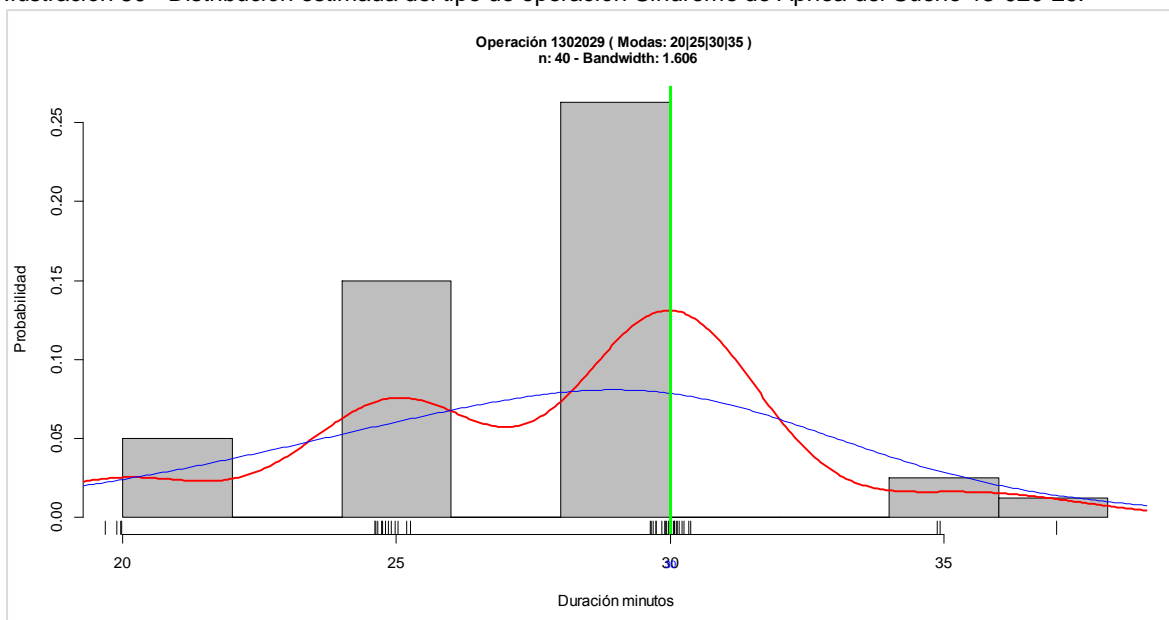


Ilustración 50 - Distribución estimada del tipo de operación Síndrome de Apnea del Sueño 13-020-29.



Cabe destacar que los gestores de pabellón asignan un tiempo constante de 45 minutos, con la finalidad de resguardarse de la posibilidad de falta de tiempo. Como resultado, en algunos de los casos se desaprovechan 15 minutos, tiempo que podría ser utilizado por otra operación. Por lo tanto, determinar el tiempo adecuado, para que no exista una falta o subutilización del tiempo, es una disyuntiva y decisión compleja para los gestores de pabellón.

Para superar lo anterior, este trabajo propone una la lógica que se basa en determinar el método de cálculo de la duración de las actividades en las que participa el paciente. Los siguientes apartados 6.1 calcularán la duración de las actividades: *Anestesiarse Paciente*; *Intervenir Paciente*. Posteriormente, *Llegada del Paciente*; *Evaluar Paciente*; y, por último, *Recuperar Paciente*.

Con respecto a la segunda oportunidad de mejora, los administradores de pabellón desarrollaron una estrategia de sobreventa (Operaciones Condicionales), esperando cubrir las operaciones suspendidas. Sin embargo, la detección de la cantidad de suspensiones y asignación de operaciones condicionales es una decisión compleja. Se presenta la siguiente disyuntiva. No aprovechar los recursos de las operaciones suspendidas es un costo alto para el hospital. Sin embargo, dar una esperanza de una posible operación a los pacientes de operaciones condicionales y que ésta no se ejecute, es una carga ética y emocional negativa para el personal del hospital y los pacientes.

Para superar aquello, este trabajo propone una lógica para atender esta disyuntiva, que se basa en identificar y cuantificar el riesgo que tiene estas operaciones y recomendar acciones, a través de un modelo, para el cálculo de las operaciones condicionales, separado en tres fases.

Por otro lado, tratar de evaluar esta propuesta fue un trabajo complejo, ya que la toma de datos tuvo errores de medición y poca frecuencia de eventos. El prototipo necesario para recabar información estuvo operando por un lapso de dos meses aproximadamente y la información incompleta fue complementada con otro aplicativo, conocido como *Protocolo Operatorio*<sup>11</sup>, el cual estuvo operando por más de un año. Después del análisis de estos datos, se encontró que los resultados de ambos aplicativos concuerdan.

---

<sup>11</sup> Protocolo Operatorio es un aplicativo que genera un documento con carácter legal, en el que se indica las características de las operaciones, contienen anotaciones y detalles que son relevantes al procedimiento que el cirujano redacta al terminar la operación.

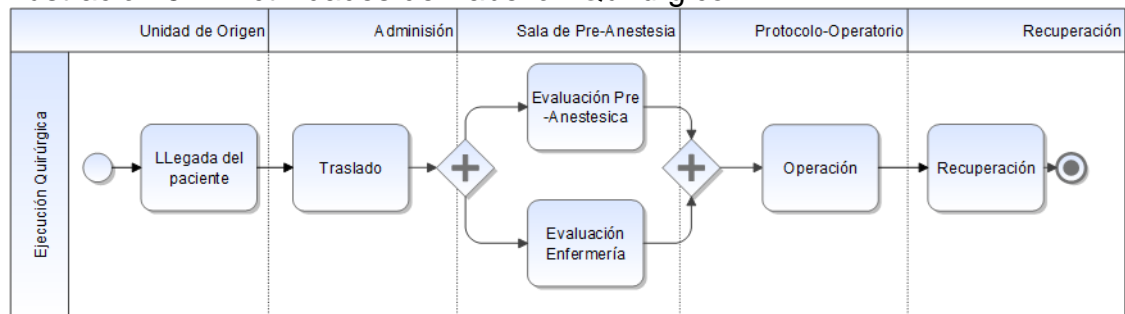
## 6.1. Duración de las operaciones por cada actividad.

Este apartado atiende la primera disyuntiva, para lo cual plantea un método para el cálculo de la duración de las operaciones, basada en el cálculo de la duración de cada actividad.

### 6.1.1. Actividades del Negocio.

El siguiente gráfico y tabla muestra, en primer lugar, las cinco principales actividades, las cuales son las más relevantes de una operación quirúrgica.

Ilustración 51 - Actividades de Pabellón Quirúrgico



En segundo lugar, la siguiente tabla muestra la relación las actividades anteriores y los aplicativos con las que interactúan.

DETALLE ACTIVIDAD	DURACIÓN ESTIMADA min	APLICATIVO IMPLEMENTADO		APLICATIVO PROTOTIPO
		Tabla Operatoria	Protocolo Operatorio Duración	Monitor Pabellón Duración Real
Llegada del Paciente	5	No considera ❌	No considera ❌	Considera ✅
Traslado	5			Considera ✅
Evaluar Paciente	10			Considera ✅
Anestesiarse Paciente	15	Considera en conjunto ✅	Considera ✅	Considera en conjunto ✅
Intervenir Paciente	Duración variable según tipo intervención			Considera ✅
Recuperar Paciente	60	No considera ❌	No considera ❌	Considera ✅

Fuente: Propia

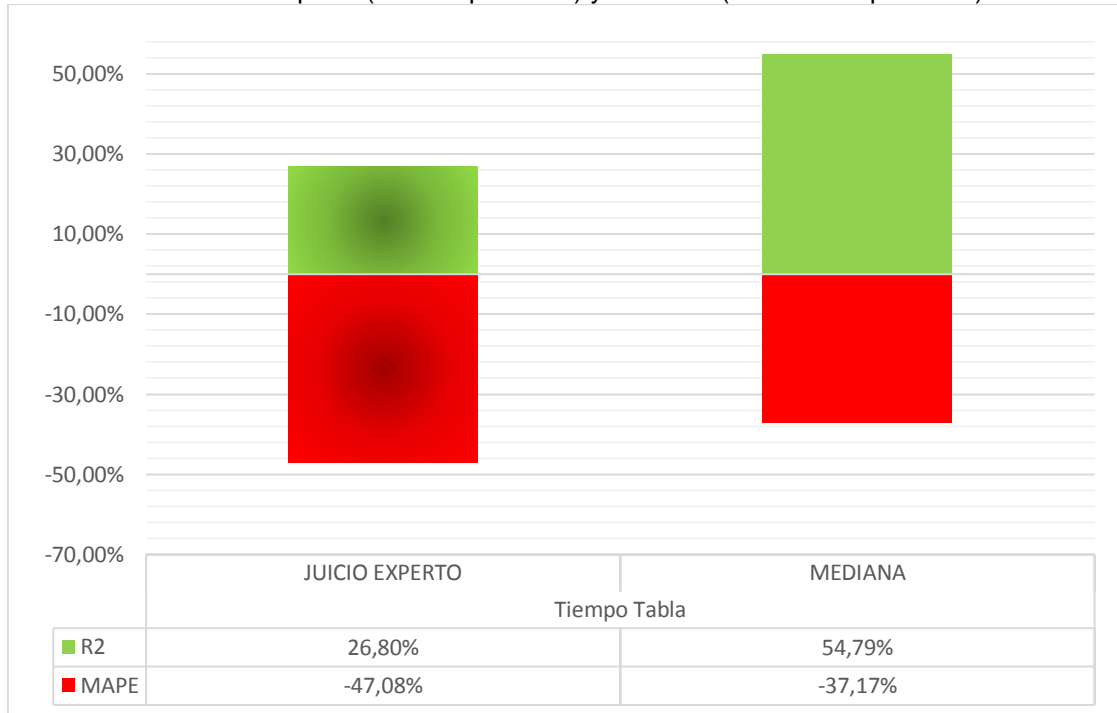
Para poder calcular la duración de cada operación es necesario calcular la duración de cada una de sus principales actividades. En la tabla anterior se muestra que el aplicativo "Tabla operatoria" indica el tiempo estimado de una operación, el cual está basado en conocimiento experto (Anestesiarse al paciente e Intervenir Paciente). Sin embargo, es necesario determinar la duración actividad "Anestesiarse al Paciente" e "Intervenir al paciente", por separado. Para ello se toma



como supuesto que la actividad “Anestesar al Paciente” tiene una duración de 15 minutos.

Es así que se obtiene la siguiente ecuación  $Intervenir\ al\ Paciente = TiempoTabla - 15\ min$ . La siguiente tabla muestra la evaluación de los resultados de la actividad *Intervenir al Paciente*, utilizando los registros del protocolo operatorio de Octubre-2014 a Octubre-2015.

Ilustración 52 - Juicio Experto (Tabla Operatoria) y Mediana (Protocolo Operatorio)



Se aprecia que el 26%(R2) de la variación en tiempo puede ser explicada por los expertos con un Error Porcentual Absoluto Medio de 47%(MAPE). Por su parte, la ilustración compara la estimación de los expertos con una estimación utilizando la mediana.

La baja performance del juicio experto puede deberse a dos factores. El primero, que existe un cálculo impreciso por parte de gestores de pabellón. El segundo, un supuesto errado (Anestesia=15min).

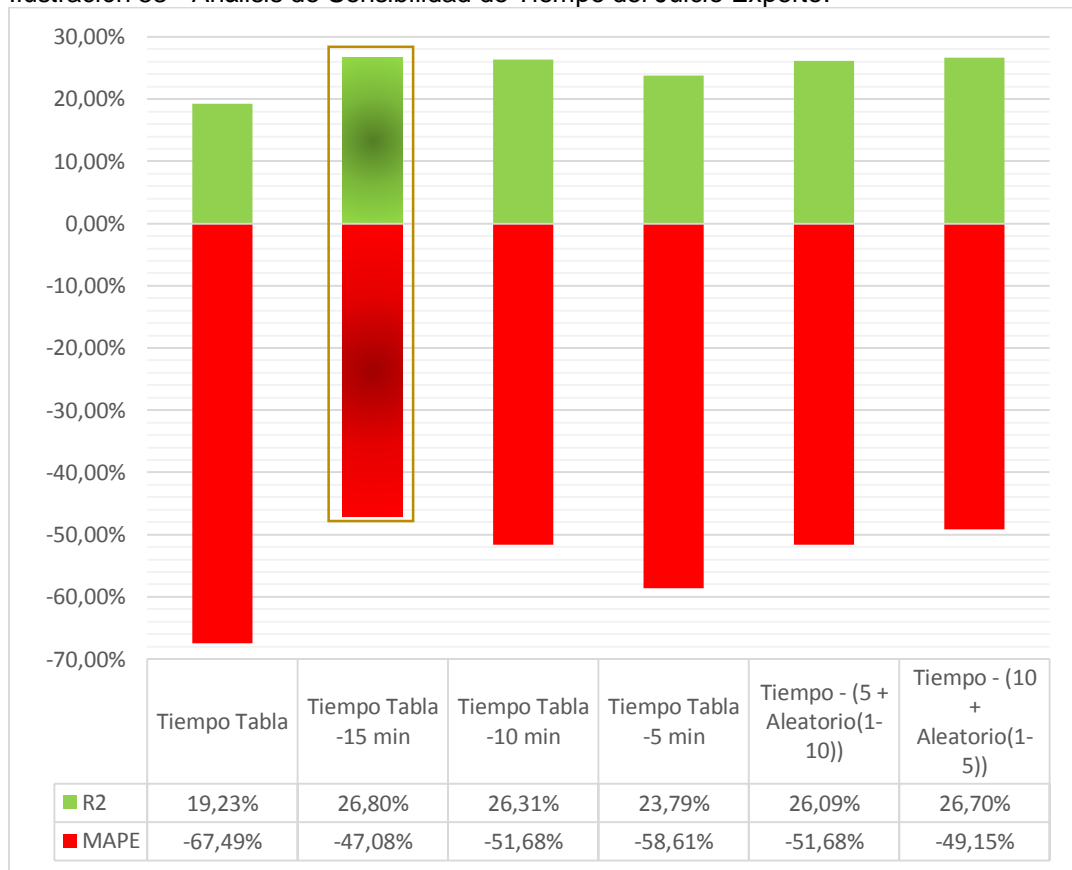
En el siguiente apartado se evaluará el supuesto de la duración de la actividad “Anestesar al Paciente”.

### 6.1.2. Duración de la actividad *Anestesiarse al Paciente*.

Los registros de los aplicativos *Tabla Operatoria* y *Protocolo Operatorio* son insuficientes para determinar la duración de esta actividad. Como instancia, el tiempo asignado por los gestores de pabellón es la suma del tiempo de las actividades “*Anestesiarse Paciente*” e “*Intervenir al Paciente*”. Es decir, estos comparten este tiempo.

Es así que este trabajo parte del supuesto de que la duración de la actividad *Anestesiarse al Paciente* es de 15 minutos, aproximadamente, la cual está basada en la recomendación de los gestores de pabellón. Para comprobar este supuesto y determinar la duración, se realizó el análisis de sensibilidad. El siguiente gráfico muestra los resultados de la siguiente ecuación *Duración de Intervención = Tiempo Tabla – f(x)*, donde  $f(x)$  es la función de duración de la actividad *Anestesiarse al Paciente*.

Ilustración 53 - Análisis de Sensibilidad de Tiempo del Juicio Experto.



Fuente: Elaboración Propia basado en los registros del protocolo operatorio de octubre-2014 a octubre-2015.

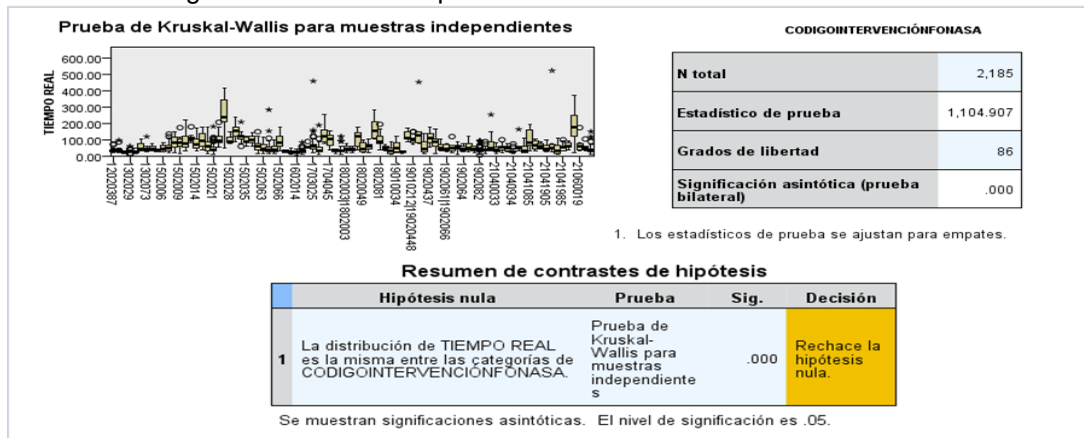
De hecho, suponer que la actividad *Anestesiarse al Paciente* dura 15 minutos, tiene mejor desempeño, por lo que este supuesto es útil para determinar el tiempo de esta actividad. No obstante, se pone como observación la necesidad de analizar los datos derivados de la medición de la actividad *Anestesiarse al Paciente* en sí misma, en vez de inferirlos de otros.

### 6.1.3. Duración de la actividad *Intervención Quirúrgica*.

Una vez comprobada la duración de la actividad *Anestesiarse al Paciente*, se procedió a calcular la duración de la actividad *Intervención Quirúrgica*. Para ello, este trabajo plantea la siguiente Hipótesis (H1). Las distribuciones de la duración real, entre cada *Tipo de Intervención Quirúrgica*<sup>12</sup>, es diferente para cada tipo. Es decir, el tipo de intervención determina la duración de las operaciones.

La siguiente ilustración muestra comprobación de la hipótesis contrapuesta o nula (H0), a través de las pruebas no paramétricas para muestras independientes.

Ilustración 54 - Prueba de Kruskal-Wallis para las muestras independientes por Código de Intervención según Duración de la Operación



Fuente: Elaboración Propia basado en los registros del protocolo operatorio de octubre-2014 a octubre-2015.

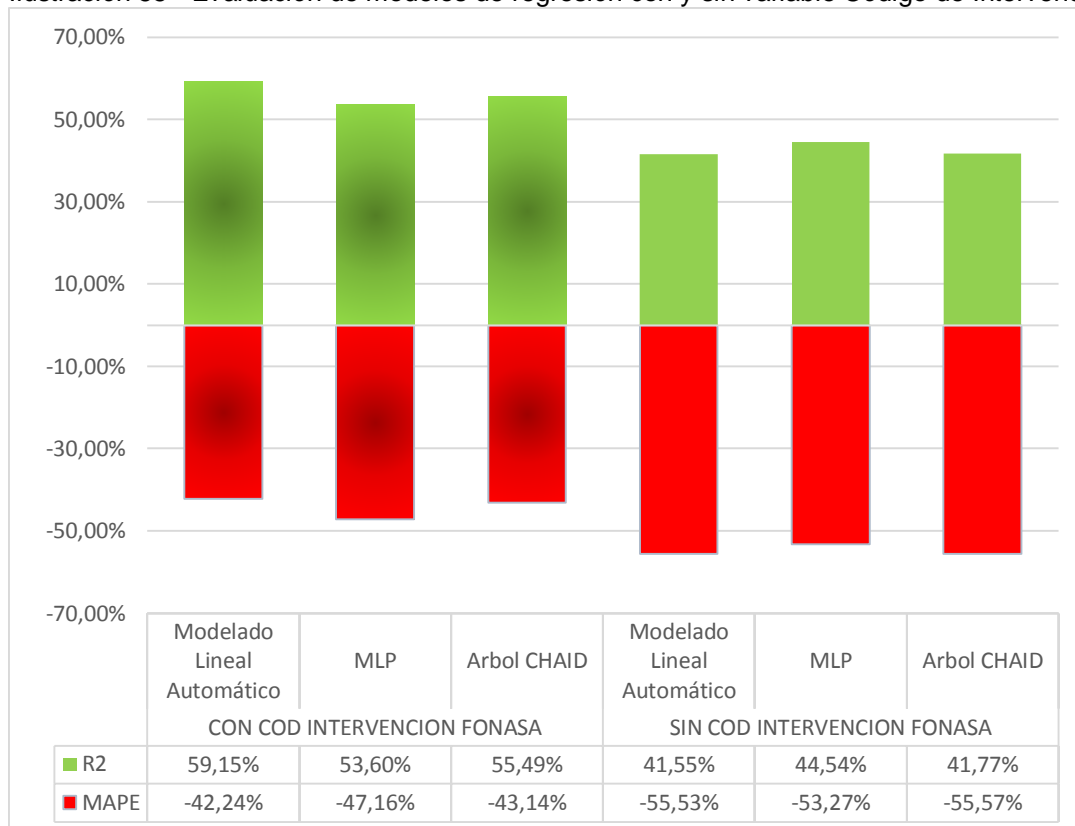
Como resultado, la Hipótesis Nula (H0) “*La distribución de Duración Real es la misma entre las categorías de Código Intervención*” es tan poco probable (sig. Menor a 0), que se acepta la hipótesis (H1).

Subsecuentemente, se calculó el nivel de precisión y error de varios modelos de regresión. En la siguiente ilustración se muestra el desempeño de estos modelos. Los modelos de la izquierda, además de utilizar otras variables como: *Medico, Edad, Hora(AM/PM)*, utilizaron la variable *Código Intervención*. Los modelos de la

<sup>12</sup> Conocido también como *Código Intervención FONASA*

derecha no utilizaron la variable *Código Intervención*, pero sí las demás. Como se puede apreciar, los modelos de la izquierda bajan, por debajo del 50%, su precisión, mientras que sus errores se sitúan por encima del 50%.

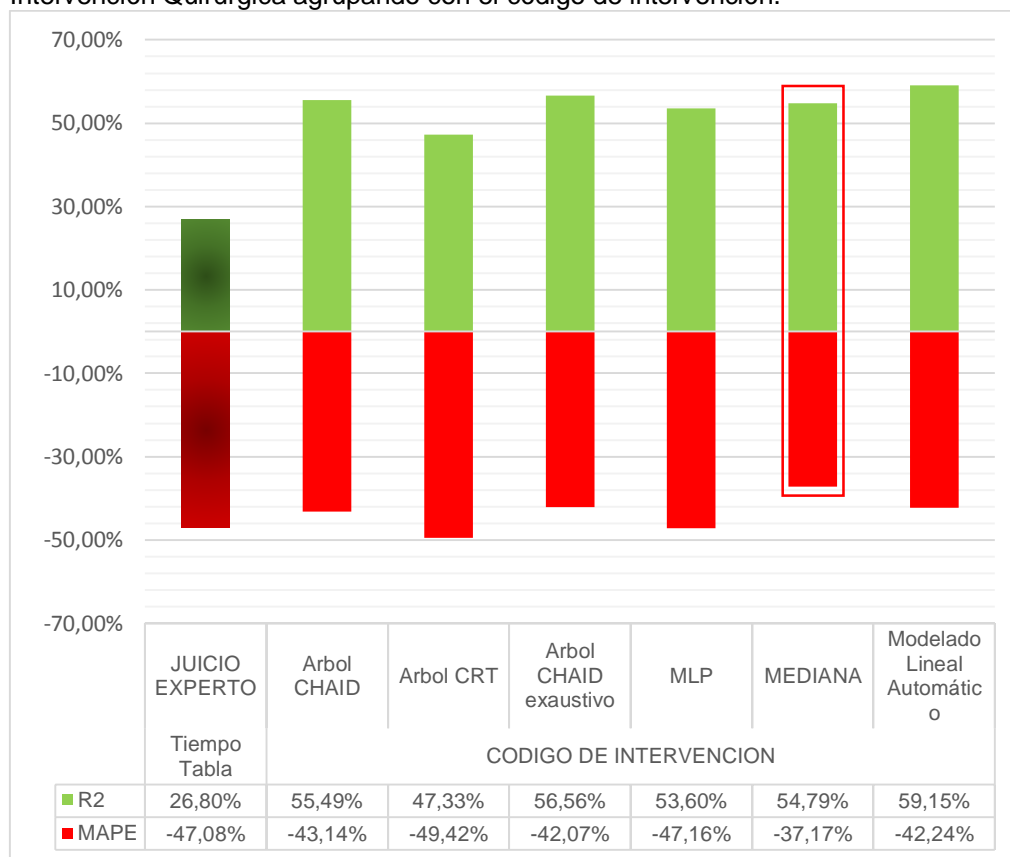
Ilustración 55 - Evaluación de modelos de regresión con y sin variable Código de Intervención



Admitiendo que la duración de las operaciones depende del *Tipo de Intervención*, el cálculo de la duración de las operaciones parte de dividir el trabajo y el total de registros en dos fases. La primera se enfoca en los tipos de operaciones más comunes, 75,19%, y la segunda en los tipos de operaciones no muy frecuentes, 18,17%. Finalmente, el resto, 6.64%, son operaciones con datos en blanco, datos erróneos, los cuales son descartados.

- En primer lugar, se calculó la mediana de las intervenciones más comunes. Tipos de Intervenciones cuyo número de casos exceda las cinco muestras. Adicionalmente, se realizó el cálculo de la duración de las operaciones utilizando otros métodos. En específico, los algoritmos de regresión (Árboles de Decisión, Perceptrón Multicapa y Modelado Lineal Automático). La siguiente ilustración muestra los resultados de estos.

Ilustración 56 - Relación error MAPE y confianza R2 del cálculo de la duración de la actividad Intervención Quirúrgica agrupando con el código de intervención.



Se concluye que el cálculo de la duración, utilizando la mediana de cada tipo, tiene un asertividad aceptable de 54.79%, con un error de 37%, el cual tiene mejor desempeño que las asignaciones realizadas por los gestores de pabellón (Juicio experto) en el período de octubre del 2014 a octubre 2015.

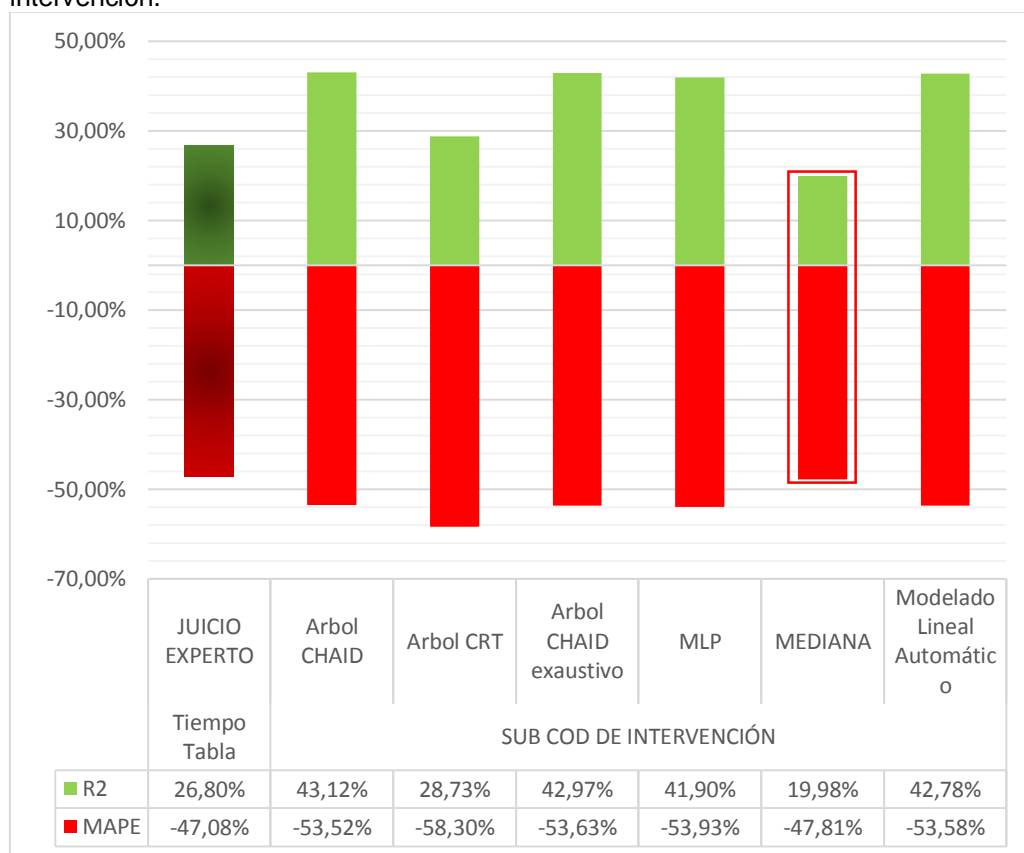
- En segundo lugar, para los tipos de operaciones no frecuentes, es decir los tipos de operaciones cuyo número de muestras es menor a cinco. Se intentó agruparlos a través de la generación unos nuevos grupos, utilizando los sub-códigos<sup>13</sup> que hay dentro del código de intervención FONASA.

Además, se realizó el cálculo de la duración de las operaciones, utilizando otros algoritmos de regresión (Arboles de Decisión, Perceptrón Multicapa y

<sup>13</sup> El Código de Intervención consta de tres sub-campos, el primero indica la especialidad, el segundo la clase de intervención y el tercero su característica.

Modelado Lineal Automático). La siguiente ilustración muestra los resultados y el desempeño de los registros de las operaciones muy frecuentes.

Ilustración 57 - Relación error y confianza de los modelos de regresión usando sub-código de intervención.



Como se puede apreciar, la precisión de los métodos está por debajo de 50%, con un error por encima del 40%. Es así que esta nueva agrupación se descarta por no tener una performance aceptable. Cabe destacar que, al utilizar esta agrupación, los modelos de Árbol de Decisión, Perceptrón Multicapa y Modelado Lineal Automático, tiene una precisión mayor que el juicio experto y la mediana. Sin embargo, la implementación de estos, tiene mayor complejidad que la mediana y su impacto afecta a solo el 18.17% de los registros.

Por instancia, tenemos la siguiente tabla del Resumen del modelo del Árbol de Decisión. Este modelo determina los campos NOMBRE CIRUJANO, SUBCOD\_INT, EDAD, NRO\_INTERVENCIONES\_POR OPERACIÓN, AM/PM, como las variables independientes más relevantes. Sin embargo, en el caso de incorporar un nuevo cirujano al staff de médicos, escenario común en instituciones públicas, el modelo se hace obsoleto rápidamente.

Tabla 2 - Detalle de Árbol de decisión para el cálculo de la duración de una operación utilizando SUBCOD\_INT (Código Fonasa).

	Método de crecimiento	CHAID	
Especificaciones	Variable dependiente	TIEMPO REAL	
	Variables independientes	SUBCOD_INT, NRO INTERVENCIONES POR OPERACIÓN, NRO DE DIAGNOSTICOS, SEXO, EDAD, AM/PM, COD_ESPE, NOMBRE CIRUJANO, NOMBRE ANESTESISTA, COD_REINTER	
	Validación	CRUZADA	
	Máxima profundidad del árbol	3	
	Casos mínimos en nodo padre	100	
	Casos mínimos en nodo hijo	50	
	Resultados	Variables independientes incluidas	NOMBRE CIRUJANO, SUBCOD_INT, EDAD, NRO INTERVENCIONES POR OPERACIÓN, AM/PM
		Número de nodos	29
Número de nodos terminales		19	
Profundidad		3	

Se concluye que, para todos los tipos de operación (Frecuentes y No Frecuentes), el método con menor error y facilidad de implementación es el cálculo de la mediana de cada tipo de intervención quirúrgica.

#### 6.1.4. Duración de las actividades *Preoperatorio, Traslado, Evaluación Pre anestesia y Recuperar Paciente.*

Finalmente, procedemos a calcular la duración de las demás actividades. Las siguientes dos ilustraciones muestran la distribución del tiempo de cinco actividades de Pabellón Quirúrgico, obtenidas de los registros<sup>14</sup> del nuevo aplicativo (Prototipo) "Monitor de Pabellón". Con antelación se reconoce que la alta variabilidad que existe muestra que la media no es la mejor representante para estas actividades. Sin embargo, por ser un piloto estos datos son tomados como referencia.

<sup>14</sup> Registros desde el 02/10/2015 al 16/12/2015

Ilustración 58 - Distribución del tiempo de las Actividades de Pabellón Quirúrgico.

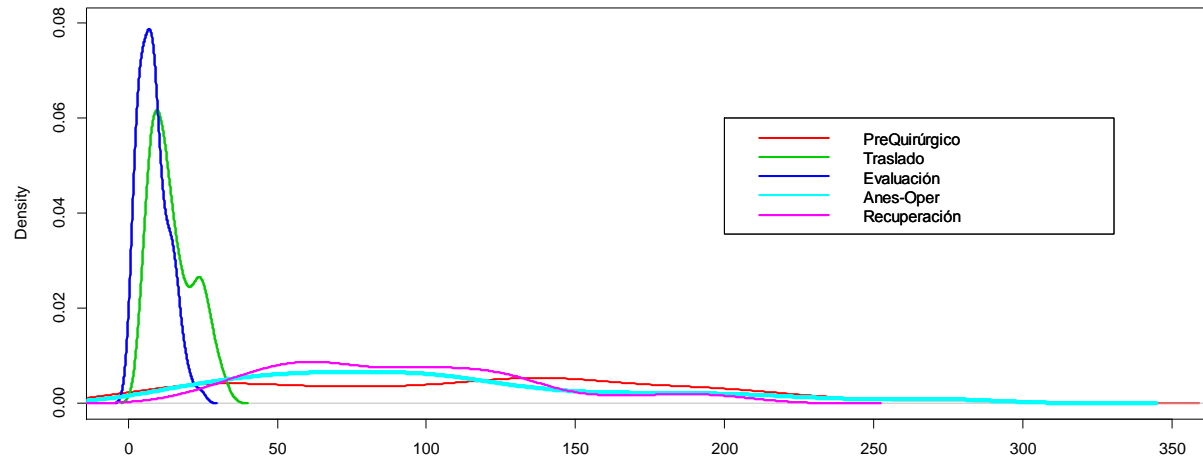
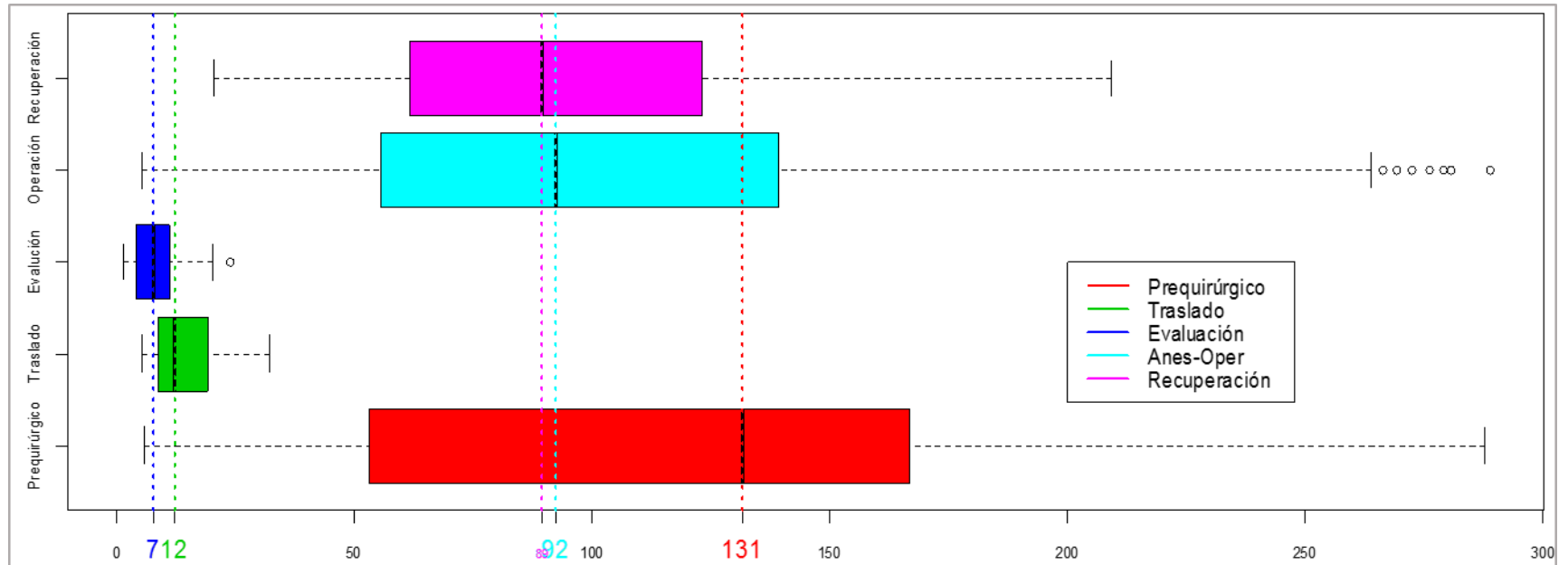


Ilustración 59 - BOXPLOT de las actividades de Pabellón.





Cabe destacar que la actividad *Prequirurgico*, la cual comprende desde que el paciente registra su asistencia, es un llamado a operarse. Existen casos en el que el paciente espera más de 120 minutos, debido a que los pacientes de la mañana son citados temprano a la misma hora. Mientras que la actividad de *Traslado*, que comprende desde que el paciente es llamado desde su unidad de origen (UCI<sup>15</sup>, Ambulatorio<sup>16</sup>) hasta que éste llegue a pabellón, tiene generalmente un lapso de tiempo menor de 35 minutos.

Para calcular el tiempo de estas actividades, se toma el supuesto de que las mismas son independientes del tipo de operación, el cual fue una recomendación de los gestores de pabellón. Es así que se plantea la siguiente Hipótesis (H1). La distribución de la duración real, entre cada tipo de Intervención Quirúrgica, es *diferente*, es decir que el tipo de intervención determina la duración de estas actividades. La siguiente tabla muestra evaluación de la hipótesis contrapuesta o nula (H0), a través de las pruebas no paramétricas para muestras independientes.

Tabla 3 - Resumen de contrastes de hipótesis para las actividades de pabellón.

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	N	Decisión
1	La distribución de <b>Llegada del paciente</b> es la misma entre las categorías de <b>TIPO_INTERVENCIÓN</b> .	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.367	94	Conserve la hipótesis nula.
2	La distribución de <b>TRASLADO</b> es la misma entre las categorías de <b>TIPO_INTERVENCIÓN</b> .	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.372	95	Conserve la hipótesis nula.
3	La distribución de <b>EVALUACION</b> es la misma entre las categorías de <b>TIPO_INTERVENCIÓN</b> .	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.308	103	Conserve la hipótesis nula.
4	La distribución de <b>INTERVENCIÓN Y ANESTESIA</b> es la misma entre las categorías de <b>TIPO_INTERVENCIÓN</b> .	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.013	181	Rechace la hipótesis nula.
5	La distribución de <b>RECUPERACION</b> es la misma entre las categorías de <b>TIPO_INTERVENCIÓN</b> .	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.277	119	Conserve la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es 0.05					

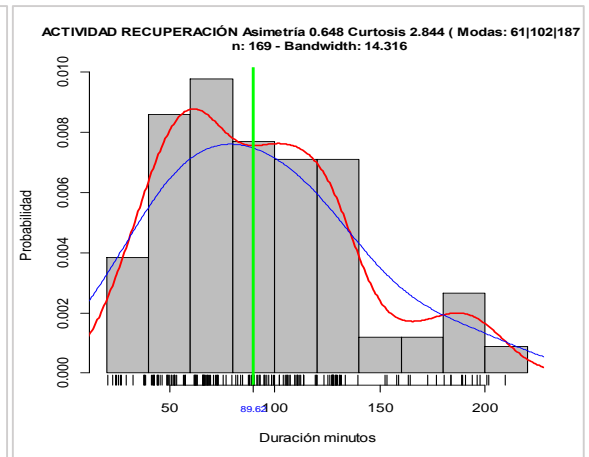
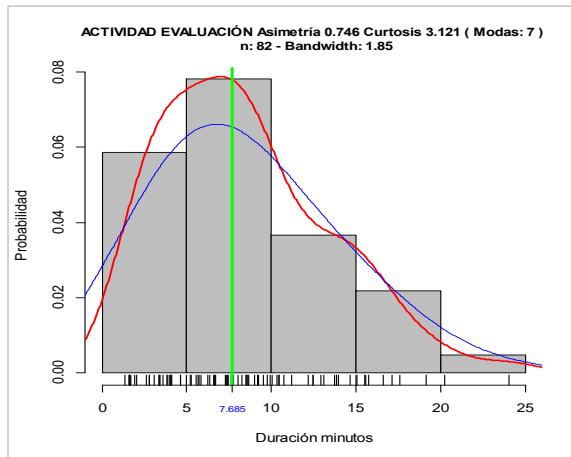
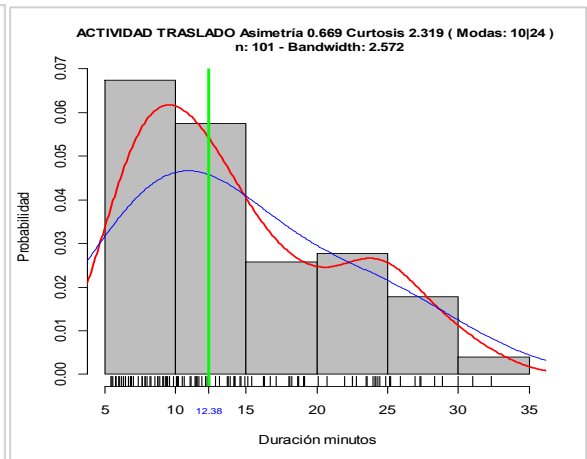
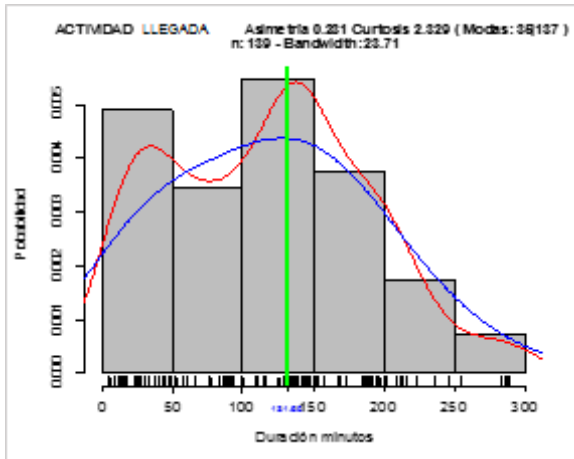
Como resultado, la Hipótesis Nula (H0) “*La distribución de las actividades es la misma entre las categorías de CODIGO INTERVENCIÓN FONASA*” es muy probable (aproximadamente 30%), por lo tanto, se rechazó la hipótesis (H1). Cabe destacar que este resultado en la **Actividad Operación**, el cual utiliza los registros del aplicativo **Monitor de Pabellón**, es semejante al resultado obtenido con el

<sup>15</sup> Unidad de Cuidados intensivos.

<sup>16</sup> Operaciones con pacientes que no son internados en el Hospital.

aplicativo **Protocolo Operatorio**. Ambos resultados concluyeron que la duración de la **Intervención Quirúrgica** depende del tipo de operación.

Es así que, para el cálculo de la duración de las actividades de este apartado, se dejó de utilizar la variable *Tipo de Intervención*, dado que éstas no dependen de ése. Las siguientes ilustraciones muestran el resultado de este cálculo. Como consecuencia, se utilizará el cálculo de la mediana de la duración de cada una de las actividades. Las siguientes ilustraciones muestran los detalles de cálculo.



Finalmente, la siguiente tabla muestra el resumen del cálculo de la duración de cada actividad, utilizando la mediana de los datos recolectados. Estos resultados fueron aceptados como válidos por los gestores de pabellón basado en su experiencia, a pesar de alta variabilidad.

Tabla 4 - Tabla resumen estadístico de las actividades de pabellón no dependientes del tipo de Operación.

	Números de registros		Media min	Desviación Estándar min	Mediana min	Mínimo min	Máximo min	Cef. Variación min
	Válido	Vacíos						
PREQUIRÚRGICO	143,00	396,00	130,11	109,38	132,00	6,02	838,13	84%
TRASLADO	141,00	398,00	46,43	70,47	18,08	5,47	485,78	152%
EVALUACIÓN	158,00	381,00	43,22	57,74	18,36	1,33	388,47	134%
RECUPERACIÓN	180,00	359,00	104,35	62,63	92,77	20,55	420,00	60%

Como acotación, si se desea calcular la duración de cada actividad es posible utilizar dos medidas de tendencia central: la media o la mediana. Sin embargo, cada una tiene características especiales que se deberán adaptar en cada escenario. La media o promedio es muy utilizada para realizar trabajos estadísticos. Sin embargo, es afectada por la dispersión de datos o outliers<sup>17</sup>. Por otro lado, la mediana es menos utilizada para trabajos estadísticos. Sin embargo, es menos sensible a las oscilaciones de los valores de la variable y outliers.

Además, este trabajo utilizó el 40% de los datos de los registros del octubre a diciembre del 2015, del aplicativo Monitor de Pabellón. Para superar esta característica se utilizó la limpieza de datos, basado en el proceso ETL<sup>18</sup>. Para corroborar estas duraciones se realizó un trabajo de campo que encontró los valores, mínimos y máximos para cada actividad, para generar un criterio de identificación de errores de medición o outliers.

Admitiendo que el trabajo de ETL es fiable, se concluye que las medianas de cada actividad, como medida de tendencia central, son confiables a pesar de los errores encontrados y la alta variabilidad.

<sup>17</sup>Outliers: Datos aislados o sobre dimensionados.

<sup>18</sup>Extract, Transform and Load.

## 6.2. Determinación de las operaciones condicionales.

La otra disyuntiva que los gestores de pabellón tratan de superar, es el cálculo de la cantidad de operaciones condicionales (Sobreventa). Como instancia, la siguiente tabla muestra la típica programación de las operaciones de un pabellón o sala quirúrgica. Ésta muestra, en forma horizontal, las operaciones con su duración estimada y un descanso en el medio.

Oper1	Oper2	Oper3	Almuerzo	Oper4	Oper5	Oper6	Oper7
120min	30min	30min		120min	45min	45min	30min

A partir de esta programación, los gestores de pabellón asignan operaciones condicionales (sobreventa) para cubrir el riesgo de perder el cupo de alguna de ellas. Debido a que no se conoce la probabilidad de suspensión de las operaciones, los gestores de pabellón asignan condicionales en función a la agrupación de las operaciones, para este caso mañana y tarde, con la esperanza de que la operación condicional cubra alguna de ellas. Como instancia, la siguiente tabla muestra los resultados de este procedimiento. En la tercera fila se resalta la sobreventa y su duración estimada.

Oper1	Oper2	Oper3	Almuerzo	Oper4	Oper5	Oper6	Oper7
120min	30min	30min		120min	45min	45min	30min
<b>Condicional1 30min</b>				<b>Condicional2 45min</b>			

La ventaja de esta forma de asignar sobreventa, radica en la falta de necesidad de asignar una operación condicional por cada uno, es decir sobrevender toda la capacidad. Por el contrario, esta sobreventa considera que la suma de las probabilidades de suspensión puede ser cubierta por esta condicional. Sin embargo, existen dos desventajas.

La primera, al no conocer la probabilidad de suspensión, existe el escenario que más de una operación se suspenda, por lo que se ha hecho común asignar más de una operación condicional por todo el grupo. Adicionalmente, las operaciones condicionales asignadas, siguen el criterio de seleccionar las más simples y rápidas

de atender, en vez de asignar alguna que tiene mayor prioridad médica o factibilidad operativa. Como ejemplo, la elección más recurrente es la operación tipo Fimosis<sup>19</sup>.

La segunda es que la operación condicional asignada no necesariamente puede cubrir el tiempo restante para una operación larga, porque se estima que tendría el mismo resultado que el cálculo de la duración de las operaciones basado en el juicio experto. Como consecuencia, esta estrategia puede no cubrir la cantidad de suspensiones y puede desaprovechar el tiempo posiblemente subutilizado por una operación condicional de menor duración.

Para superar esta disyuntiva, en [47] se propone mejorar el servicio por medio de alianzas con otros organismos, gestionados a través de un modelo para múltiples clínicas, y así optimizar el número de operaciones condicionales y maximizar los beneficios. Sin embargo, ese trabajo no propone un modelo para aprovechar los tiempos extras. Además, es fundamental tener en cuenta los costos de los pacientes condicionales y los costos-tiempos de traslado. A pesar de tener grandes ventajas las alianzas entre los hospitales para atender la sobreventa, estas labores, escapan del ámbito de este trabajo por su costo y se insta a nuevos trabajos a evaluarla.

Es así que los siguientes apartados presentan un modelo para mejorar la forma de programar las operaciones condicionales en el 2015. Se trabajará únicamente con los recursos disponibles del hospital. Para ello se pretende mejorar el cálculo de la cantidad de operaciones condicionales y aprovechar el tiempo remanente (Apartado 6.2.1).

Adicionalmente, se presenta una oportunidad de aprovechar el tiempo dejado por una operación que terminó antes de lo programado, se diseña la lógica para atenderla (Apartado 6.2.2). Sin embargo, es tan poco frecuente y sumado a que el principal motivo de suspensión es la falta de tiempo, esta propuesta solo es diseñada.

---

<sup>19</sup> Estrechez de la abertura del prepucio que impide descubrir el glande total o parcialmente, la cual se corrige con cirugía.

### 6.2.1. Mejora del cálculo de las suspensiones y la selección de las operaciones condicionales idóneas.

El modelo que se presenta es una mejora que consta de tres fases: identifica, busca y resuelve.

En primer lugar, una de las complejidades para los gestores de pabellón es identificar las operaciones propensas a suspenderse. Para ello es necesario determinar, por un lado, la probabilidad de suspensión y, por otro, el tiempo sobrante. Con respecto al primer punto, este trabajo encontró un método que puede superarlo. Éste se basa a la utilización de herramientas de Business Intelligence, que está asentada en el modelo KDD (Knowledge Discovery in Databases) [44], para generar un modelo descriptivo y predictivo de las suspensiones o postergaciones quirúrgicas. Se asume que se puede predecir las suspensiones de la misma manera que [45] y [46], en el que el primero desarrolló un modelo para predecir la probabilidad de quiebras bancarias algún tiempo antes de que sucedan, mientras que el segundo desarrolló un modelo de predicción de la deserción escolar. Con respecto al segundo punto, este trabajo procedió a aprovechar el tiempo de las operaciones suspendidas y que los gestores de pabellón determinaron en el momento de la programación.

Para lograr el cálculo de la probabilidad de suspensión, es necesario recabar información de variables socioeconómicas, culturales y médicas que puedan describir la probabilidad de suspensión. Por ejemplo, se sabe que los motivos de suspensión de los hospitales públicos y privados son diferentes entre sí. Mientras que la usencia del paciente se debe a motivos económicos, debido a que no hay un custodio por el paciente, en el sector privado se da por el desasosiego del paciente a la operación. Esto demuestra que cada tipo de hospital tiene una función de probabilidad de suspensión distinta. Otro ejemplo son las influencias de las estacionalidades en las operaciones suspendidas. En las temporadas de invierno la hospitalización por enfermedades respiratorias satura las unidades de hospitalización<sup>20</sup>, obligando a los hospitales a programar más operaciones ambulatorias para pacientes de otras especializadas que, quizás, necesiten esa

---

<sup>20</sup> Las unidades de hospitalización son ambientes destinadas para el cuidado, prevención y rehabilitación de la salud de los pacientes con enfermedades graves o de difícil manejo.

hospitalización. Como resultado, aumenta la probabilidad de suspensión de un paciente, debido a que los cuidados extra hospitalarios son diferentes en comparación de las unidades de hospitalización.

A pesar de los beneficios y la necesidad de conocer la probabilidad de suspensión, se propone trabajar, en un inicio, con el juicio de los gestores de pabellón, los cuales deberán identificar las operaciones propensas a suspenderse. Debido a la complejidad y los recursos necesarios que este modelamiento necesita, escapa del ámbito de este trabajo. Por ello se insta nuevos trabajos a la búsqueda de métodos para determinar esta probabilidad de suspensión.

Admitiendo que se pueda conocer la probabilidad de suspensión, a través de una función de probabilidad que los gestores, en función de su experiencia y capacidad, puedan determinar, la llamaremos  $PS_j$ . Luego se procede a calcular la cantidad de operaciones condicionales (Sobreventa). Ésta depende de la cantidad de operaciones quirúrgicas suspendidas, la cual es una variable aleatoria discreta. A partir de esta característica se procedió a calcular la esperanza matemática o valor esperado. Ésta es igual a la suma de la probabilidad de cada posible suceso aleatorio multiplicado por el valor de dicho suceso.

$$E[x] = x_1 \cdot PS_1 + x_2 \cdot PS_2 + x_3 \cdot PS_3 + \dots + x_n \cdot PS_{(X=x_n)} = \sum_{i=1}^n x_i \cdot PS_{(x_i)}$$

Por ejemplo, supóngase que la probabilidad de suspensión de cada operación es el 50%. Y se pretende calcular la cantidad esperada de suspensiones para la mañana y la tarde.

Oper1	Oper2	Oper3	Almuerzo	Oper4	Oper5	Oper6	Oper7
120min	30min	30min		120min	45min	45min	30min
50%	50%	50%		50%	50%	50%	50%

Basado en la formula  $E[x]$  el valor esperado de la mañana es 1.5 suspensiones y en la tarde 2 suspensiones. Pero, si la probabilidad de cada una de ellas es 10% de suspenderse, el valor esperado de la mañana es 0.3 suspensiones y en la tarde 0.4 suspensiones.

Subsecuentemente, es ineludible determinar el orden de selección. En el ejemplo anterior, es necesario cubrir dos operaciones. La primera deberá ser una operación de 120min y la segunda operación de 30min. El orden de esta selección

está en función al costo de éstas, la cual es directamente proporcional a su duración. Es decir, mientras más dura más costosa.

En segundo lugar, se busca los tipos de operaciones condicionales idóneas para la operación. Para ello se procedió a calcular la similitud de la duración  $p_1$  entre la operación suspendida y los demás tipos. Posteriormente, se calculó la frecuencia  $n$ , la asimetría  $p_2$  y curtosis  $p_3$  de los prospectos a remplazante, buscando operaciones con asimetría negativa y leptocúrtica. Se sumó los factores independientes normalizados y se multiplicó los factores relacionados. Como lo muestra la siguiente ecuación.

$$RankAlt_j = K \cdot p_1 + N(n_j) + N(A_2) \cdot N(C_3)$$

(Ver Anexo 4)

$m \approx$  Tipo de operación del paciente  $i$ .

$j \approx$  Tipos de operaciones registradas.

$\bar{a} =$  Tiempos de registrados de  $m$ .

$\bar{b} =$  Tiempos de registrados de  $j$ .

$p_1 =$  **MannWhitney**.test( $\bar{a}, \bar{b}$ ), contraste de equivalencia en su posición entre  $\bar{a}$  y  $\bar{b}$ .

$A_2 =$  **Asimetría**.test( $\bar{b}$ ), distribución de los datos izquierda o derecha.

$C_3 =$  **Curtosis**.test( $\bar{b}$ ) Medición de agrupamiento en torno a un punto central.

$n =$  número de registros de  $j$ .

$K$  constante de ajuste.

$$N(x)Normal[0,1] == \frac{(\bar{x} - \min(\bar{x}))}{(\max(\bar{x}) - \min(\bar{x}))}; \bar{x} = \text{Vector.}$$

Esta ecuación refleja las características deseadas para un prospecto por cuatro razones. Primero, al tener una asimetría alta y la distribución de probabilidad positiva, esta operación tiende a durar menos tiempo. Segundo, al tener una curtosis alta, los datos se agrupan en torno a un punto central. En tercer lugar, al tener muchas muestras “n”, las inferencias a partir de estos deberán ser más fiables. Finalmente, si el nivel de equivalencia es alto, el prospecto tiene similitud en duración al remplazado. La normalización es aplicada para eludir los valores negativos. Además, se ejecutó un modelo de descarte de outliers, conocido como Tukey, con la finalidad de tener resultados más estables.

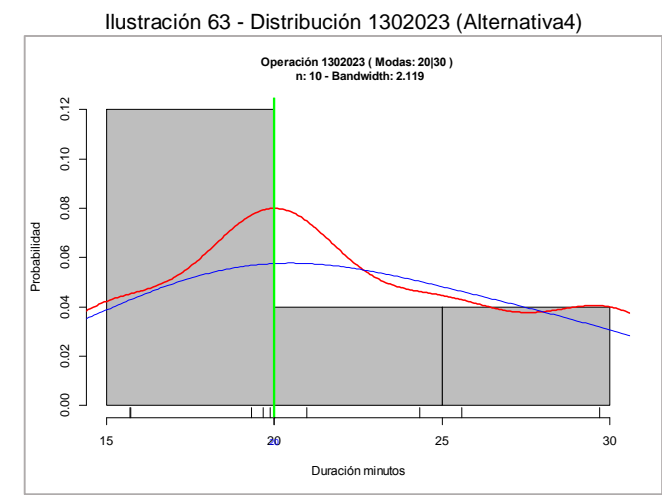
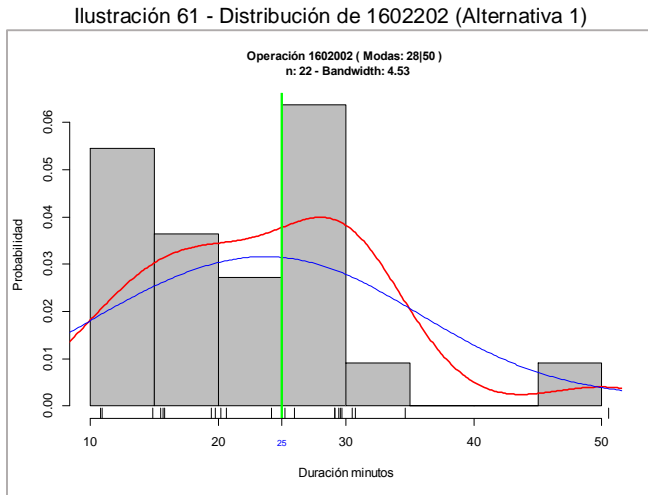
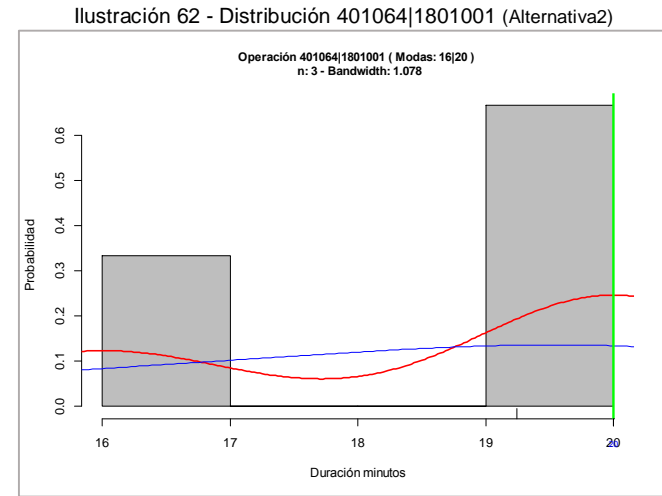
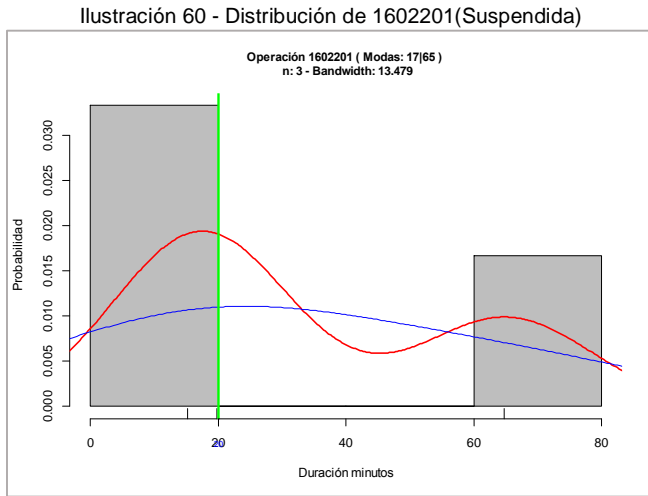


Para ejemplificar lo anterior, este ejercicio busca un tipo de operación condicional para reemplazar una operación que tiene un 60% de suspenderse, el cual es del Tipo 1602201 (*Biopsia de piel y/o mucosa por curetaje o sección tangencial c/s electro x 1 lesión*). Se utiliza la fusión anterior  $RankAlt_j$ , la cual permite generar la siguiente tabla que muestra los valores de cada factor normalizado y el resultado del cálculo.

Tabla 5 - Ranking de las Mejores tipos de operaciones alternativas para 1602201

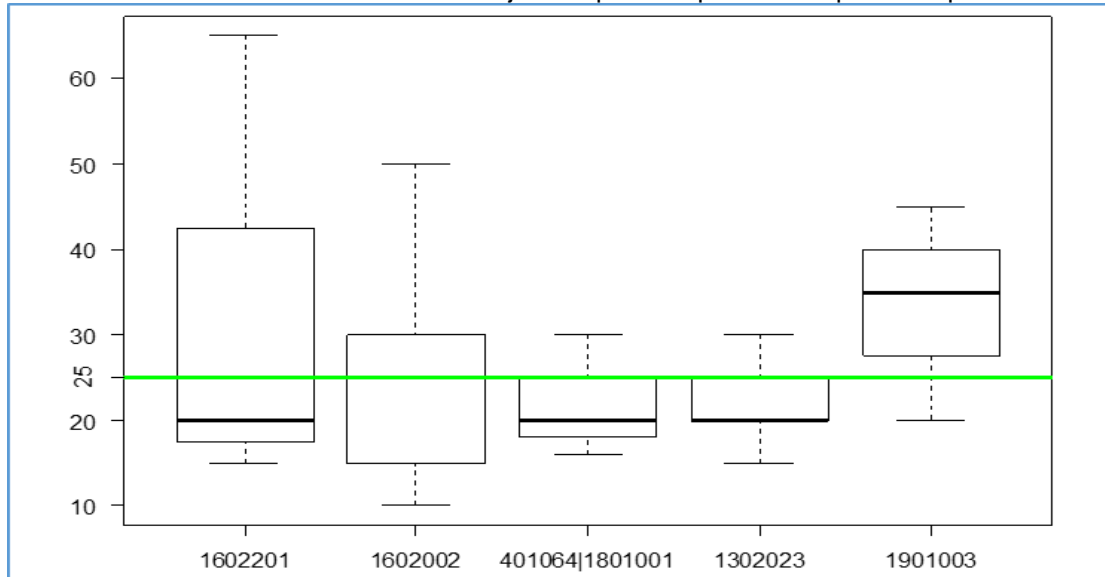
<b>RANKING</b>	<b>Tipo Operación j</b>	<b>Mann Whitney*(K=2)</b>	<b>N(n)</b>	<b>N(simetría)</b>	<b>N(curtosis)</b>	<b><math>RankAlt_i(x)</math></b>
1	1602002	1.00*2	0.07	0.59	0.77	<u>2.52</u>
2	401064 1801001	1.00*2	0.01	0.63	0.31	<u>2.21</u>
3	1302023	1.00*2	0.03	0.37	0.21	<u>2.11</u>
4	1602014	0.86*2	0.18	0.40	0.36	<u>2.04</u>

Las siguientes ilustraciones muestran los histogramas, distribuciones de densidad, de la operación a remplazarse y cada uno de los posibles prospectos. Las líneas verticales en color verde son las medianas y las líneas en color azul y roja son las funciones de densidad para un Bandwidth  $x_1$  y  $x_2$ .



En el siguiente gráfico se compara la distribución de la operación deseada y las operaciones en el ranking 1, 2, 3 y 20, respectivamente, donde la línea verde es la mediana de la operación de mejor alternativa.

Ilustración 64 - BOXPLOT de las mejores Tipos de operaciones para el Tipo 1602201.



Como resultado se prefiere el tipo 1602002 (*extirpación quiste paramental. Biopsia Excisional*).

Existen tres motivos para afirmar que este modelo sea el más idóneo. La primera es que la función de distribución, que este trabajo propone, se reajusta y mejora conforme a la adición de nuevos ejemplos y empieza a confluir en datos más estables. La segunda es que la función busca un tipo de operación semejante a la distribución de la operación a reemplazar. En el gráfico 64 se observa la mediana de cada tipo operación sustituta. Está es muy cercana a la media de la operación a reemplazarse. La tercera, el ahorro de tiempo para el análisis de estos datos, debido a que el modelo planteado acoge todos los valores deseados en un solo resultado  $RankAlt_j$ , el cual nos permite jerarquizar rápidamente los tipos de operaciones.


Finalmente, es necesario resolver la operación de la lista de espera para reemplazar una operación suspendida. Para ello es necesario calcular la prioridad médica que se obtiene de la siguiente ecuación:

$$P_i = \alpha_i t$$

En el trabajo [13] se precisa que  $\alpha_i$  es el “coeficiente de urgencia” del paciente  $i$  y  $t$  tiempo transcurrido de espera del paciente en días. El coeficiente de urgencia es calculado en el momento que el paciente ingresa a la lista. Este coeficiente precisa el nivel de pacto en la salud del paciente si este espera un determinado tiempo. Depende de la categoría del paciente si se mantiene constante en el tiempo, a menos que el estado del paciente mejore o empeore y, en este caso, la urgencia deba volver a evaluarse. Como resultado, conforme pasa el tiempo cada paciente de la lista de espera empieza a acelerar su prioridad.

La siguiente imagen muestra una tabla operatoria y se resalta el nivel de prioridad médica que el hospital asigna a cada paciente. Mientras más alto sea el número, mayor prioridad tiene. En este caso, la mayor prioridad es #136.

Ilustración 65 - Tabla Quirúrgica del 01-02-2016 del HEGC.

 <b>Hospital de Niños Dr. Exequiel González Cortés</b> Tabla Quirúrgica Lunes 2016-02-01	
Impresa el 2016-01-29 17:00:41 por [cortia]@hcg.uy	
<b>RO: DELIA ROSO (Alt #136)</b> 09a 05m 29d (08:00-10:15) <b>Ficha:</b> 0717727 <b>RUT:</b> 22170799-0 <b>Hospitalización:</b> UPC	
UROLOGIA / Estrechez uretral consecutiva a procedimientos / Plastia de uretra o trat. de fistulas residuales	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruid , Fátimato (Cirujano)</li> <li>• Luis , Nil y (Ayudante)</li> <li>• R. S. (Anestesiista)</li> <li>• R. S. (Ayudante)</li> </ul>	
<b>Observaciones:</b> pte con MAR RU, evolución con estenosis uretral, se requiere cistofix, cistoscopio, ALERGIA A LÁTEX Patologías concomitantes incluyen: Alergia al látex.	
<b>DIARA GRERA:LO OPL #57</b> 09a 05m 0d (10:25-11:10) <b>Ficha:</b> 811007 <b>RUT:</b> 22204148-1 <b>Hospitalización:</b> Segunda Infancia	
UROLOGIA / Dialisis Peritoneal No Aguda (IRT) / Retiro de Cateter de PD	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruid , Filancoco (Ayudante)</li> <li>• Ruidob , Jilige (Anestesiista)</li> <li>• Ruidob , Jilige (Cirujano)</li> </ul>	
<b>MATROAR PAJA P. AZ (#10)</b> 00a 05m 15d (11:20-11:50) <b>Ficha:</b> 0810372 <b>RUT:</b> 25072913-8 <b>Hospitalización:</b> Ambulatorio	
UROLOGIA / Obstrucción Pieloureteral (OPU) [DSPC izquierdo, OP Uretero-uretero anastomosis] / Retiro Pig-Tail	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruid , Fátimato (Ayudante)</li> <li>• Ruidob , Jilige (Anestesiista)</li> <li>• Ruidob , Jilige (Cirujano)</li> </ul>	
<b>Observaciones:</b> DSPC izquierdo, OP Uretero-uretero anastomosis	

A la prioridad médica  $P_i$ , se le suma el puntaje de la mejor alternativa  $RankAlt_j$ , el cual está multiplicado por una constante, obteniéndose la siguiente ecuación:

$$Con_i = N(P_i) + K \cdot RankAlt_j ;$$

i = Paciente u operación;

j = Tipo de Operación de i

k = Constante

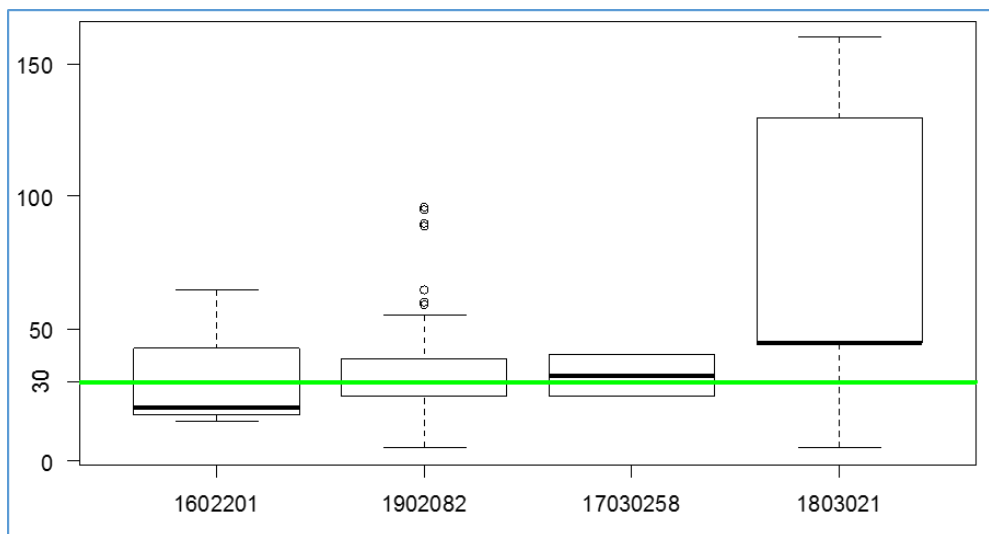
Donde k es una constante de ajuste que brinda contrapeso de cuál criterio es más importante ( $P_i$  vs  $RankAlt_j$ ). A partir de esta ecuación se adiciona el criterio de Factibilidad Operativa ( $RankAlt_j$ ) y prioridad médica  $P_i$ , la cual es un criterio menos simple, sin embargo más idóneo.

La siguiente tabla es un ejemplo de una lista de espera, donde la operación de la posición 10 es la mejor candidata a remplazar una operación suspendida.

Tabla 6- Ranking de las Mejores tipos de operaciones alternativas para 1602201.

Paciente (i)	TIPO	$P_i$	$N(P_i)$	$RankAlt_j * K=1$	$Con_i$
10	1902082	57	0.104	2.380	<b><u>2.484</u></b>
15	17030258	434	0.818	1.600	<b><u>2.418</u></b>
28	1803021	241	0.453	1.910	<b><u>2.363</u></b>
9	1502058	190	0.356	1.600	<b><u>1.956</u></b>
4	19020645	285	0.536	1.370	<b><u>1.906</u></b>

Ilustración 66 - BOXPLOT de Tipo de Operación a Suspenderse y sus operaciones alternativas.



En definitiva, existen tres motivos para afirmar que el resultado final de este modelo es el más idóneo. El primero, que considera la condicionalidad o factibilidad operativa. El segundo es que considera la prioridad médica, la cual está dada en función de tiempo de espera y la gravedad. El tercero, que brinda información útil, relevante, que reduce el margen de error para que los gestores de pabellón tomen una decisión final más

acertada. Sin embargo, existe una desventaja muy relevante. No se considera los costos asociados a los pacientes condicionales. Por ejemplo, es conveniente programar pacientes condicionales cuya cercanía con el hospital es corta, ya que los costos de movilización son relativamente bajos. Por esto, queda como trabajo pendiente adicionar esta variable de costo.

6.2.2. Mejora del aprovechamiento del tiempo remanente cuando las operaciones duran menos de lo planificado. Y la selección de las operaciones condicionales.

El modelo que se presenta es una mejora que consta de tres fases: identifica, busca y resuelve. Finalmente, se evalúa la factibilidad de su aplicación en el HEGC.

6.2.2.1. Identificar operaciones.

En primer lugar, una oportunidad de mejora es la identificación de las operaciones propensas a durar menos tiempo de lo planificado. Se propone dos enfoques.

El primer enfoque es para operaciones de larga duración, por lo general mayores a 60min, con la esperanza de aprovechar el tiempo remanente de una operación de larga duración. El segundo enfoque busca el tiempo remanente de la agrupación de operaciones de corta y mediana duración, con la esperanza que la suma de los tiempos remanentes, alrededor de 10min por cada una, sea aprovechable. Es decir, el primero tiene un enfoque individual y el segundo un enfoque grupal.

Con respecto al primer punto, este trabajo utiliza la distribución de probabilidad de la duración de las operaciones, buscando distribuciones asimétricas positiva y leptocúrtica, es decir seleccionar operaciones propensas a durar menos tiempo y la frecuencia de ejemplos alta. A diferencia de las operaciones suspendidas que dependen de factores externos, el adelanto o retraso del fin de la operación depende de la propia praxis médica o las características del diagnóstico. Por ejemplo, existen operaciones exploratorias que, en caso de no detectar una anomalía, ésta puede durar 15min. En caso contrario, 45min.

Como resultado se tiene la función de probabilidad de acortase  $PA_i$  con dos resultados categóricos. El número “1” son los que consideramos de interés, por el contrario es el número “0”.

$$PA_i = 0 ; \{p_1 \leq 0 | p_2 \leq 0\} \quad PA_i = 1 ; \{p_1 > 0 | p_2 > 0\}$$

$m \approx$  Tipo de operación del paciente  $i$ .

$\bar{a}$  = Tiempos de registrados de  $m$ .

$p_1$  = **Asimetría**.test( $\bar{a}$ ).

$p_2$  = **Curtosis**.test( $\bar{a}$ ).

Si  $p_1$  es mayor a 0 significa que esta asimétrica es positiva, y si  $p_2$  es mayor a 0, significa que esta es leptocúrtica, es decir con gran cantidad de ejemplos concentrados en un valor. Luego se multiplica con los valores normalizados de Asimetría y Curtosis, obteniéndose la siguiente ecuación.

$$\mathbf{RankAlt}_j = \mathbf{K} \cdot PA * (N(p_1) \cdot N(p_2)) \quad (\text{Ver Anexo 5})$$

$m \approx$  Tipo de operación del paciente  $i$ .

$\bar{a}$  = Tiempos de registrados de  $m$

$p_1$  = **Asimetría**.test( $\bar{a}$ ).

$p_2$  = **Curtosis**.test( $\bar{a}$ ).

$$N(x) \text{Normal}[0,1] == \frac{(\bar{x} - \min(\bar{x}))}{(\max(\bar{x}) - \min(\bar{x}))}; \bar{x} = \text{Vector.}$$

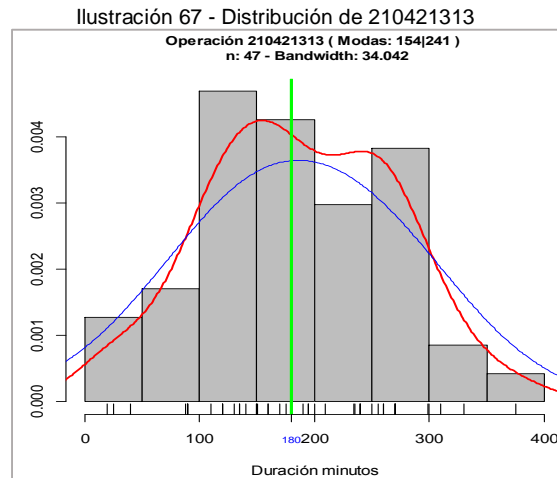
De manera subsecuente, se calculó el tiempo remanente de las operaciones basado en el comportamiento multimodal. Debido que este tipo de operaciones tiene una distribución de probabilidad multimodal para su duración, se utilizó la diferencia entre la mediana y la moda estadística<sup>21</sup> inferior a ésta.

Para calcular las modas estadísticas de una distribución, primero se parte del cálculo de la densidad de la distribución, basado en el método Kernel normal o Gaussiano. Posteriormente, se utiliza un algoritmo que identifica las modas del set de datos generados (Ver Anexo 2).

---

<sup>21</sup> Moda estadística es el valor con una mayor frecuencia en una distribución de datos.

Por ejemplo, en la siguiente ilustración, el cálculo del tiempo utiliza la diferencia absoluta entre mediana de los datos (180 minutos) y la moda estadística (154 y 241 minutos) mayor a ésta. La línea roja y azul son dos tipos de función densidad, la línea verde es la mediana.



de

$$\mathbf{T\grave{a}mpoRestante} = \text{mediana} - \text{modalInferior}.$$

$$\mathbf{T\grave{a}mpoRestante} = 180 - 164 = 16 \text{ min} .$$

Existen tres motivos para afirmar que este modelo es el más idóneo. La primera es que solo se selecciona operaciones que cumplen con la condición de acortarse. La segunda, que es conservadora. Por la razón que el límite superior es la mediana, la cual debería ser el tiempo esperado. La tercera es la ventaja de que este límite o tiempo asignado se puede cambiar por el tiempo que los expertos consideren conveniente. Si el tiempo asignado es inferior a la mediana, el resultado será la diferencia entre la mediana y este nuevo tiempo.

Sin embargo, existe una desventaja, puesto que solo se preocupa de un solo tipo de operaciones, aquellas de larga duración, y no considera el tiempo que le podría quitar una operación anterior que se atrasa.

En este segundo enfoque se calcula el tiempo sobrante o faltante de cada una y la probabilidad de ésta, la cual es una variable aleatoria continua. Con la finalidad de conocer el tiempo sobrando o faltante acumulado de un grupo de operaciones. A partir de esta característica se procedió a calcular esta esperanza matemática o valor esperado, y se calcula mediante la integral de todos los valores y la función de densidad de cada operación.

$$E[x] = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)d(x) \text{ donde } f(x) \text{ función de densidad de probabilidad.}$$

Por ejemplo, la siguiente tabla es un ejemplo en la que se desea obtener el tiempo sobrante o faltante de cada operación que tiene una distribución de



probabilidad  $f(x)$ , donde  $(x)$  es la duración, para luego determinar si en conjunto permite detectar la falta o sobra de tiempo

Oper1	Oper2	Oper3	Almuerzo	Oper4	Oper5	Oper6	Oper7
120min	30min	30min		120min	45min	45min	30min
$\int_{-\infty}^{\infty} xf(x)d(x)$	$\int_{-\infty}^{\infty} xf(x)d(x)$	$\int_{-\infty}^{\infty} xf(x)d(x)$		$\int_{-\infty}^{\infty} xf(x)d(x)$	$\int_{-\infty}^{\infty} xf(x)d(x)$	$\int_{-\infty}^{\infty} xf(x)d(x)$	$\int_{-\infty}^{\infty} xf(x)d(x)$

Como resultado del cálculo de esta función el valor esperado, es un tiempo positivo cuando sobra tiempo o negativo cuando falta (Escenario común).

Existen ventajas de considerar el cálculo del tiempo en conjunto, debido a que se puede se puede detectar en un futuro el problema de falta de tiempo. Este nuevo indicador podría ser útil en procesos productivos con menos variabilidad en la duración de sus actividades y desean detectar esta falta o sobra de tiempo.

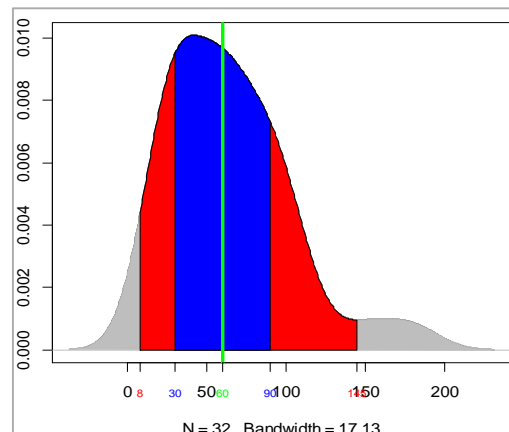
#### 6.2.2.2. Buscar tipos de operaciones condicionales.

En segundo lugar, admitiendo que se pudiera conocer el tiempo restante, se procedió a buscar las operaciones que pueden aprovechar ese lapso de tiempo.

Para determinar si un prospecto es un candidato factible, se eligen operaciones que no excedan en su duración más tiempo que el que disponen. Para ello se encontró tres maneras de determinar el límite superior. La primera es la mediana, la segunda el 3er intercuartil y la tercera el intervalo de confianza al 95%.

La siguiente ilustración muestra un ejemplo de un prospecto. La distribución del tipo de operación 1502020 “Colgajos Simples Dos o Más”. El área azul muestra el intervalo entre el 1er Cuartil 30min y 3er Cuartil 90min. Mientras que el área azul mas el área roja muestra el intervalo de confianza al 90%.

Ilustración 68 -  
Distribución de 1502020



Se determinó que el 3er intercuartil es idóneo como límite de tiempo por tres motivos. La primera razón se basa en la forma del cálculo, la cual utiliza los datos reales, a diferencia de la tercera opción, que utiliza los datos generados a través del método Kernel. La segunda razón se basa en la posibilidad de encontrar más operaciones que cumplan esta condición, a diferencia que la tercera opción. La tercera es que tiene menos riesgo a que la operación se extienda, a diferencia con la primera opción (mediana)

Por otro lado, para superar el riesgo de que esta nueva elección se extienda más tiempo del disponible, se prefirió operaciones con una distribución asimétrica positiva y leptocúrtica. Como resultado tenemos la siguiente ecuación.

$$RankAlt_j(t) = SE_j * N(p1_j).N(p2_j) + k(1 - N(err_j(t)))$$

$j \approx$  Tipos de operaciones registradas

$\bar{a}$  = Tiempos de registrados de m.

$p1_j$  = Asimetría.test( $\bar{a}$ ),

$p2_j$  = Curtosis.test( $\bar{a}$ )

k constante de ajuste

$SE_j(x); \in [0,1]$

$SE_j = 1 ; \{p1_m > 0 | p2_m > 0 | me_m < t\}$

$SE_j = 0 ; \{p1_m \leq 0 | p2_m \leq 0 | me_m \geq t\}$

$me_j$  = mediana( $\bar{a}$ )

$N(x) = \frac{(\bar{x} - \min(\bar{x}))}{(\max(\bar{x}) - \min(\bar{x}))}$  ;  $\bar{x}$  = Vector [n, 1]; n=filas  $\in [0,1]$

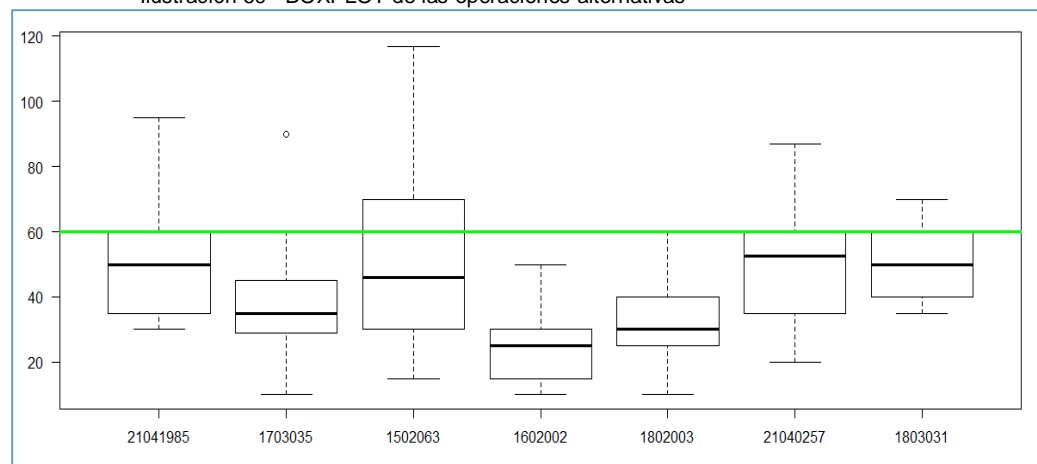
$err_j(t) = \frac{|Q3_m - t|}{t}$  ; Razón de error entre el 3er cuartil y t es el tiempo restante.

La función  $SE_j$  selecciona a las operaciones con asimetría positiva y leptocúrtica, mientras que  $p_1$  y  $p_2$  nos permite jerarquizarlas. La función  $err_j(t)$  nos permite determinar qué tipos de operaciones están más alejados del tiempo necesitado. Finalmente, la constante  $k$  y  $err_j(t)$  nos permite brindar mayor prioridad a los tipos de operaciones que no se distancien del tiempo deseado.

La siguiente tabla e ilustración muestra un ejemplo de los tipos de operaciones que puedan ocupar un tiempo restante de 60 minutos.

PUESTO	TIPO	n	Q3	MEDIANA	ASIMETRIA	CURTOSIS	SE	error	Rank K=4
1	21041985	13	60	50	1.112	4.044	1	0.000	<u>4.828</u>
2	1703035	17	45	35	1.179	4.525	1	0.047	<u>4.588</u>
3	1502063	26	67.5	46	0.596	3.003	1	0.023	<u>4.494</u>
4	1602002	22	30	25	0.674	3.807	1	0.093	<u>4.295</u>
5	1802003	134	40	30	0.703	2.905	1	0.062	<u>4.234</u>
6	21040257	18	60	52.5	0.286	2.373	0	0.000	<u>4.201</u>
7	1803031	6	60	50	0.155	1.379	0	0.000	<u>4.000</u>

Ilustración 69 - BOXPLOT de las operaciones alternativas



### 6.2.2.3. Resolver operaciones de la lista de espera.

Finalmente, es necesario resolver con una operación de la lista de espera más idónea para aprovechar una operación suspendida. En este punto se puede utilizar la ecuación  $Con_i$  la mejor alternativa condicional elegida de la tabla operatoria, función que es descrita al final en el apartado anterior 6.2.1.

A pesar de las ventajas del modelo descrito durante este apartado (6.2.2), se puede afirmar que no es aplicable a los tipos de operaciones del HEGC. Las siguientes tablas muestran dos grupos de tipos de operaciones separados por el número de registros, tuplas o ejemplos (N). La primera muestra las 10 primeras operaciones ordenadas por la última columna, que es el tiempo que posiblemente sobra. La moda estadística, mediana y tiempo restante (T.REST) está expresado en minutos.

	TPO	N	ASIMETRIA	CURTOSIS	MODA_IZQ	MEDIANA	MODA_DER	RANK	T.REST
1	1502020	32	1.10	4.23	42	60	163	0.88	18
2	1502064	76	0.77	2.77	26	37.5	58	0.40	11.5
3	1602019	62	0.08	2.87	20	30	-	0.23	10
4	1902082	301	0.25	2.96	21	30	40	0.29	9
5	1602014	55	0.16	2.33	18	25	28	0.18	7
6	21040934	38	0.47	2.25	20	25	-	0.23	5
7	1502021	51	0.32	2.60	30	35	50.5	0.25	5
8	1502065	41	0.71	2.54	37	40	-	0.33	3
9	1502007	34	0.68	2.84	45	47.5	85	0.39	2.5
10	21060035	48	0.70	2.61	28	30	59	0.34	2

	TPO	N	ASIMETRIA	CURTOSIS	MODA_IZQ	MEDIAN	MODA_DER	RANK	T.REST
1	1502056	4	0.11	1.15	95	135	185	0.02	40
2	1502028 1302052	4	0.24	1.36	157	195	-	0.05	38
3	15020574	4	0.08	1.94	33	65	103	0.11	32
4	21041686	3	0.61	1.50	70	100	357	0.10	30
5	1802073	7	0.34	1.67	123	150	-	0.11	27
6	2701010	4	0.17	1.27	63	90	123	0.04	27
7	19020437	6	0.15	1.83	87	112.5	132	0.11	25.5
8	21040237	4	0.19	1.30	68	92.5	121	0.04	24.5
9	1502001	4	0.27	1.40	46	70	-	0.06	24
10	1502016	29	0.23	1.82	73	95	-	0.12	22

Cabe destacar, en la última columna, el tiempo sobra del grupo de tipos de operaciones con más registros no excede los 20 minutos. En tanto, para el segundo grupo el mínimo de tiempo sobra es de 22 minutos. De manera preliminar se puede afirmar que, cuando hay más registros, la probabilidad de que a las operaciones les sobre tiempo se reduce. Este escenario se puede explicar con el autoaprendizaje que los cirujanos puedan obtener conforme a la repetición de las operaciones. Es así que por la falta de tipos de operaciones que tenga una

cantidad confiable de registros y un tiempo significativo mayor a 30 minutos, tiempo mínimo recomendado por los gestores de pabellón para una operación quirúrgica, el aprovechamiento del tiempo sobrante queda descartado.

### 6.3. Aspectos centrales del capítulo.

La lógica de negocio apoya las oportunidades de mejora identificadas en capítulos 4,5,6. Se encontraron complejidades y disyuntivas relacionadas con el cálculo del tiempo de operaciones y condicionales. Para superar esas disyuntivas se partió con identificar las actividades relevantes donde interactúa el paciente. Se encontró un aplicativo en funcionamiento y se implementó un nuevo llamado “Monitor de Pabellón”.

Con la información recabada, se utilizaron modelos de regresión, como árboles de decisión, modelado lineal automático, perceptrón multicapa, y se los comparó con modelos de inferencia estadística, determinándose que la mediana como el método más estable para el cálculo de la duración de los servicios.

Paralelamente, se generó un modelo para gestionar la sobreventa compuesto por dos escenarios. El primero busca suplir las suspensiones y el segundo busca aprovechar el tiempo sobrante. Se descartó el segundo porque no es aplicable a las operaciones del HEGC. Tanto para el primer escenario como el segundo, se dividen en tres fases. La primera fase identifica qué tipo de operaciones son propensas a suspenderse o dejar un tiempo restante. La segunda fase busca y lista ordenadamente los tipos de operaciones alternativas a éstas. Finalmente, la tercera fase resuelve las operaciones condicionales sacadas de la lista de espera.

## 7. DISEÑO DE LA APLICACIÓN DE APOYO Y EVALUACIÓN DEL PILOTO

Este capítulo presenta el diseño de las aplicaciones que brindaron soporte a rediseño de la Arquitectura de Procesos, e implementaron sus objetivos y su lógica de Negocio. Se presentan las características de este aplicativo, la implementación del piloto y sus resultados.

El diseño de la solución plantea la necesidad de tres soluciones TI: El primero Monitorear Actividad de Pabellón, el segundo aplicativo Analizar y determinar patrones en Operaciones, y el tercero presenta los resultados para la Toma de medidas Preventivas. Paralelamente, el rediseño de la arquitectura de procesos planteó los procesos de Monitoreo de Ejecución, Analizar performance de Operaciones Quirúrgicas y Determinar acciones de control. Posteriormente, se diseñó la lógica de negocio, determinó la mediana como mejor alternativa para el cálculo tiempo. Posteriormente, fue necesario identificar las operaciones propensas a tener disfuncionalidades, como suspensiones, para luego resolver las operaciones condicionales.

La siguiente tabla muestra el Framework que integra los capítulos 5, 6 y 7 de este trabajo y muestra su relación.

CAPÍTULO 5		CAPÍTULO 6		CAPÍTULO 7
DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	REDISEÑO DE LA ARQUITECTURA DE PROCESOS		LÓGICA DE NEGOCIO	DISEÑO DE LA APLICACIÓN DE APOYO
Monitorear Actividad de Pabellón	Monitoreo de Ejecución		-	Web Application BIMO <b>B</b> usiness <b>I</b> nterface <b>M</b> onitoring
Analizar y determinar patrones en Operaciones	Analizar performance de Operaciones Quirúrgicas		Calculo de la Mediana e Intervalo de Confianza	Herramienta, R-Statistical
			Identificación de operaciones disfuncionales	
Tomar de medidas Preventivas.	Determinar acciones de control		Asignar la Duración a la Operaciones y Determinar Operaciones Condicionales	
	Planificación de Pabellón	Consolidar Tabla		Analizar tabla. Posibles cambios en la aplicación de Tabla Operatoria y Lista de Espera

Cabe resaltar de la tabla anterior, en la última columna, se presenta los Diseños de las Aplicaciones de Apoyo, se planteó un Desarrollo de una Aplicación Web para la recolección de información. Posteriormente, a través de la Herramienta de software R-Statistical, se implementan las principales características de lógica de negocio (*Calculo de la Mediana e Identificación de operaciones disfuncionalidades*), las cuales están contenidas en el proceso *Analizar performance de Operaciones Quirúrgicas*. Finalmente, la lógica de negocio *Asignar la Duración a las Operaciones y Determinar Operaciones Condicionales*, son implementadas partiendo de los resultados obtenidos del aplicativo R-Statistical. Finalmente, se realiza un desarrollo Analizar Tabla, posteriormente se espera promover cambios en los aplicativos ya instalados (Lista de espera y Tabla operatoria), con el objetivo de adicionar los indicadores y acciones de control.

Basados en la tabla anterior, los siguientes apartados diseñarán la arquitectura de sistemas usando diagramas UML: casos de uso, diagramas de secuencia y diagramas de clases. Estos serán desarrollos para los dos escenarios *BIMO* y *Analizar Tabla*. Finalmente, se presentará la captura de pantallas del funcionamiento del aplicativo y su desempeño como proyecto piloto.

### 7.1. Diagramas UML.

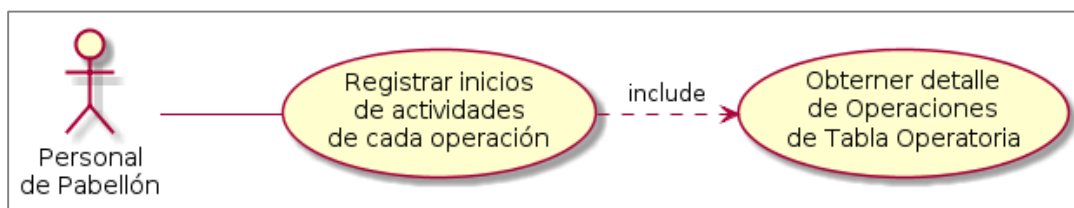
Los siguientes diagramas presentan los requerimientos tecnológicos para solicitar un desarrollo orientado a objetos. El aplicativo BIMO fue desarrollado siguiendo el modelo de desarrollo Modelo-Vista-Controlador(MVC).

#### 7.1.1. Web Application BIMO Business Interface Monitoring.

Los diagramas a continuación describen el primer escenario.

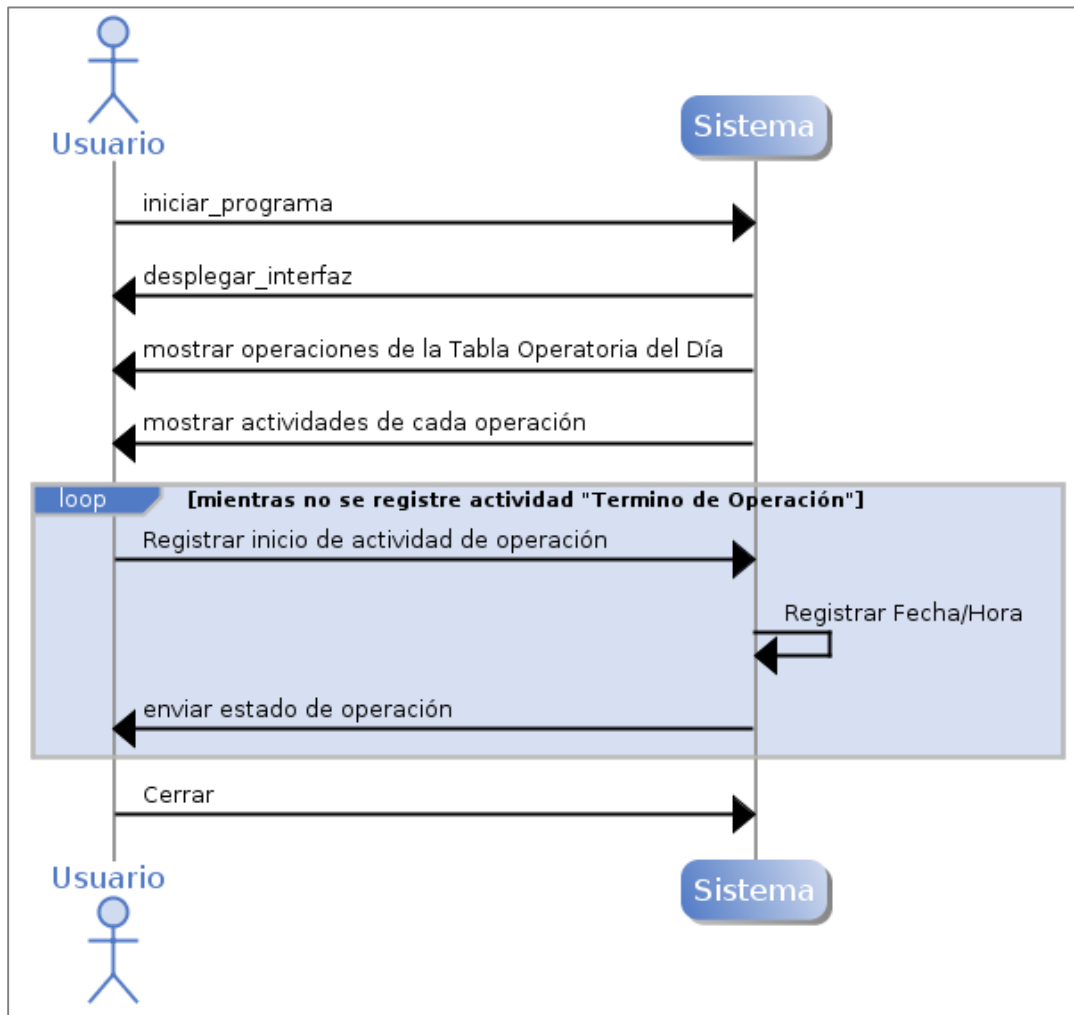
##### 7.1.1.1. Caso de Uso.

Los casos de uso indican el servicio que se desea brindar. Debido a que existen muchos casos de uso, este trabajo detallará únicamente los más importantes. Éste tiene la finalidad de registrar las actividades realizadas en pabellón, por cada operación.



### 7.1.1.2. Diagrama de Secuencia de Sistema y Secuencia de Sistema Detallado.

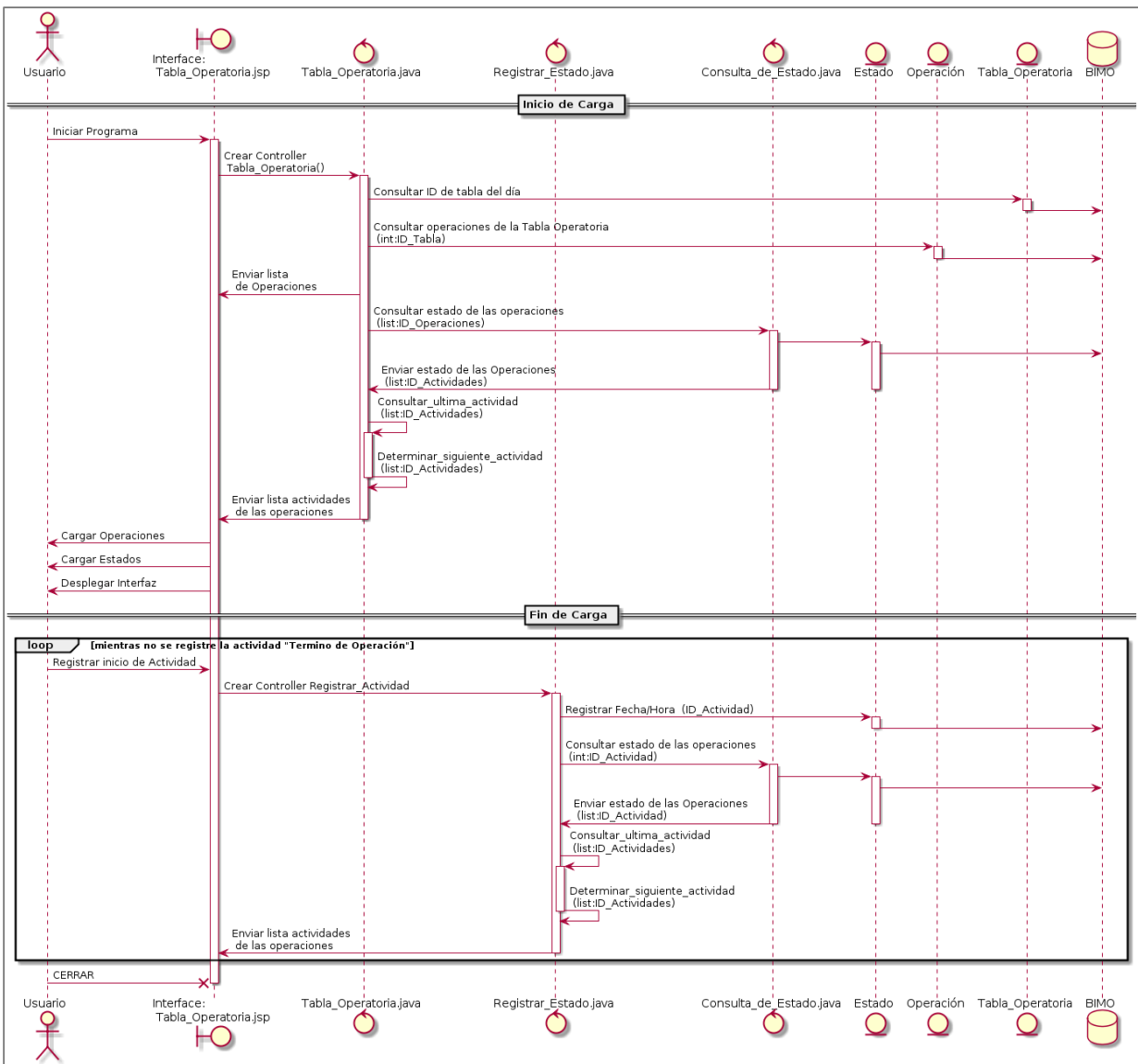
Luego se describe el caso de uso *Registrar inicios de actividades de cada operación*. El siguiente diagrama, de manera general, muestra las acciones secuenciales que el usuario y el sistema realiza para obtener el servicio que se desea, para ese caso de uso.



El siguiente diagrama describe el caso de uso *Registrar inicios de actividades de cada operación*. Sin embargo, de manera detallada, se muestran las acciones secuenciales que el usuario y el sistema realiza para obtener el servicio que se desea. Además, esta elaboración nos muestra, de manera preliminar, clases útiles para desarrollo de aplicativos.

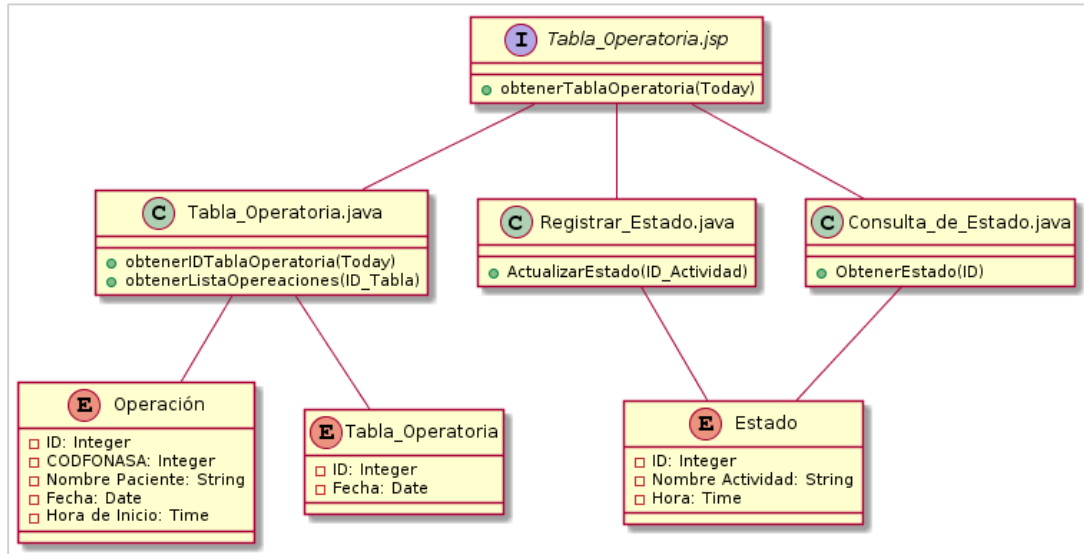


Ilustración 70 - Diagrama de Secuencia Detallado



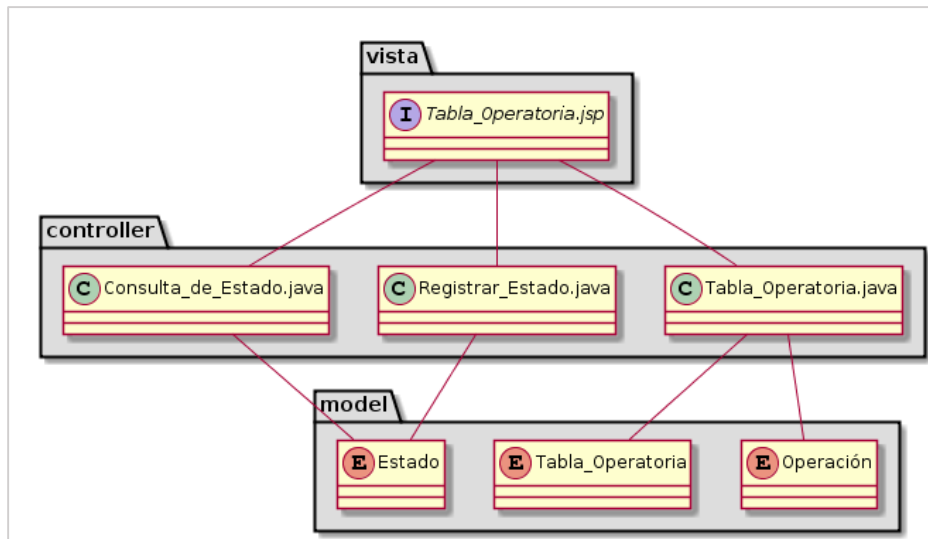
### 7.1.1.3. Diagrama de Clases.

Basados en el diagrama anterior, el siguiente diagrama contiene las clases identificadas y necesarias para el desarrollo del apoyo TI. Estas clases son objetos que presentan, capturan, almacenan y procesan la información que se utiliza y muestra dentro del caso de uso.



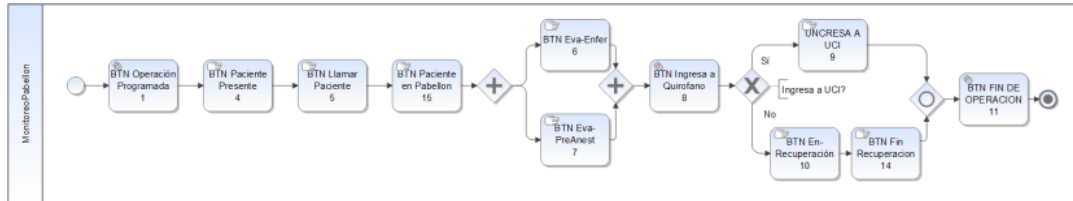
### 7.1.1.4. Diagrama de Paquetes.

El siguiente diagrama muestra los paquetes de sistemas para este proyecto. Esta organización nos permite corroborar la estructura de tres capas Vista, Controlador y Modelo.

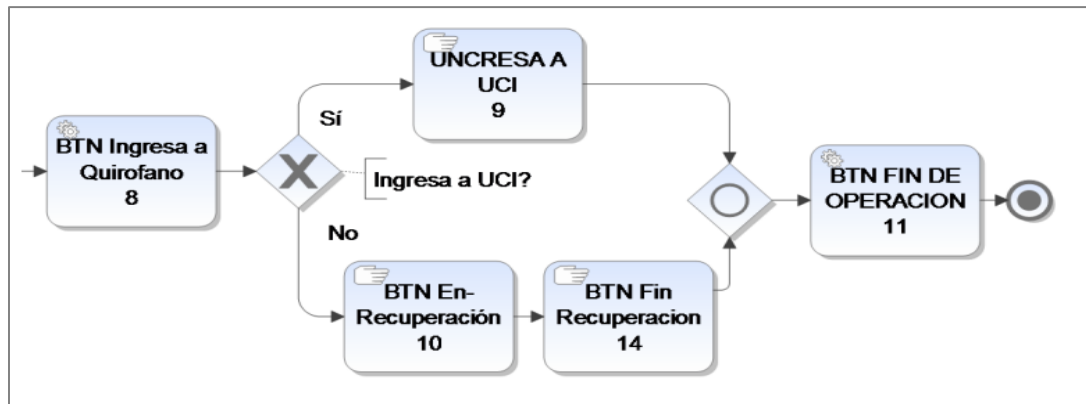
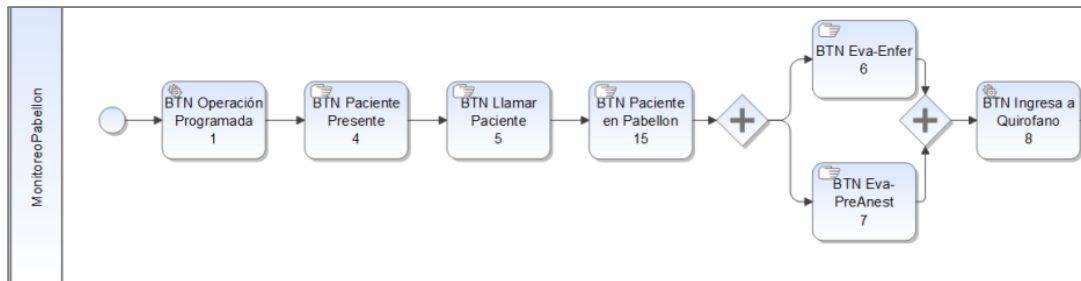


### 7.1.1.5. Diagrama de estados y actividades.

Las siguientes ilustraciones muestran las pulsaciones o estados que el aplicativo registrará. Debido a que este escenario es cambiante y de constante actualización, es importante conocer los estados por los que pasa cada operación



Las siguientes ilustraciones muestran la primera y segunda mitad de la ilustración anterior.

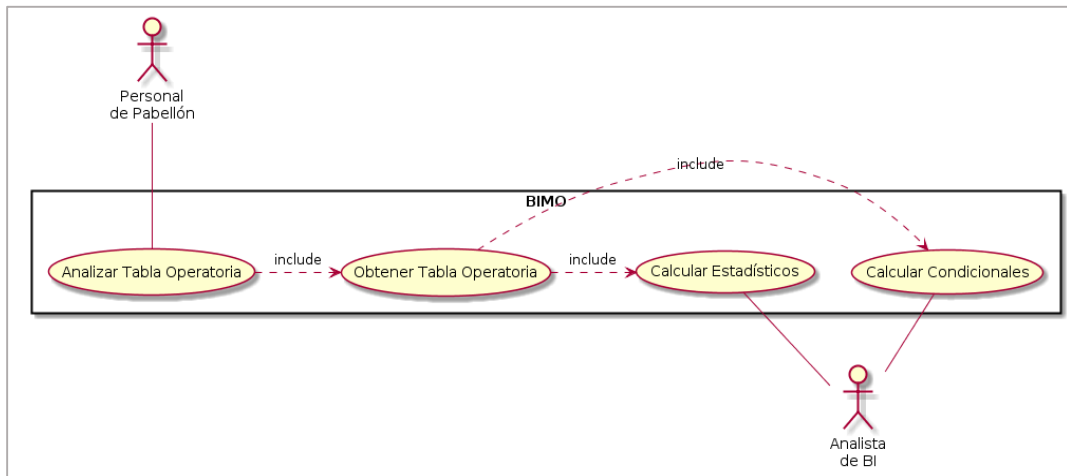


### 7.1.2. Web Application Analizar tabla operatoria.

Los diagramas a continuación describen el segundo escenario. Para ello adicionó un caso de uso, *Analizar Tabla operatoria*. No obstante, este desarrollo debió ser implementado como solicitudes de desarrollo en los aplicativos Tabla Operatoria y Lista de Espera. Sin embargo, esta primera aproximación nos permite conocer los beneficios sin realizar estos cambios.

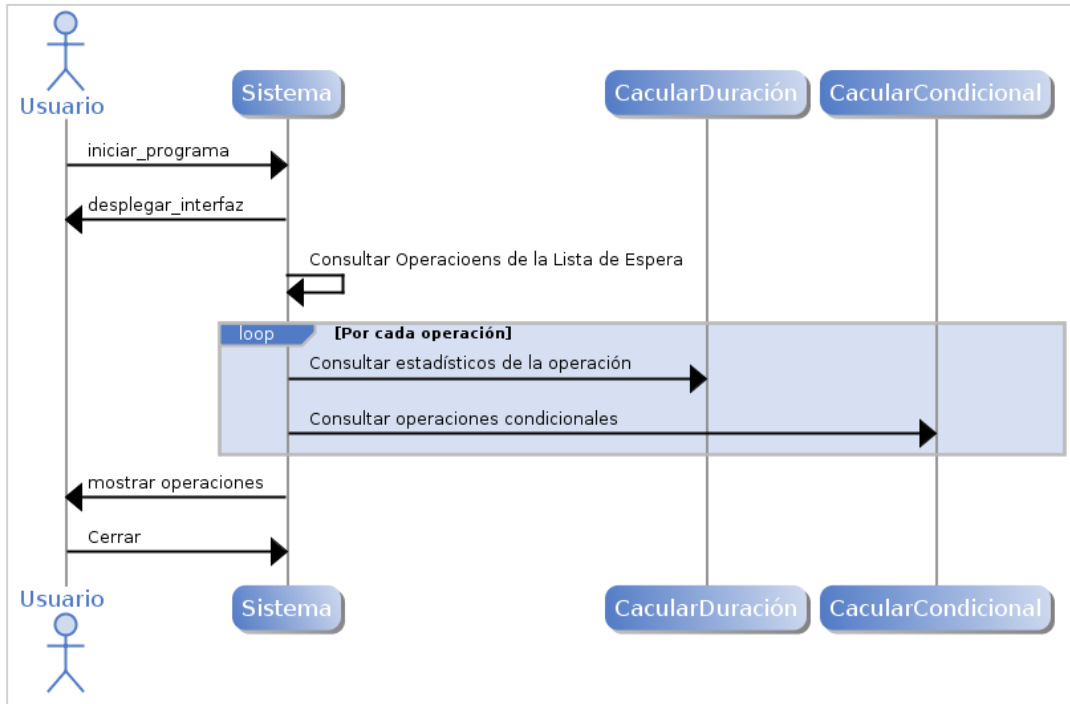
#### 7.1.2.1. Caso de Uso.

Este trabajo se enfocará en un caso de uso *Analizar Tabla Operatoria*, el cual tiene la finalidad de obtener el procesamiento de los datos estadísticos y operaciones condicionales de las operaciones de una tabla. Cabe destacar que este caso de uso depende de otros, Calcular Estadísticos y Calcular Condicionales. Estos son efectuados por Analista de Inteligencia de negocios, quien se encargará de completar esta data. Como resultado, este trabajo no implementará o generará un desarrollo. Solo presentará los resultados.

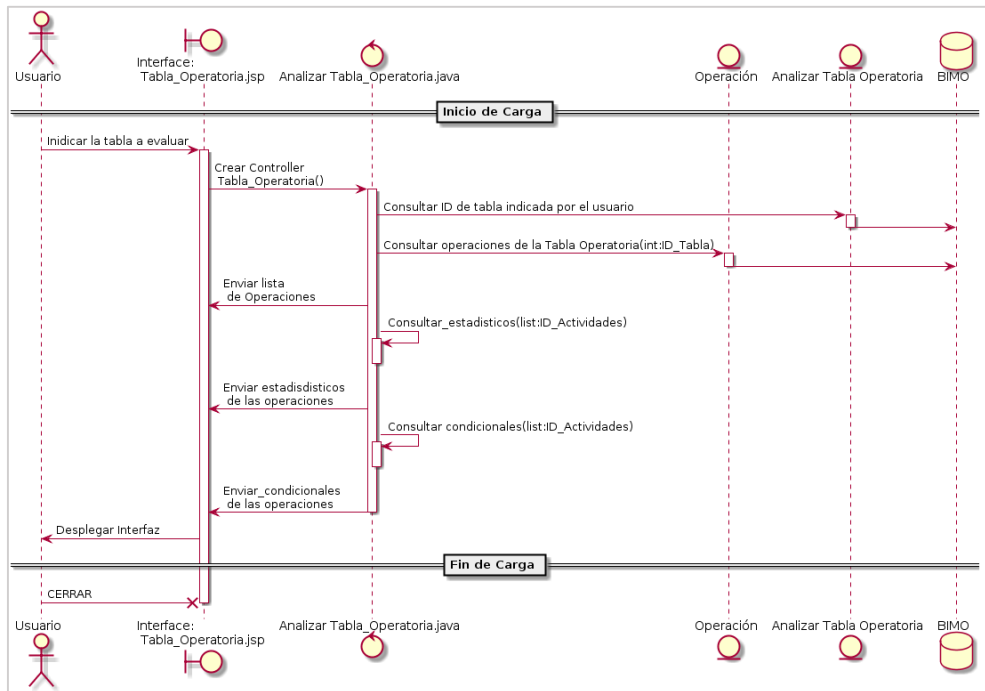


#### 7.1.2.2. Diagrama de Secuencia de Sistema y Secuencia de Sistema Detallado.

Este diagrama describe el caso de uso *Analizar Tabla Operatoria*. De manera general, se muestran las acciones secuenciales que el usuario y el sistema realizan para obtener el servicio que se desea.

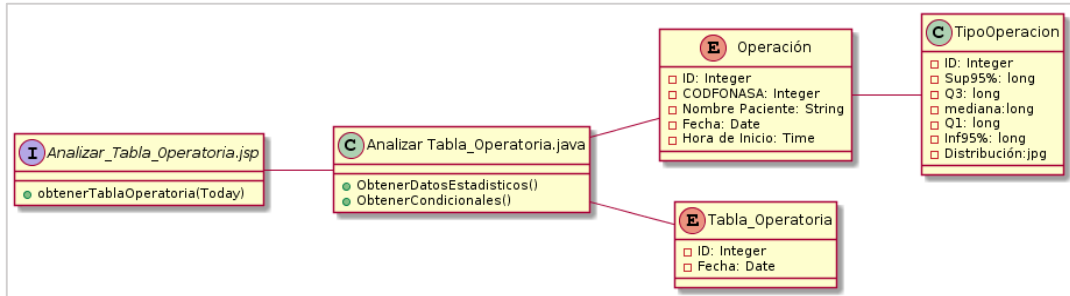


El siguiente diagrama describe el caso de uso *Registrar inicios de actividades de cada operación*. De manera detallada, se muestran las acciones secuenciales que el usuario y el sistema realizan para obtener el servicio que se desea. Además, la elaboración de este diagrama nos indica, de manera preliminar, las clases que se generan para un desarrollo.



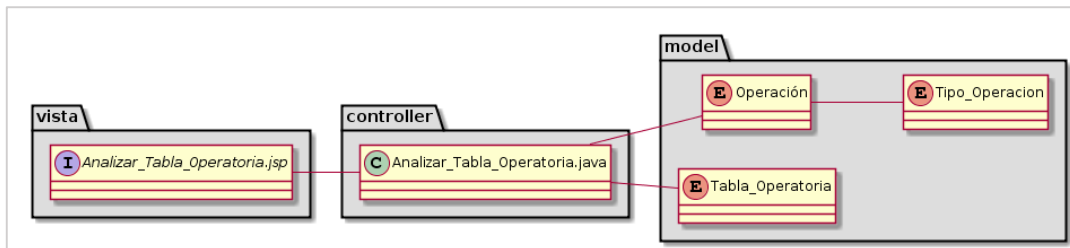
### 7.1.2.3. Diagrama de Clases.

Basados en el diagrama anterior, el siguiente diagrama contiene las clases identificadas y necesarias para el desarrollo del apoyo TI. Estos son los objetos que presentan, capturan, almacenan y procesan la información que se utiliza.



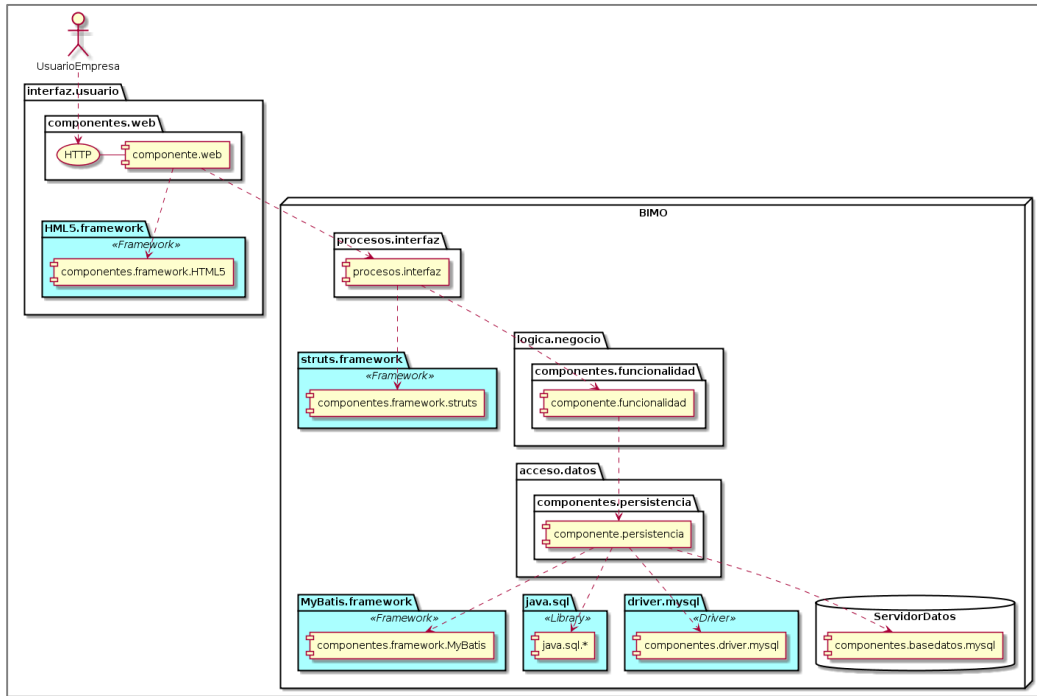
### 7.1.2.4. Diagrama de Paquetes.

El siguiente diagrama muestra los paquetes de sistemas para este proyecto. Esta organización nos permite corroborar la estructura de tres capas Vista, Controlador y Modelo.



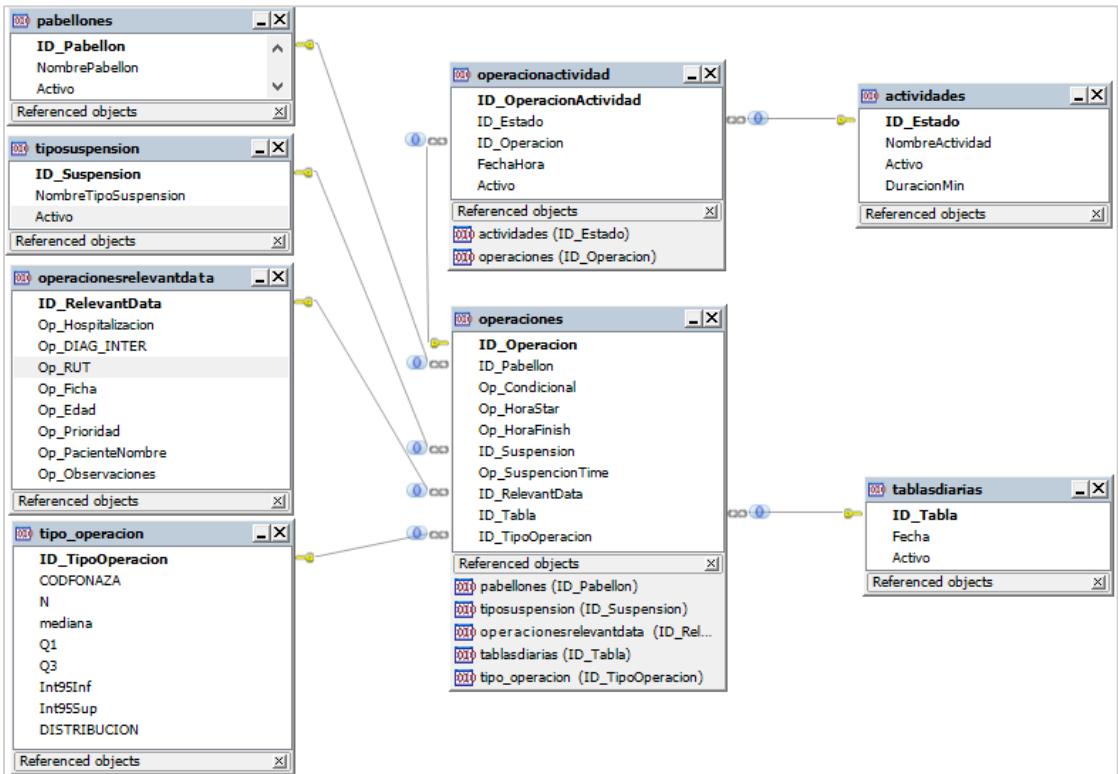
### 7.1.3. Diagrama de Componentes.

Debido a que los desarrollos de los apartados 7.1 y 7.2 fueron realizados en un solo aplicativo, el siguiente diagrama presenta la arquitectura de la solución total de ambos. En la izquierda se encuentra la interface que muestra cómo interactúa el usuario, el cual es un navegador WEB. En la parte Central se encuentra el servidor conocido como BIMO, el cual almacena, procesa datos y muestra la información relevante que el usuario necesita.



#### 7.1.4. Diagrama de Datos.

Este diagrama representa la relación de los Entities o entidades que nos permite desarrollar la base de datos de información persistente. Para ambas soluciones.



## 7.2. Características del Aplicativo Web.

El aplicativo fue diseñado para ser Web-Response, es decir adaptarse a cualquier tamaño de pantalla, con la finalidad de tener acceso al aplicativo desde cualquier parte y con cualquier dispositivo. Esto permite pequeñas inversiones en equipos, como Tablet, para cada pabellón. Y en caso de caída de red u otros, poder utilizar un Smartphone y continuar con el servicio.

### 7.2.1. Tecnología.

La tecnología web utilizada fue Java EE 6 Web para JDK 1.7. Se utilizó este tipo de desarrollo por la capacidad de operar en diversidad de dispositivos sin la necesidad de instalar algún aplicativo. Para ello se utilizó como entorno de desarrollo el IDE Netbeans 8.0.2, luego para almacenar los datos persistentes en la base de datos Mysql 5.6.15. Finalmente, el servidor web fue Server Apache Tomcat 7.0.x.

Con respecto a la capa de vista se utilizó HTML5, JAVASCRIPT, CSS3 con una plantilla de desarrollo Bootstrap3. También, se utilizaron las librerías para el desarrollo Struts2 Core 2.3.15 para el MVC<sup>22</sup>. Con respecto a la capa de datos se usó Mybatis mybatis-3.3.0 para una interface se conexión a base de datos con el driver Mysql Driver mysql-connector-java-5.1.26-bin.

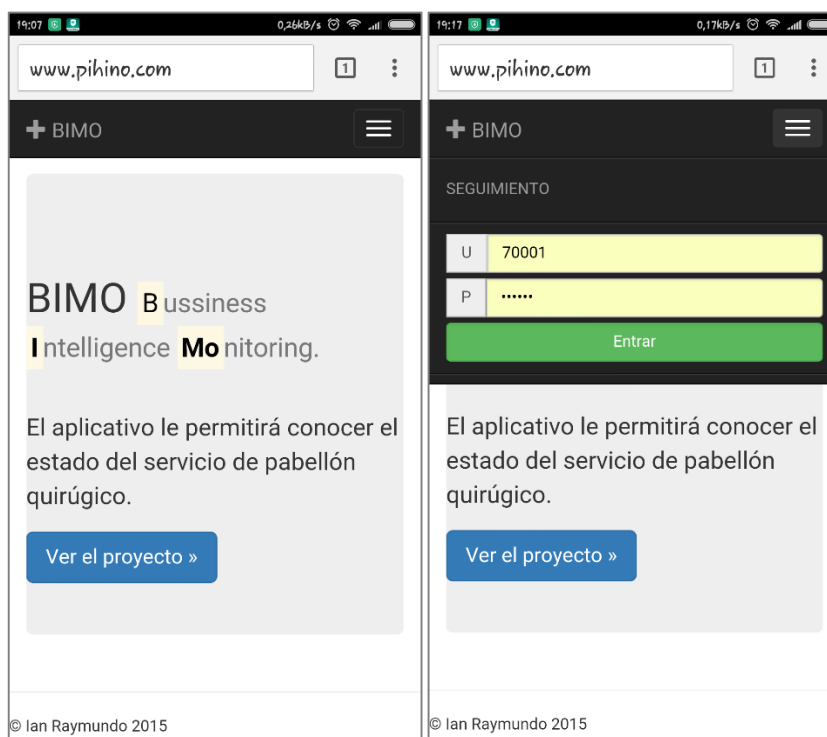
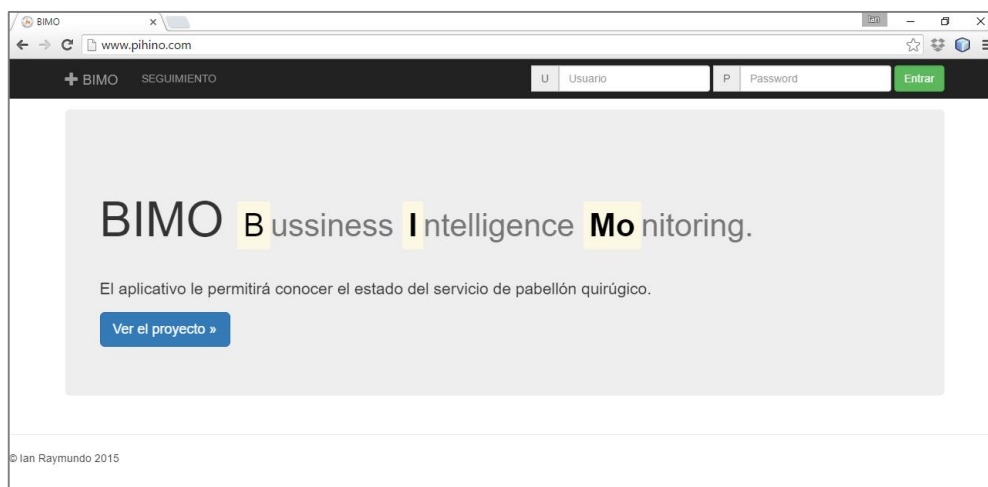
Además, se utilizaron las siguientes librerías para funcionalidades específicas jquery 1.1.js para acciones de la capa de vista. La librería ExcelReader SheetJS/js-codepage 1.3.8 para lectura de Excel. La librería json-lib-2.3-jdk15.jar, struts2-json-plugin-2.3.15.3.jar y recaptcha4j-0.0.7.jar para conexiones entre cliente y servidor.

La siguiente captura de pantalla muestra el Landing Page, o página de inicio. Para una Pc-Escritorio y un Smartphone.


---

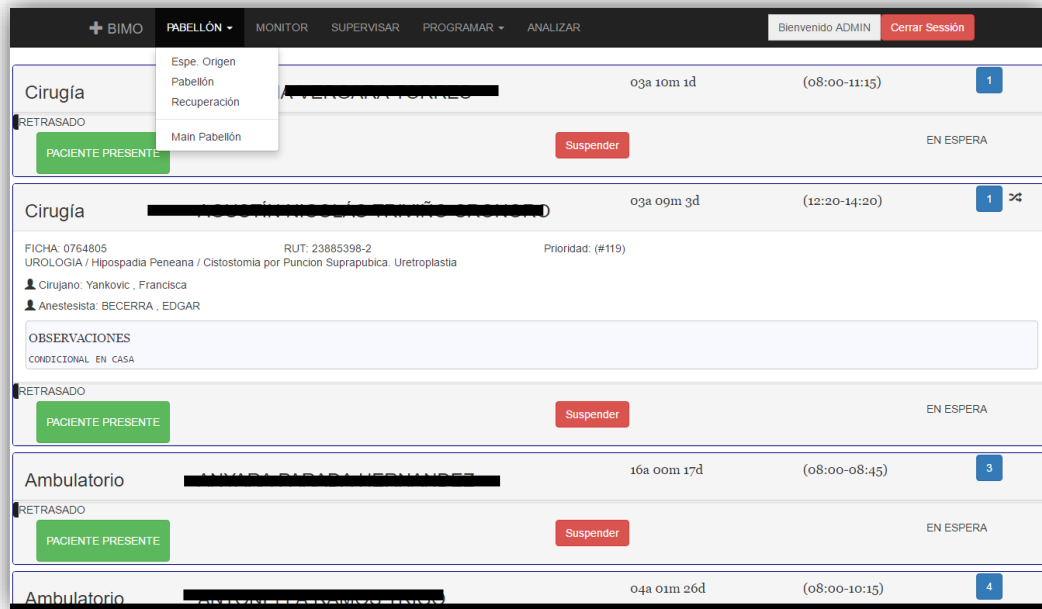
<sup>22</sup> Acrónimo para el patrón de arquitectura de software (Modelo Vista Controlador)



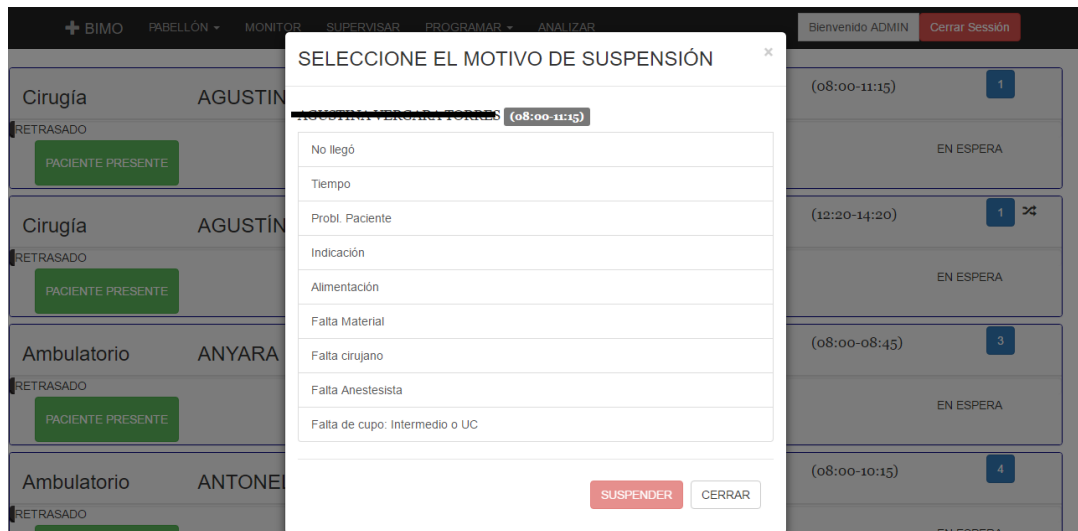


### 7.2.2. Pantalla de Registro de actividades.

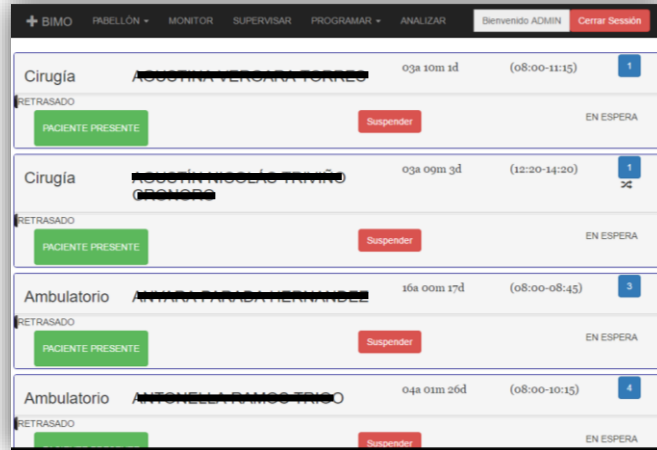
La pantalla de registro tiene la finalidad de anotar el tiempo del estado del paciente, como muestra los botones en color verde. Además, esta pantalla indica otros datos relevantes, como el pabellón con color Azul, las operaciones que son condicionales con el icono . Su diseño fue ajustado para un computador instalado en la entrada a pabellón.




La siguiente pantalla registra las suspensiones de las operaciones quirúrgicas.

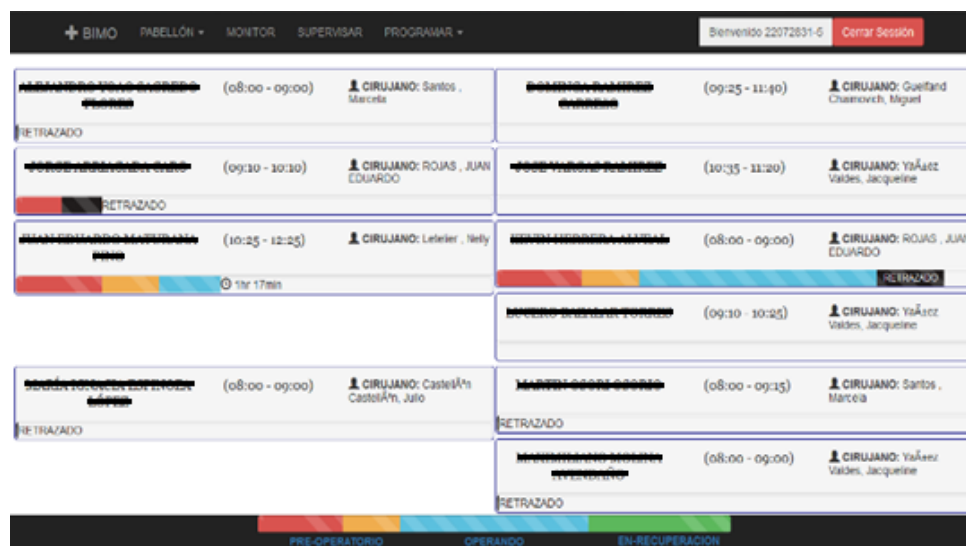


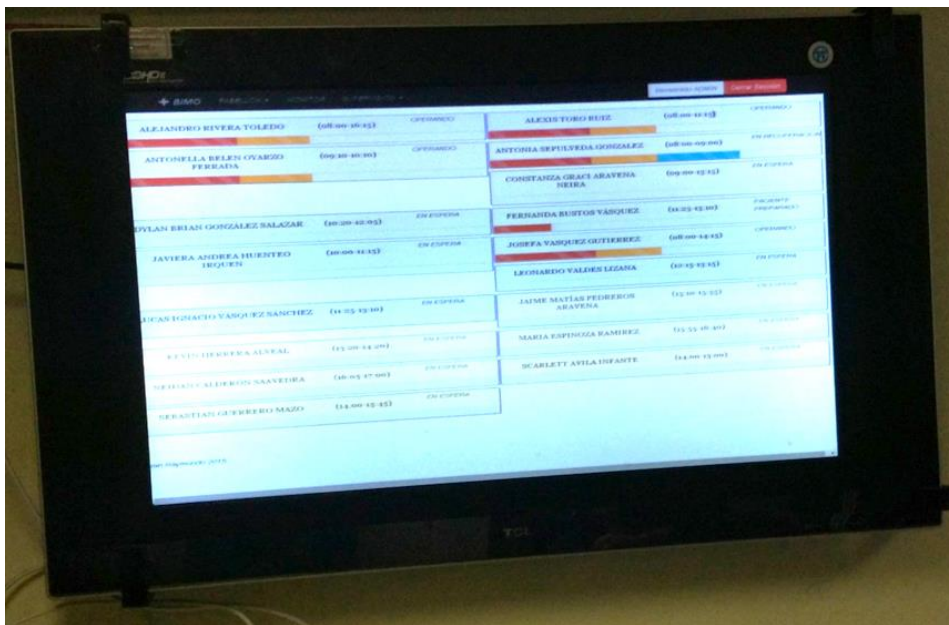
La siguiente captura de pantalla pertenece a un Smartphone y una Tablet. Cabe destacar que el aplicativo se ajusta a cada pantalla. Esta característica permite movilidad y facilidad de acceso.



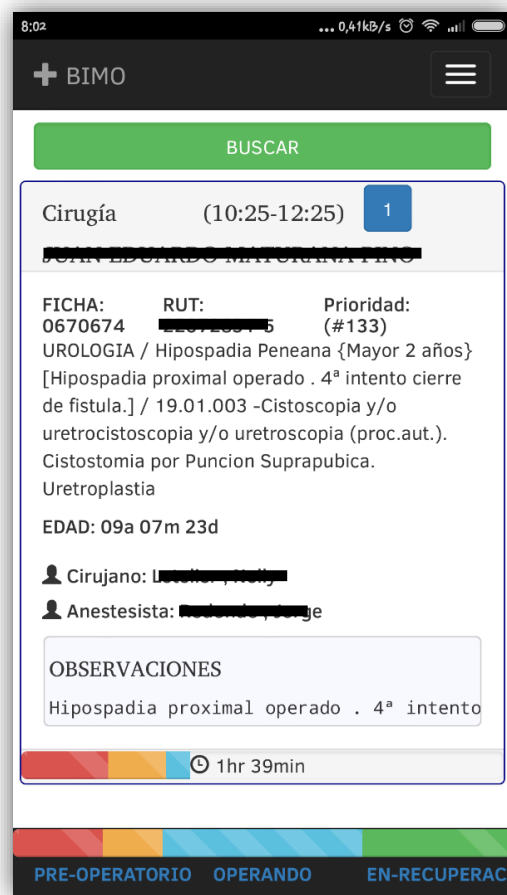
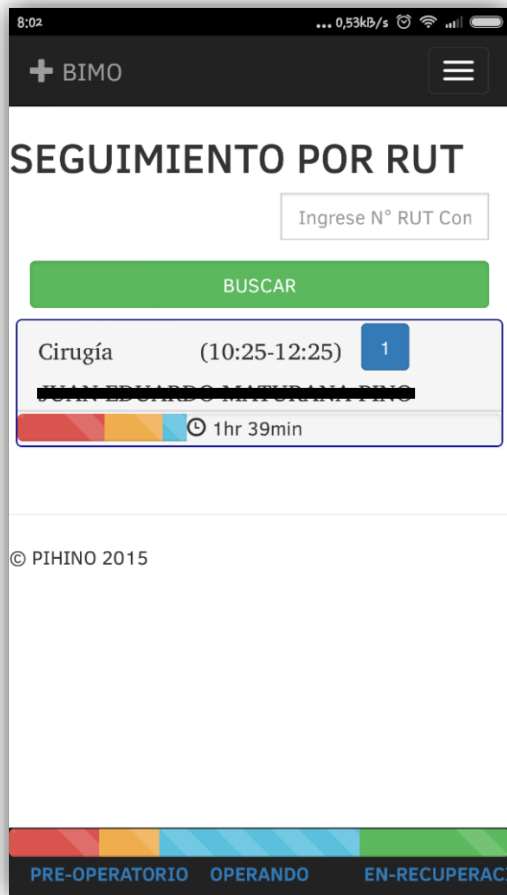
### 7.2.3. Pantalla monitoreo.

La pantalla de monitoreo es proyectada al público, a través de un televisor que se encuentra en la sala de espera de pabellón quirúrgico. Este monitor permite, a los parientes de los pacientes y los interesados, realizar un seguimiento del estado de la operación del apaciente. Cabe resaltar que el aplicativo indica si las actividades están retradas y el tiempo faltante, lo cual permite tomar medidas preventivas o proyectar un regreso. La barra de estado  indica, de una manera visual y rápida, en qué estado se encuentra el paciente.





También, en caso de que el pariente se encuentre fuera del establecimiento, éste puede consultar el estado del paciente, a través de cualquier dispositivo con conexión a internet. Para ello solo tiene que indicar el número de RUT. Como lo muestra la siguiente captura de pantalla.



#### 7.2.4. Pantalla Supervisar.

La siguiente pantalla muestra el resultado de los registros de las actividades de pabellón. También muestra la hora y minuto en el que se registró. Además de mostrar la hora en la que realmente se inició la operación quirúrgica. Se puede inferir de esta tabla el compromiso del personal por registrar los datos. Revisar y analizar esta tabla permite comprobar hipótesis que los investigadores puedan plantear y la medición de los resultados.

# Resultados de la Tabla Operatoria 2015-11-30

DD/MM/YYYY


UNID Origen	PACIENTE	PABELLON	PACIENTE PRESENTE	INICIO PROGRAMADO	PACIENTE LLAMADO	PACIENTE EN PABELLON	EVA PREANES	EVA ENFER	EUTRA QUIROF	INGRESA RECUPE	FIN RECU	INGRESA UCI	FIN PROGRAMADO	SUSPENSIÓN
Cirugia	14:11 CGAZ HERRERA	1	10:16	08:00	10:16	10:17	10:17	10:17	10:17	10:28	12:38	11:05	12:38	
Cirugia	41EH YYPIL CIDA TINEZ	1	12:52	11:05	12:52	12:52	12:52	12:52	12:52			15:50		
Ambulatorio	12:FAJ MIRARILAF	1		12:10								14:10		Falta de Tiempo
Ambulatorio	12:FAJ MIRARILAF	1		14:15								15:50		Falta de Tiempo
Cirugia	0:26L AIO	3	10:17	08:00	10:17	10:17	10:17	10:17	10:17	10:30	11:57	09:45	11:57	
Quemados N	YANAEUJO	3	10:35	09:55	10:35	10:35	10:36	11:54	11:54	11:54	12:52	10:55	12:52	
Ambulatorio	11:0 Z E LAVO	3	08:13	11:05	11:42	11:54	11:55	12:37	12:37	14:29		12:05		

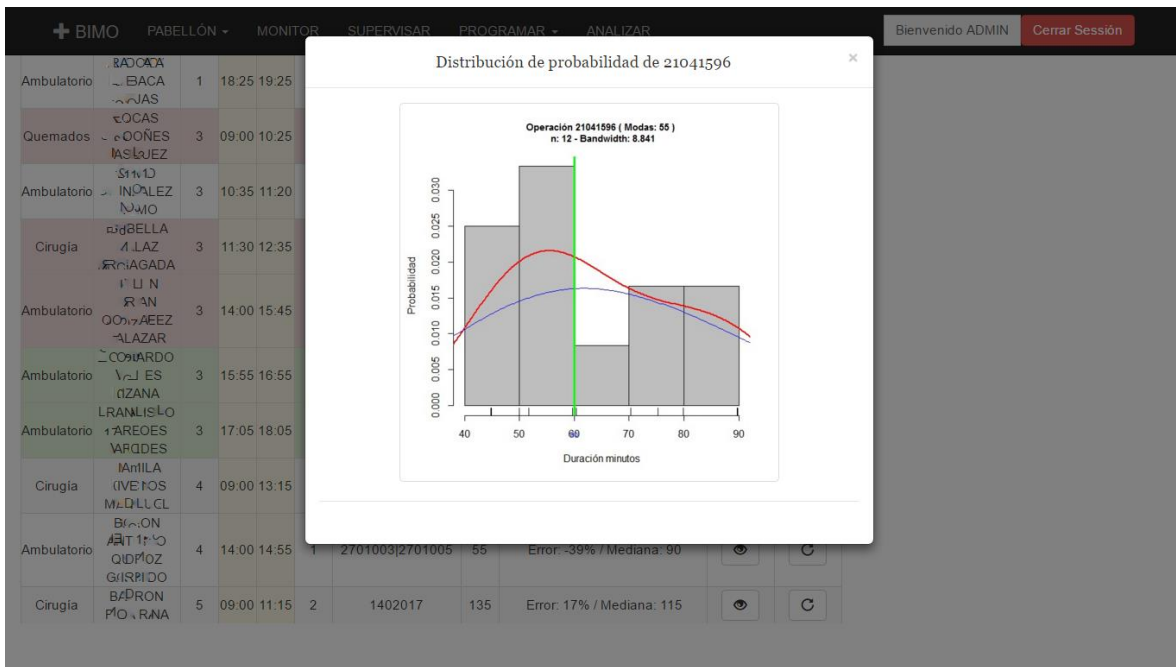
### 7.2.5. Pantalla Analizar


Además de los beneficios posibles de transparentar y comunicar el estado de las operaciones, los principales beneficios de recolectar información son el procesamiento y análisis que el aplicativo puede realizar rápidamente para alertar, a los gestores de pabellón, para tomar medidas preventivas.

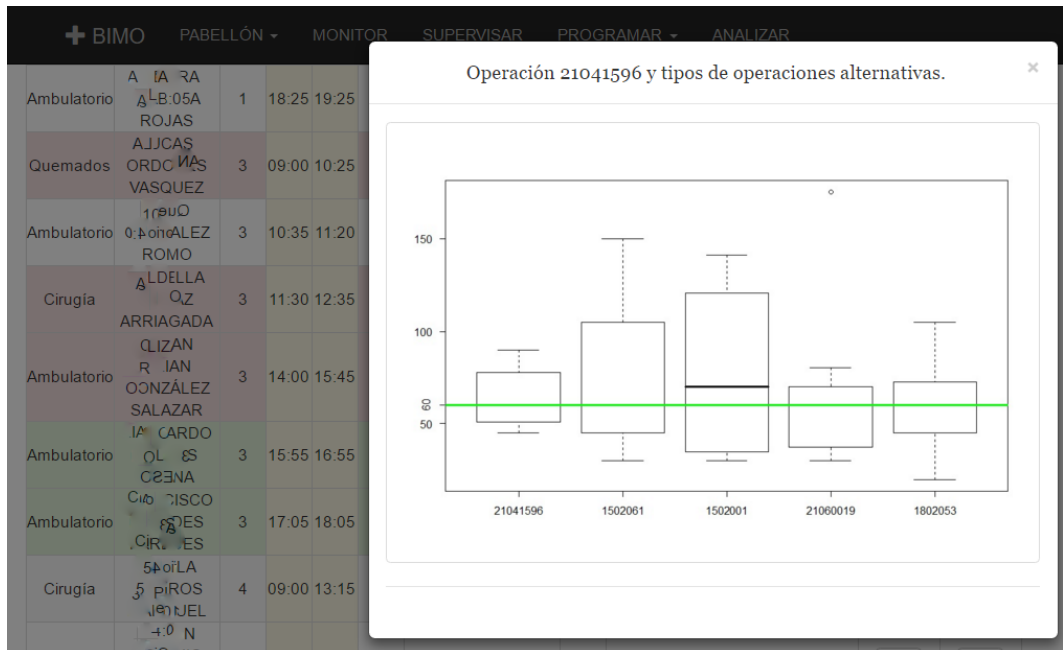
Por ejemplo, en la siguiente ilustración se muestran las filas en color rojo, aquellas cuyo tiempo asignado está por debajo o por encima del tiempo recomendado. Este tiempo es obtenido luego de procesar los datos registrados. En las filas de color verde, el tiempo se encuentra entre el 1er Cuartil y 3er Cuartil, además se resalta subrayando el tiempo recomendado, basado en la lógica de negocio del apartado 6.1.3. Para las operaciones donde hay falta de datos, se indica el error entre el tiempo asignado y el tiempo recomendado. El análisis de estas pantallas permite a los gestores de pabellón tomar medidas preventivas, como la corrección del tiempo de las operaciones. Como consecuencia, se reduce las suspensiones por falta de tiempo.

UNID ORIGEN	PACIENTE	PABELLÓN	INICIO	FIN	NÚMERO DE MUESTRAS	COD-FONASA	DURACIÓN	PERFORMANCE	DISTRIBUCIÓN	OPERACIONES CONDICIONALES
Cirugía	ISAAC FONTE GONZÁLEZ	1	09:00	10:15	11	1502013 1502039	75	73 93 <b>105</b> 117 132		
Ambulatorio	MAXIMILIANO SÍN N MARTINEZ GABRIEL	1	14:00	15:00	1	19020535 19010034	60	Error: 0% / Mediana: 60		
Ambulatorio	FIGUEROA NICOLÁS	1	15:10	15:55	1	2104113	45	Error: 80% / Mediana: 25		
Ambulatorio	ALONSO SAN VARDOLVA (S/NARAN FRANCISCO)	1	16:05	17:05	4	19020757	60	19 34 <b>45</b> 56 70		
Ambulatorio	FRANCISCO SANTI	1	17:15	18:15	1	21040333	60	Error: 50% / Mediana: 40		
Ambulatorio	ISIDORA ROJAS	1	18:25	19:25	2	2104036	60	Error: 50% / Mediana: 40		
Quemados	LUCAS VASQUEZ	3	09:00	10:25	3	21040345	85	40 48 <b>50</b> 55 64		
Ambulatorio	DAVID ROMO	3	10:35	11:20	1	19020665 19020825	45	Error: -25% / Mediana: 60		
Cirugía	ISABELLA VARRIAGADA	3	11:30	12:35	3	21041916	65	62 90 <b>105</b> 113 133		
Ambulatorio	DYLAN SALAZAR	3	14:00	15:45	12	21041596	105	38 52 <b>60</b> 76 95		
Ambulatorio	LEONARDO LIZANA	3	15:55	16:55	41	1502065	60	11 28 <b>40</b> 60 96		
Ambulatorio	FRANCISCO PAREDES	3	17:05	18:05	16	1502008	60	7 46 <b>77</b> 110 157		
Cirugía	CAMILA OBRAS MANQUEL	4	09:00	13:15	2	19020317	255	Error: 325% / Mediana: 60		
Ambulatorio	BYRON	4	14:00	14:55	1	2701003 2701005	55	Error: -39% / Mediana: 90		

Al presionar el botón , el aplicativo muestra la distribución de probabilidad de la duración de la operación. Esto permite a los gestores de pabellón analizar la operación en detalle.



Al presionar el botón  se muestran los tipos de operaciones condicionales para este tipo de operación, en caso que el gestor de pabellón detecte una operación propensa a suspenderse. El desarrollo que este trabajo solo sugiere tipos de operaciones. Sin embargo, queda pendiente integrar este aplicativo con la lista de espera para que el aplicativo seleccione la operación idónea sacada de esta lista. Esta lógica de negocio está explicada en el apartado (6.2.1).

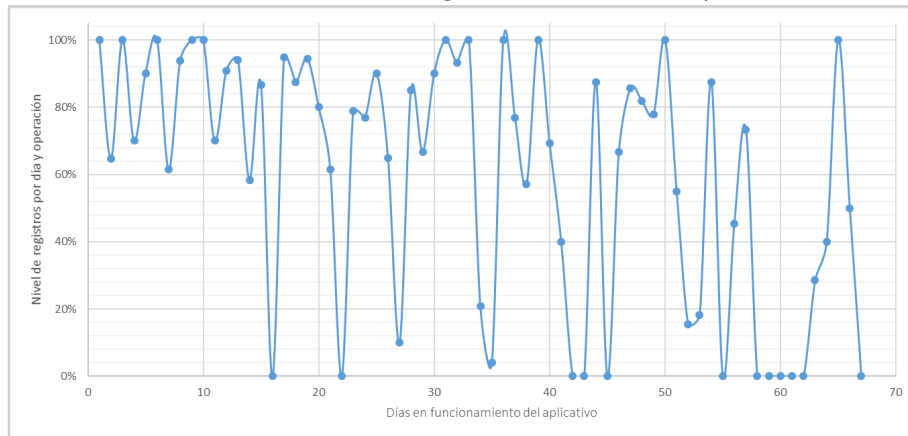




### 7.3. Piloto y resultados.

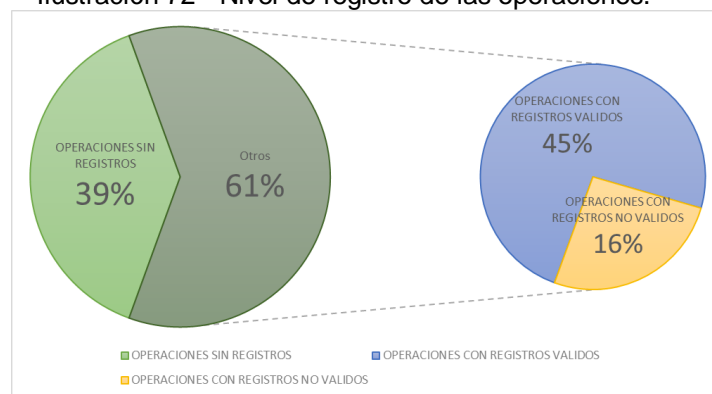
El piloto fue un aplicativo conocido como BIMO y estuvo operativo por un lapso de 67 días. La siguiente ilustración muestra el nivel de registro de las tablas. Como se puede apreciar, en los primeros 15 días el nivel de registro está por encima del 50%. Esto es debido a que hubo un personal que se encargó de realizar seguimiento de las actividades. Este personal no realizaba los registros, solo consultaba el estado de las operaciones. Después de esos días se observa una alta volatilidad, debido a la ausencia de este personal. Se asumió que el personal de pabellón ya no necesitaba a alguien dedicado exclusivamente en el seguimiento, sin embargo se concluye que este rol es necesario.

Ilustración 71 - Nivel de registro de información por día.



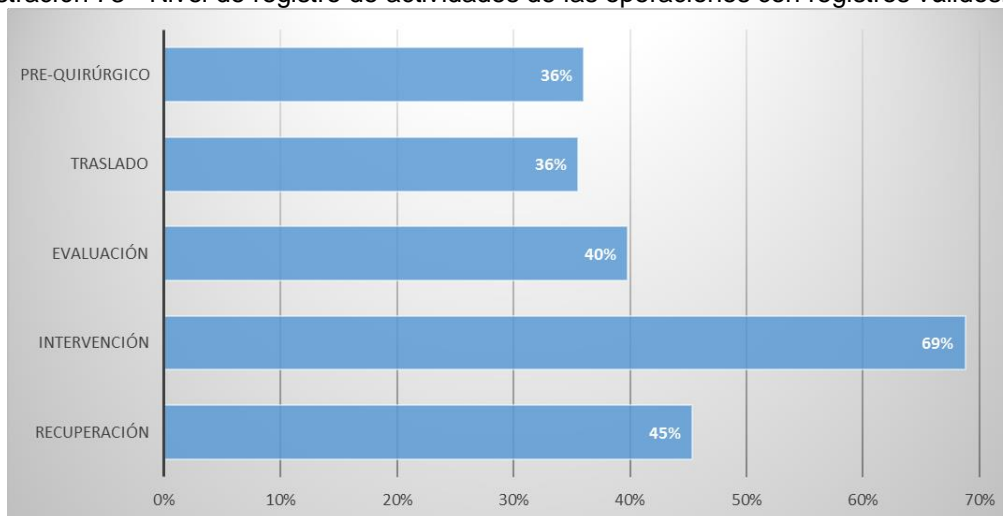
EL siguiente gráfico muestra que, de un total de 879, solo 45% de las operaciones (397) tienen por lo menos un dato útil. (Diferencia de tiempo de un estado y el siguiente). Debido a lo anterior fue necesario apoyar el procesamiento de datos con el aplicativo Protocolo Operatorio, para superar la complejidad de la recolección y procesamiento de datos.

Ilustración 72 - Nivel de registro de las operaciones.



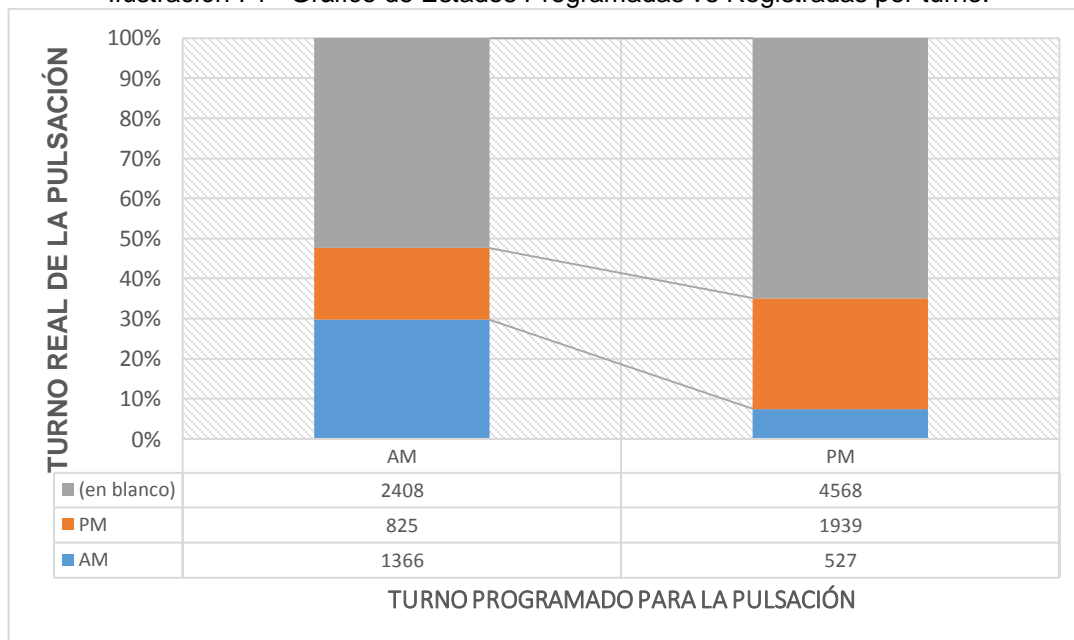
En el siguiente gráfico se puede apreciar que, de las 397 operaciones las cuales están compuestas por cinco actividades, la actividad Intervención tiene la mayor cantidad de datos válidos.

Ilustración 73 - Nivel de registro de actividades de las operaciones con registros válidos.



Por otro lado, las siguientes ilustraciones muestran que los estados registrados en la mañana tienen menos registros vacíos 52.4%, en comparación con la tarde 64.9%. Ambos en la mañana y tarde tienen un total de 60% registros vacíos. También se puede apreciar la presencia de registros que se debieron hacer en la mañana, pero fueron ejecutados en la tarde, lo que demuestra la presencia de cambios de turno de las operaciones quirúrgicas.

Ilustración 74 - Gráfico de Estados Programadas vs Registradas por turno.



#### 7.4. Aspectos centrales del capítulo.

Este capítulo presenta un Framework que integra los capítulos 5, 6 y 7. Este trabajo diseña e implementa dos escenarios, la primera recolecta información y la segunda muestra los resultados. Existe un escenario que consiste en procesamiento de la información, este no diseña diagramas de desarrollo.

Con respecto a los dos escenarios, se generan diseños para solicitar desarrollo de software con diagramas UML, los cuales fueron implementados en un solo aplicativo. Éste fue desarrollado orientado a objetos y utiliza la tecnología de Java EE y HTML5, JavaScript y CSS3, lo que da la posibilidad de ser adaptativo a cualquier dispositivo y brinda facilidad de acceso.

El piloto estuvo operando por 67 días útiles y demostró la necesidad de un rol especificado para realizar el seguimiento del estado de las operaciones. Además, del total de operaciones solo el 45% tienen algún dato válido, mientras que el 60% de sus actividades tienen registros no válidos o en blanco. Es decir, este trabajo utilizó el 40% de los datos para generar información útil y superar la complejidad de la recolección y procesamiento de datos.

El piloto del aplicativo mostró la capacidad de dar la facilidad de acceso a cualquier interesado en el estado de la operación, y de brindar las capacidades de tomar medidas preventivas basado en sus resultados. Sin embargo, demostró la necesidad de un personal dedicado al seguimiento del registro de los estados de las operaciones, ya que solo se obtuvo el 40% del total de los datos.

## 8. DISEÑO Y EVALUACIÓN FINANCIERA

---

Este capítulo muestra los posibles beneficios económicos que serán generados por el proyecto, antes de la puesta en marcha del proyecto. Éste describe el origen de los ingresos y los costos, además del importe de la inversión necesaria para la puesta en marcha del proyecto. Se generará indicadores financieros como el horizonte de planificación, tasa de descuento, tablas de análisis como flujo caja y los beneficios estimados. Finalmente, se realizará un análisis de sensibilidad para determinar los puntos de quiebre del proyecto.

### 8.1. Generación de ingresos.

El proyecto genera varios beneficios, sin embargo pocos son medibles o su costo de medición es considerable. Por lo tanto, el trabajo se enfocó en dos posibles fuentes de ingresos:

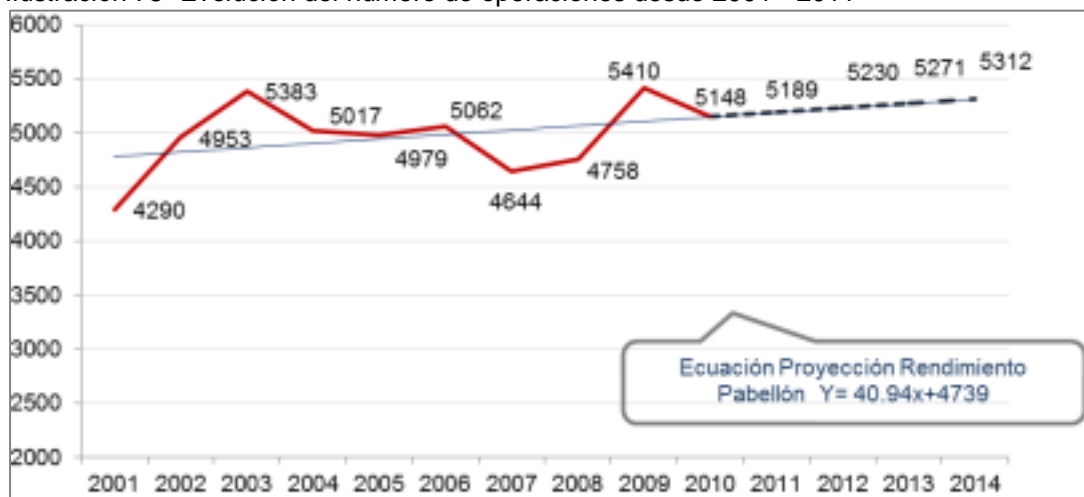
- En primer lugar, el ingreso proveniente del aumento del número de operaciones realizadas, como consecuencia de la mejora que el proyecto plantea. Para ello fue necesario calcular lo siguiente:
  - El número de intervenciones previstas para el 2015.
  - El porcentaje de mejoría.
  - Finalmente, del ingreso percibido por cada operación
- El segundo lugar, el ingreso proveniente del aprovechamiento del costo de oportunidad de las horas hombre del personal.

#### 8.1.1. Número de Intervenciones.

Para estimar el número de intervenciones del hospital se debe determinar, en primera instancia, el número de intervenciones proyectadas según la tendencia actual.

El cálculo de la tendencia está basado en los datos históricos y éste proyecta un aumento de, aproximadamente, 41 operaciones anuales, basado en un informe del 2012 [12]. La siguiente gráfica muestra el número de intervenciones que se realizaron anualmente.

Ilustración 75- Evolución del número de operaciones desde 2001 - 2011



Fuente: Optimización de los Procesos de Gestión de Pabellones [12]

A pesar que este número corresponde al total de intervenciones quirúrgicas, incluido otros tipos que no son de interés del proyecto (intervenciones de urgencia), se utilizó este tipo de cálculo para proyectar el porcentaje de aumento, dado que es un dato más estable y permite definir una tendencia porcentual. En efecto, el número de intervenciones quirúrgicas electivas representa el 47,7% al año del total de intervenciones. Por lo tanto, para el 2015 - basados en gráfico anterior- se proyecta 2.392 electivas de un total de 5.353.

Por otro lado, la evaluación se realizará mensualmente dado que el horizonte de tiempo (Duración del proyecto) es corto, aproximadamente 19 meses. Luego, el resultado anual es dividido por meses. Se reconoce que existen meses donde el servicio se encuentra saturado y estacionalidades por cada mes. Sin embargo, al repartir equitativamente la cantidad total, en valores mensuales, este valor es más estable.

#### 8.1.2. Porcentaje de mejoría.

El porcentaje de mejoría del proyecto son beneficios que el proyecto puede generar, a través del aumento de la cantidad de operaciones, como producto de concentrar el esfuerzo en un número factible de operaciones quirúrgicas, y mejorar en su eficiencia y eficacia. Es decir, el mejor desempeño de pabellón permite la atención de nuevas intervenciones.

En promedio, Pabellón Quirúrgico tiene 14% de suspensiones anuales, es decir 27 operaciones mensuales. Estas operaciones son un ingreso cesante y costo

oportunidad no aprovechado, en el caso que no haya sobreventa. Para el HEGC, la programación de operaciones condicionales apenas alcanza cubrir en cantidad el número de suspensiones.

Admitiendo que el proyecto tiene la capacidad reducir las suspensiones y evitar una cancelación diaria, al mes tendríamos 21 operaciones mensuales y se tendría una mejora de **10,55%**. En el escenario más nefasto, si al mes solo se pudiera prevenir 5 operaciones se mejoraría un **2,51%**. En el apartado 8.7 se analizará diversos escenarios para determinar los puntos de quiebre.

### 8.1.3. Ingreso de la Intervención promedio.

Para valorar las intervenciones quirúrgicas en un hospital público, es importante considerar el tipo de financiamiento, los cuales son dos:

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 segundo tipo, y el resto de las intervenciones, pagado por medio de un mecanismo conocido como programa de prestaciones institucionales, donde el pago se basa en presupuestos históricos.

Por simplicidad este trabajo utiliza 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.

Debido a la variabilidad entre cada operación quirúrgica, se presenta el cálculo del ingreso promedio por prestaciones, según del formulario de PPV–PPI\_2011.

Tabla 7 - Ingreso Promedio por cada Operación

	<b>VALOR</b>	<b>NÚMERO</b>	<b>PROPORCIÓN</b>
<b>Prestaciones Valoradas</b>	\$ 722.847,00	1092	<b>44%</b>
<b>Prestaciones Institucionales</b>	\$ 154.720,00	1383	<b>56%</b>
		2475	<b>100%</b>
<b>Valor Promedio Ponderado CLP</b>			<b>\$ 405.384,52</b>

Fuente: Optimización de los Procesos de Gestión de Pabellones [12]

Es importante resaltar que el hospital recibe estos ingresos anualmente y no mensualmente, el cual se refleja en el flujo caja en el apartado 8.6. Como consecuencia, el hospital tiene un costo de oportunidad por no tener a disposición esos ingresos.

#### 8.1.4. Valor promedio de las Horas de Personal de Pabellón.

Tener a disposición personal técnico y médico, altamente especializado, a una determinada hora y no poder aprovecharlo, por la razón de que la operación se suspendió o postergó, genera gastos incensarios (Costo Oportunidad). Adicionalmente, el paciente tiene que ser reprogramado y genera un riesgo incensario a la salud del paciente.

Es así que es de interés para el proyecto determinar el tiempo promedio las operaciones para, luego, asociar la cantidad de profesionales que intervienen y su valor en horas hombre.

En el 2014 funcionaron cuatro salas de Pabellón Quirúrgicos, las cuales ejecutaron 5.312 Operaciones, en 261 días laborables, disponiendo de 8 horas por día. Basado en los profesionales se estima que intervienen 4 profesionales en cada operación. La siguiente ecuación calcula el tiempo promedio por cada pabellón.

$$= \frac{\frac{\text{Días laborables} \times \text{Horas del Día}}{\text{Cantidad de Operaciones} / \text{Numero de pabellones}}}{5312 \text{ operaciones} / 4 \text{ pabellones}} = 1,57 \text{ hrs} / \text{operación}$$

En la siguiente tabla se calcula el valor monetario en pesos de las horas del personal de Pabellón.

Tabla 8 - Valor promedio de las horas de Personal de Pabellón por cada Operación.

PERSONAL	VALOR MENSUAL	VALOR HORA	CANTIDAD NECESARIA POR OPERACIÓN	TIEMPO PROMEDIO DE OPERACIÓN	TOTAL
<b>Médicos Cirujanos</b>	\$1.800.000	\$9.000	4	1,5	62.069
<b>Técnicos Médicos</b>	\$500.000	\$2.500	4	1,5	17.241
<b>Valor Promedio Ponderado CLP</b>					<b>\$ 69.000</b>

Fuente: Propia basada en <http://www.tusalario.org/chile/main/salario/Comparatusalario>.

## 8.2. Determinación de Inversión.

Para la puesta en marcha se determina el monto monetario necesario para el inicio del proyecto. Esta inversión consiste en los costos de desarrollo, concientización y de implementación. El siguiente gráfico detalla las características de éste.

Tabla 9 - Costo de Inversión del Proyecto

FASE DEL PROYECTO	RRHH	VALOR MENSUAL	VALOR HORA	CANTIDAD	HORAS TOTAL	COSTO TOTAL
Planificación, recopilación de datos, preparación de datos, migración, Gestión del cambio e implementación.	Tesista Ing. Procesos	\$ 1.000.000	\$ 5.747,13	1	1044	\$ 6.000.000
Diseño Aplicativo	Jefes de Especialidad	\$ 2.000.000	\$ 11.494,25	2	600	\$ 6.896.552
	Programador	\$ 900.000	\$ 5.172,41	1	300	\$ 1.551.724
	Matemático	\$ 1.000.000	\$ 5.747,13	1	100	\$ 574.713
Capacitación	Médicos	\$ 1.800.000	\$ 10.344,83	3	75	\$ 775.862
	Enfermeras	\$ 500.000	\$ 2.873,56	6	150	\$ 431.034
<b>Valor Total de Inversión</b>						<b>\$16.229.885</b>

Fuente: Propia basada en <http://www.tusalario.org/chile/main/salario/Comparatusalario>.

El valor de la inversión es cercano al valor de un proyecto de similares características implementado en el hospital, el cual se muestra en la siguiente tabla.



Tabla 10- Resumen costo inversión del Proyecto Triage en Urgencia del HEGC.

Ítem	Valor año 0 (CLP)
<b>Infraestructura</b>	<b>\$ 3.300.000</b>
Servidor	\$ 800.000
Computadores	\$ 2.500.000
<b>RRHH</b>	<b>\$ 14.465.000</b>
Ing. Negocios	\$ 7.200.000
Programador	\$ 5.600.000
Encargado TI	\$ 210.000
Jefe Urgencia	\$ 1.080.000
Enfermera Supervisora	\$ 375.000
<b>Capacitación</b>	<b>\$ 225.000</b>
<b>Total</b>	<b>\$ 17.990.000</b>

Fuente: Monitoréo y Gestión de pacientes en la Atención de Urgencia [3]

### 8.3. Costos.

Los costos asociados al proyecto son aquellos generados por la puesta en marcha del proyecto y se pueden dividir, principalmente, en los costos fijos y costos variables asociados a las nuevas intervenciones que se generará con proyecto ya en producción.

#### 8.3.1. Costo Fijo.

Uno de los costos constantes del proyecto es derivado de tener un personal dedicado, íntegramente, al registro de las actividades relacionadas al paciente, con la finalidad de obtener información. Luego, es necesario Programar Pabellones basados en las recomendaciones y, finalmente, tomar medidas basadas en la predicción.

Adicionalmente, es necesario realizar continuas mejoras en la interfaz y otros reportes para la presentación de la información que, paulatinamente, estarán solicitando. La siguiente tabla muestra en detalle lo mencionado.

Tabla 11 - Costo Fijo

	Recurso Humano	Sueldo Mensual	Valor Por Hora	Horas	Horas Mensuales	Costo Total
Registro Pacientes Por Hora	Técnico Medico	500.000	2.874	8	174,0	\$500.000
Programación de Pabellones	Médico	1.800.000	10.345	0,5	10,9	\$112.500
Mejoras	Desarrollador	900.000	5.172	0,5	10,9	\$ 56.250
Revisión y Toma de Medidas	Jefe de Pabellón	2.000.000	11.494	1	21,8	\$250.000
<b>Costo Fijo Generado Por el proyecto</b>						<b>918.750</b>

Fuente: Propia basada en <http://www.tusalario.org/chile/main/salario/Comparatusalario>.

### 8.3.2. Costo Variable.

Según la ilustración 75, en el 2011 se realizaron 5410, en las que se utilizó \$224.734.458. El costo promedio de una operación se basó en la siguiente tabla. Se calcularon los costos totales, seleccionando sólo aquellos ítems donde se debe incurrir en función al aumento de intervenciones, lo cual deriva del producto de mejorar la programación de pabellones.

Tabla 12 - Costo Variable Incurridos por Operación Extra

<b>Costo Incurridos por Operación Extra</b>	
Ítem Costo	
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>\$ 224.734.458</b>
<b>Costo variable Unitario</b>	<b>\$ 41.541</b>

Fuente: Optimización de los Procesos de Gestión de Pabellones [12]

#### 8.4. Horizonte de planificación.

El horizonte de planificación del proyecto indica el lapso de tiempo del proyecto. Para este caso será de 19 meses, debido, principalmente, al traslado a nuevas instalaciones programado para fines del 2016.

#### 8.5. Tasa de Descuento.

La tasa social de descuento representa el costo en que incurre la sociedad cuando el sector público extrae recursos para financiar sus proyectos. “La tasa social de descuento (TSD) a emplear será de 6% para el año 2010 y en adelante”, (MIDEPLAN, 2010).

## 8.6. Flujo Caja.

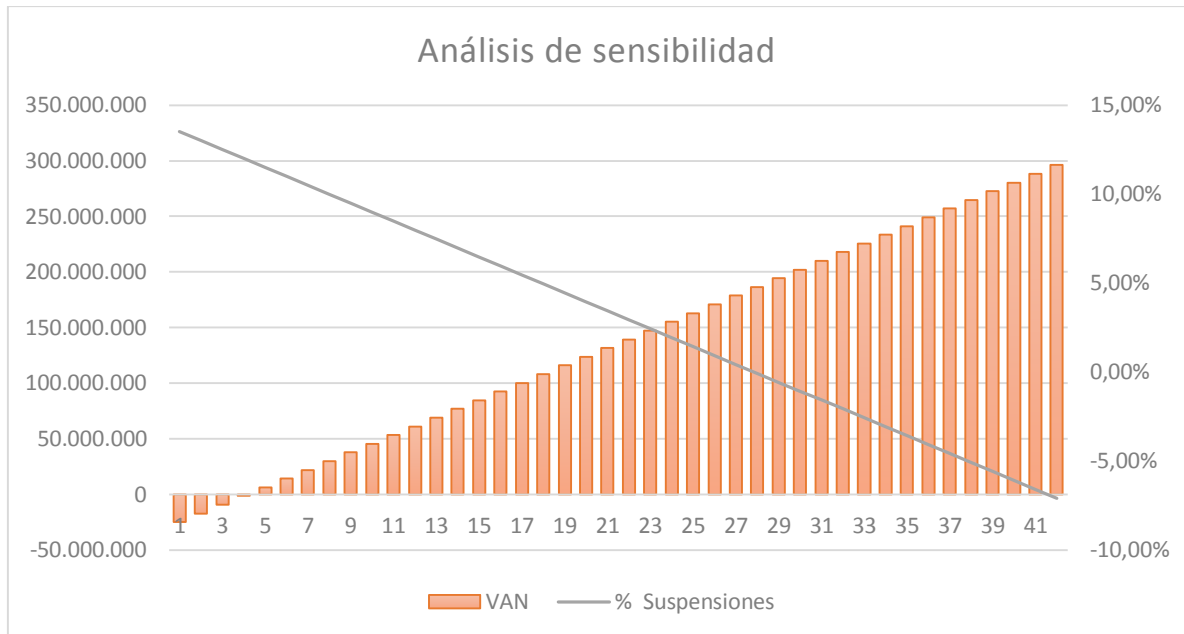
El flujo caja muestra los flujos de entradas y salidas de dinero del proyecto. Este nos permite calcular el beneficio monetario del proyecto que es de 6.290.804,86, por concepto de “Aumento de Operaciones” y “Ahorro”, por un período de 19 meses, operando a 5 pacientes con una mejoría de 2,51%.

	0	jul-15	ago-15	sep-15	oct-15	nov-15	dic-15	ene-16	...	dic-16	ene-17
Ingresos por Operación Extra		0	0	0	0	0	0	16.964.320	...	0	29.081.692
Costos Variables por Operación Extra		-207.703	-207.703	-207.703	-207.703	-207.703	-207.703	-207.703	...	-207.703	-207.703
Costos Fijos		-918.750	-918.750	-918.750	-918.750	-918.750	-918.750	-918.750	...	-918.750	-918.750
Depreciación Activo Fijo Tangible											
Amortización Activo Fijo Intangible											
Ganancias o Pérdidas por Ventas de Activos											
Gastos Financieros											
Pérdidas del Ejercicio Anterior			-1.126.453	-2.252.906	-3.379.358	-4.505.811	-5.632.264	-6.758.717	...	-11.264.528	-12.390.981
<b>Utilidad antes de Impuesto</b>		-1.126.453	-2.252.906	-3.379.358	-4.505.811	-5.632.264	-6.758.717	9.079.150	...	-12.390.981	15.564.258
Impuesto a la Renta											
Utilidad después de Impuesto											
Depreciación Activo Fijo Tangible											
Amortización Activo Fijo Intangible											
Ganancias o Pérdidas por Ventas de Activos											
Pérdidas del Ejercicio Anterior			1.126.453	2.252.906	3.379.358	4.505.811	5.632.264	6.758.717	...	11.264.528	12.390.981
<b>Flujo de Caja Operacional (FCO)</b>	0	-1.126.453	-1.126.453	-1.126.453	-1.126.453	-1.126.453	-1.126.453	15.837.867	...	-1.126.453	27.955.239
Inversión en Activo Fijo Tangible e Intangible	-16.229.885										
Inversión en Capital del Trabajo											
Prestamos											
Amortización del Préstamo											
Valor de Mercado del Activo Fijo T e I											
Recuperación del Capital de Trabajo											
<b>Flujo de Caja Capitales(FCC)</b>	-16.229.885	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0
<b>Flujo de Caja Privado Neto (FCO + FCC)</b>	-16.229.885	-1.126.453	-1.126.453	-1.126.453	-1.126.453	-1.126.453	-1.126.453	15.837.867	...	-1.126.453	27.955.239

VAN: \$ 6.290.804,86

### 8.7. Análisis de sensibilidad.

Debido a que el flujo de ingresos es directamente proporcional al aumento de operaciones, resulta de interés entender los puntos de quiebre del proyecto. Aumento, como resultado de la mejora de la performance de pabellón, reduce progresivamente el porcentaje de suspensiones y aumenta el ingreso de pabellón. Para el porcentaje de suspensión, se parte de 14%, el cual estará reduciendo conforme el número de suspensiones evitadas.



Del gráfico anterior se desprenden los siguientes puntos de quiebre:

- Si solo se logra evitar 1 a 4 suspensiones mensuales por 19 meses el proyecto no es rentable.
- Si se logra evitar 5 suspensiones mensuales a más por 19 meses el proyecto es rentable.
- Si se logra evitar 28 suspensiones mensuales el % de suspensiones se reduce a -0,07%, es decir se logra la desaparición. Por ende, se puede indicar que éste es el límite máximo teórico que el proyecto puede alcanzar.
- El mejor escenario generará 178.574.747 millones de pesos.

#### 8.8. Aspectos centrales del capítulo.

El proyecto, posiblemente, generará un VAN de \$6.3 millones pesos, aproximadamente, en el escenario más nefasto y, en el mejor de los escenarios, \$178.6 millones de pesos en un periodo de 18 meses. Como el resultado del “Aumento de Operaciones” y “Ahorro” por un período de 19 meses. Para ello, es necesario contratar un personal por toda la duración del proyecto, la colaboración de otros profesionales y una inversión para su puesta en marcha.

## 9. IMPLEMENTACIÓN ORGANIZACIONAL

---

Al igual que [59] *“A las componentes ‘negocio-proceso-tecnología hasta ahora trabajadas se ha adicionado un elemento que, siendo esencial en el éxito de toda actividad, pocas veces se asume con la debida importancia: el componente humano. La gestión del cambio habilita las condiciones organizacionales para producir el acoplamiento de todos estos componentes con un objetivo único y de interés común para todos, a concretar en un proyecto”*.

Este trabajo se basó en las lecciones enseñadas por Eduardo Olgún Macaya durante el semestre Otoño 2015, las cuales fueron plasmadas en un manual llamado “Gestión del Cambio: Una Propuesta Práctica”. Este capítulo presenta un modelo con varios dominios de acción que son paralelas y no secuenciales, más bien son áreas de trabajo. Su relevancia se basa en lograr que la SOLUCIÓN genere el impacto ofrecido al negocio.

### 9.1. Análisis Organización.

En el HEGC, durante 2015, los procesos de planificación y programación de pabellón no cuentan con información precisa para la toma de decisiones, por lo tanto generar una cultura de toma de decisiones basada en información es un proceso de complejo. Esta complejidad es debido a la necesidad de añadir nuevas prácticas, por ejemplo “Anotar inicio de cada actividad” o “Evaluar duración de operación”. Estas prácticas cambian la cultura de los profesionales de una reactiva a una proactiva. Este cambio requiere varias herramientas que puedan abordarlo.

### 9.2. Gestión liderazgo y actores.

Para este proyecto se creó una coalición conductora o integrantes del proyecto para el proceso de cambio. Encabezada y liderada por el tesista Ian Raymundo, la Doctora Nelly Letelier y Doctora Marcela Santos. En varias reuniones se concluyó la necesidad de evaluar el estado de las actividades de pabellón, sin embargo detectó una falta de poder del equipo para la implementación. Es por ello que el proyecto se dividió en dos fases para una fácil implementación y aceptación.

Por otro lado, existen otros actores relevantes del proyecto. Entre ellos, el Jefe de Pabellón y la Enfermera en Jefe. Dado a la poca colaboración y al fracaso de

comunicación con Jefe de Pabellón, la Enfermera en Jefe se puso a disposición para continuar con la primera fase del proyecto y sus objetivos.

Con respecto al personal de pabellón se inculco el propósito del proyecto. Se evitó la impresión de posibles amonestamientos o penalizaciones, con la finalidad de que la información pudiese ser alterada.

El propósito de este trabajo es:

“Mejorar la atención a los pacientes y aliviar la incertidumbre del estado de la operación a los parientes del paciente, para ello se les informa el estado en tiempo real de las operaciones. Además, se pretende reducir los errores en el cálculo de la duración de las operaciones quirúrgicas y mejorar la asignación de operaciones condicionales”.

### 9.3. Estrategia de Implementación.

Para asegurar una fácil aceptación, la implementación de la solución se realizó dos fases.

- 1° fase: La gestión del cambio asociada a la implementación del proyecto prototipo de “Monitoreo de Pabellón Quirúrgico” en el Hospital pediátrico Dr. Exequiel González Cortés, desarrollado desde el octubre del 2015 a diciembre 2015. La finalidad fue demostrar la factibilidad de recolectar información para el apoyo de la toma de decisiones. Este representó uno de los más grandes desafíos del proyecto y un factor decisivo en la obtención resultados de los objetivos planteados.
- 2° fase: Implementación del proceso “Control de Pabellón”. La segunda fase, generar la cultura de análisis de información y generación de toma de decisiones, esta fase quedó pendiente en el momento de la realización de este informe.

La ventaja de esta estrategia es que brinda la posibilidad de generar, en una primera fase, un prototipo o puesta en marcha blanca que genera resultados seductores a bajo costo y brinda espacio para plantear la segunda fase. Cabe resaltar que el proyecto debe aprovechar ese impulso para solicitar los recursos para la segunda



fase y, con resultados preliminares, se puede concienciar al Jefe de Pabellón las ventajas e importancia.

#### 9.4. Cambio y conservación.

Al momento de realizar el proceso de cambio se tuvo presente tres puntos.

- Lo que puedo y debo conservar. Aquellos temas que son de gran importancia para el hospital y que no pueden ser cambiadas. Por ejemplo, que el gestor tome la decisión final y que éstas no sean impuestas.
- Lo que hay que eliminar. Un ejemplo puede ser las malas prácticas dentro de algún proceso que no aportan ningún valor.
- Lo que hay que cuidar y cultivar. Por ejemplo, afectar, interferir o cambiar la praxis médica actual. Debido a que se ha demostrado que los resultados en el restablecimiento de la salud del paciente son exitosos, más bien deberán ser cambios que sean paralelos y no condicionantes.

Es así este trabajo pretende mejorar (cambiar) la toma de decisiones del proceso de programación de pabellón y cultivar una cultura preventiva. A su vez, mantener la posibilidad de que el profesional o gestor de pabellón tome la última decisión. Finalmente, se pretende eliminar o reducir los errores en el cálculo del tiempo y la cantidad de operaciones condicionales no atendidas y, en consecuencia, reducir las suspensiones o cancelaciones quirúrgicas.

#### 9.5. Gestión de los Estados de Ánimo.

Los estados de ánimo influyen en los actores del proyecto, incluido el líder o jefe y su equipo de implementación. De esta manera, cada uno de ellos influye en el proceso, dificultándolo o facilitándolo, motivo por el cual el rol y capacidades del líder para detectar, evaluar e influir en los estados de ánimo de los actores y su equipo, es relevante, pues permite ir pavimentando el camino para llegar al cambio y/o objetivo que se pretende lograr.

En este aspecto, la coalición conductora del proyecto adicionó a la Enfermera Jefa, Ana María Correa. Este personal generaba muchas instancias que permitían escuchar, identificar e intervenir en los estados de ánimo de la organización, lo que permitió a este trabajo desarrollar la primera fase.

Sin embargo, un aspecto desalentador y que afectó los estados de ánimos, fue la poca participación del Jefe de Pabellón y la relación de éste con los otros miembros del proyecto. Esto generó incertidumbre y una caída en la motivación de los actores involucrados.

#### 9.6. Desarrollo de las Habilidades.

Las habilidades (experiencias de aprendizaje) facilitan el logro del objetivo. La falta de habilidades, por el contrario, puede desconcertar al equipo y entorpecer el proceso. Se requiere que, tanto la organización como la coalición conductora, entren en un proceso de aprendizaje organizacional y desarrollo de dos tipos de habilidades.

- Habilidades en procesos de cambio genéricos. En éstas no hubo mucha dificultad, debido a que estas son innatas en la organización y en la coalición conductora. Entre las habilidades que podemos mencionar están, la persuasión, la capacidad de abstracción, la capacidad encontrar soluciones en equipo, la aceptación de las críticas y la comunicación.
- Habilidades para casos particulares. En éste aspecto hubo un trabajo adicional. Fue necesario generar la habilidad de Procesar y Analizar datos con un alto margen de error de medición y poca frecuencia. Esta habilidad fue compleja, sin embargo se logró llegar un resultado aceptable. Además, se generó la habilidad de desarrollar aplicativos webs, que resultó ser muy útil para este proyecto.

### 9.7. Gestión del poder.

El poder es una fuerza de movimiento y de oposición que ejercen las personas. En consecuencia, una gestión adecuada puede ser fundamental para la ejecución de lo que se desea. El siguiente cuadro muestra las fuerzas de poder del proyecto en su primera fase, las cuales fueron suficientes. Sin embargo, para una segunda fase este cuadro se tiene que reforzar en varios aspectos.

TIPOS DE PODERES		
CLASE	SUBCLASE	Trabajo realizado
Poderes tradicionales	Poder de la fuerza	No es necesario ejercer un poder físico o de agresión ante otros.
	Poder de autoridad	Debido a la ausencia del Jefe de Pabellón, se optó por poner a cargo a la Enfermera en Jefe.
	Poder financiero	No era necesario, dado que los equipos estaban adquiridos y solo era necesario un desarrollo de software.
Poderes de Desarrollo de habilidades y competencias personales.	Poder pragmático	El tesista desarrollo la capacidad de realizar el desarrollo del aplicativo.
	Poder del conocimiento	Se detectó una falencia para ello se desarrolló la capacidad de procesar y analizar datos con errores de medición y poca frecuencia.
Poderes sociales.	Poder simbólico	Existe una seria ausencia de este, sin embargo, los resultados preliminares de la primera fase, aseguran una identidad.
	Poder social	Dado que el aplicativo brinda información útil a varias áreas, se espera que esté poder crezca paulatinamente.
	Poder de la articulación	A razón que la primera fase está desarrollada para brindar información a varios actores este poder no es relevante desarrollarlo, pero si informarlo.
Poder personales	Poder personal	El poder personal es normal, a pesar de los grandes obstáculos se encontró otros medios de lograr una primera fase. Aunque con mayor apoyo se pudo aprovecharlo de mejor manera. Esto se debió a la falta de atención del Líder del Proyecto al Jefe de Pabellón y las relaciones de este con el equipo de trabajo.

## 9.8. Evaluación y Cierre.

Existen tres consideraciones que marcan el cierre y la evaluación del proyecto, las cuales se completaron en su totalidad.

1. Definir el ámbito de la implementación y el diseño.
2. Desarrollar la habilidad de análisis de datos.
3. Implementar un prototipo y la evaluación sus resultados.

La siguiente tabla muestra las acciones tomadas en relación a estas consideraciones.

Se dividió el proyecto en dos fases. La primera fase fue implementada y la segunda quedó como diseño.
Se diseñó la habilidad de procesar los datos de la 1era fase, en los cuales se generó la capacidad de estimar la duración de las operaciones y la cantidad de operaciones condicionales.
Se implementó un aplicativo que estuvo operando por dos meses, desde octubre a diciembre 2015, generando datos que fueron posibles de contrastar con otros aplicativos.

## 9.9. Aspectos centrales del capítulo.

La implementación se basa en un modelo con varios dominios de acción, que son paralelas y no secuenciales, el cual es desarrollado por Eduardo Olguín. Entre los más destacados tenemos Gestión de liderazgo y actores; Estrategia de implementación; cambio y conservación; gestión de los estados de ánimo; desarrollo de habilidades; gestión del poder; evaluación y cierre.

En primer lugar, el liderazgo fue encabezado, a través de una coalición conductora, y liderado por el tesista Ian Raymundo, la Doctora Nelly Letelier y Doctora Marcela Santos. Y los actores más relevantes, en tanto, el Jefe de Pabellón y la Enfermera en Jefe (Ana María Correa).

En segundo lugar, la estrategia del proyecto se basa en la división en dos fases. La primera genera resultados y brinda espacio para plantear, mientras que la segunda fase para la implementación de los nuevos procesos.

En tercer lugar, los cambios y conservaciones que este trabajo pretende son: Mejorar (cambiar) la toma de decisiones del proceso de programación de pabellón y cultivar

una cultura preventiva. A su vez, mantener la posibilidad de que el profesional o gestor de pabellón tome la última decisión. Finalmente, se pretende eliminar o reducir los errores en el cálculo del tiempo y la cantidad de operaciones condicionales no atendidas.

En cuarto lugar, la gestión de los estados de ánimo vio la necesidad de aunar a la Enfermera en Jefe, lo cual permitió desarrollar la primera fase. Sin embargo, la poca colaboración del Jefe de Pabellón dejó incertidumbre.

En quinto lugar, fue necesario generar la habilidad de Procesar y Analizar datos con un alto margen de error de medición y poca frecuencia. Esta habilidad fue compleja, sin embargo se logró llegar un resultado aceptable. Además, se generó la habilidad de desarrollar aplicativos webs, la cual fue útil para este proyecto.

En sexto lugar, la gestión del poder del proyecto, en su primera fase, fue suficiente, sin embargo, para una segunda fase es necesario reconfigurar estos aspectos.

Es por ello que para implementar un proyecto de monitoreo de pabellón es necesario en primer lugar garantizar el pleno apoyo del Jefe de Pabellón y la enfermera en Jefe, a razón que el primero tiene la capacidad influir en el desenvolvimiento del proyecto y el segundo conoce las capacidades y restricciones especiales dentro de pabellón. En segundo lugar, evitar que el personal del pabellón tenga la impresión posibles amonestaciones y penalizaciones, a razón que la información pudiese ser alterada para evitarlas. Y en tercer lugar informar y mantener el propósito del trabajo. “Mejorar la atención a los pacientes y aliviar la incertidumbre del estado de la operación a sus parientes, para ello se informa el estado de las operaciones en tiempo real, anticipar los errores el cálculo de la duración de las operaciones quirúrgicas y mejorar la asignación de operaciones condicionales”.

Finalmente, la evaluación y cierre se basó en definir el ámbito de la implementación y diseño, desarrollar la habilidad de análisis de datos y, finalmente, implementar un prototipo y la evaluación sus resultados.

## 10. CONCLUSIONES

### 10.1. Descripción general.

El sistema de salud de Chile se basa en mancomunación, dividiéndose en dos sistemas: público y privado. A diferencia del sistema privado, el sistema público atiende a al menos 81.9% de la población Chile. El Hospital Exequiel González Cortés es un centro asistencial pediátrico, que perteneciente al Servicio de Salud Metropolitano Sur (SSMS). Su servicio es Pull, es decir responde a la demanda de la alta especialización, y esto acompleja la gestión de sus actividades.

### 10.2. Marco Metodológico y Teórico.

Para comprender y proponer soluciones a la problemática del hospital, este trabajo se basa en la Metodología de Ingeniería de Negocios.

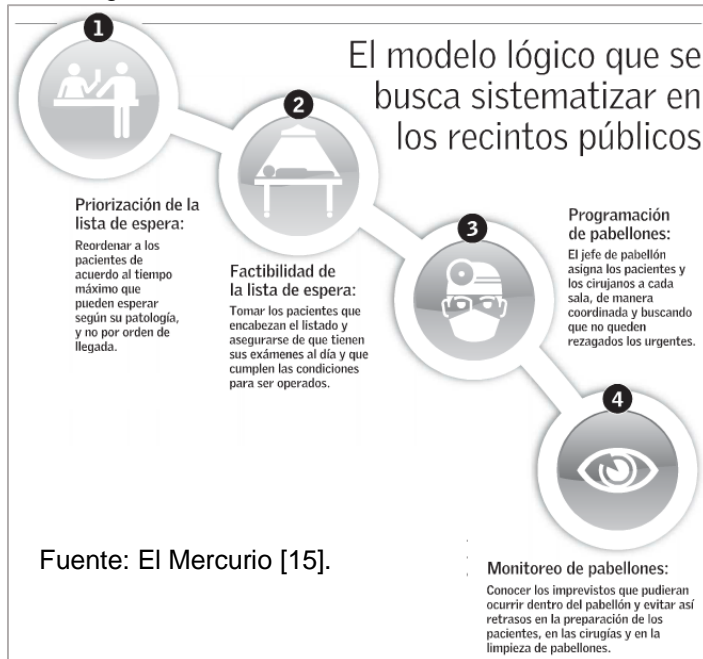
Luego, como modelo lógico y de articulación con otros trabajos realizados con anterioridad en el Hospital, trabajo desarrolla el punto "Monitoreo de Pabellones" modelo desarrollado por el departamento de ingeniería industrial de la Universidad Chile.

En el marco teórico, se observa que las cancelaciones de

operaciones han sido un problema importante y de larga data para el hospital y para las organizaciones de salud en todo el mundo. Además, la recolección y procesamiento de datos es compleja en todas las organizaciones y también para HEGC. Para superar esto se propone a la inferencial estadística como la herramienta más adecuada.

### 10.3. Análisis estratégico, modelo de negocio y Arquitectura de procesos.

Ilustración 76 - Modelo Lógico para Sistematizar Pabellón Quirúrgico.

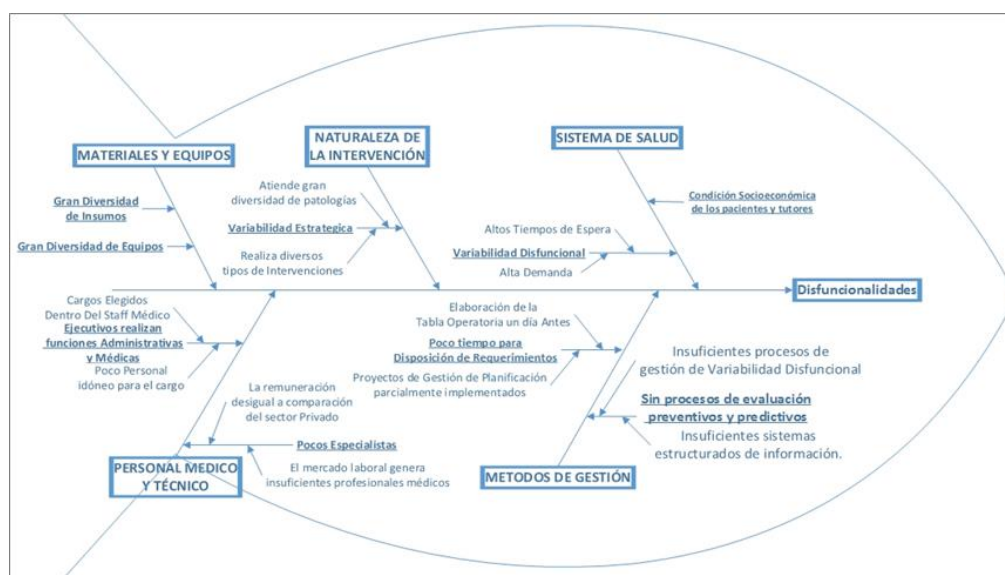


este  
(4)  
del  
de

A partir de lo anterior (marco metodológico y teórico), este trabajo describe las características del HEGC. Esta organización define como su visión: Atender a sus pacientes con calidad certificada y tiempos de espera definidos para cada atención. Para lograrlo se posiciona en una estrategia de *Mejor Producto*, posteriormente, diseña un mapa estratégico en un cuadro de manto integral. Por otro lado, su modelo de negocio busca satisfacer las necesidades de promoción, prevención, recuperación y rehabilitación de la salud de los pacientes pediátricos, ofertando atención médica especializada oportuna, justa con eficiencia y calidad. Las características respecto a los procesos del servicio de pabellón donde este trabajo impactó, estos se encuentran en la Macro1 o cadena de valor. Este trabajo describe los procesos de **Entrega y Ejecución del Pabellón, Planificación de Pabellón y Control de Pabellón.**

#### 10.4. Análisis de la Problemática.

Con respecto a la problemática del HEGC, este trabajo encontró que las decisiones tomadas por los gestores de pabellón pueden ser mejorados. Esto es debido a que este trabajo encontró oportunidades de mejorar en la forma cómo se toman las decisiones. Este trabajo muestra el primer aporte que es una distinción de la relación de los *Factores de Disfuncionalidades*, las *Disfuncionalidades* y los *Efectos Finales* o *causales*, los cuales fueron organizados en un diagrama de Ishikawa (ilustración 31).



La ventaja de esta ilustración es que permitió organizar las teorías que se tienen de los orígenes de la problemática de las disfuncionalidades del hospital, los cuales afectan las decisiones de los gestores de pabellón. Por lo tanto, los factores son el inicio de las disfuncionalidades operativas del hospital, que se expresan a través de

efectos finales o motivos de suspensión. Ejemplos de los efectos finales son las suspensiones por falta de tiempo, problemas al paciente o paciente ausente, las cuales representan el 66% de las causales de suspensión.

#### 10.5. Rediseño de procesos.

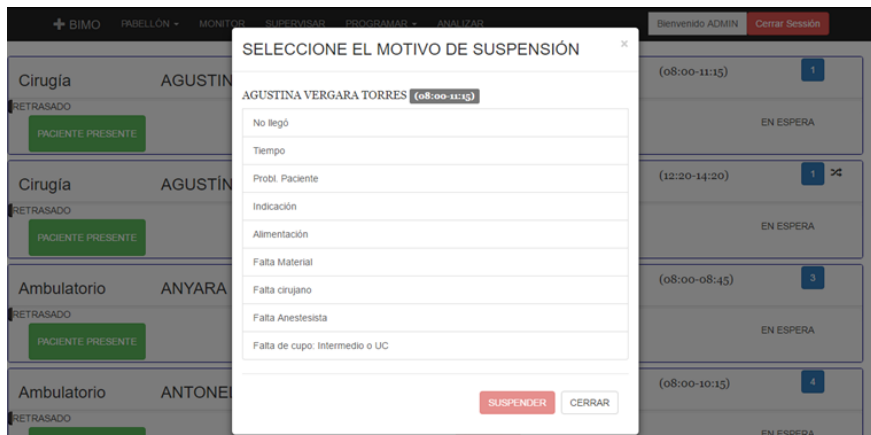
Es así que este trabajo se enfoca en atender las disfuncionalidades y sus efectos, mas no en sus orígenes o factores, debido a que una de las disfuncionalidades más resaltantes son las suspensiones. Como consecuencia, el objetivo de este trabajo es disminuir las suspensiones quirúrgicas de pabellón mediante el apoyo de la toma de decisiones. Se diagnostica como oportunidad de mejora, a los métodos y procedimientos para calcular el tiempo de operaciones programadas y la cantidad de operaciones condicionales, debido a que las acciones que toman los gestores de pabellón no cubren la capacidad ociosa generada y/o permiten generar medidas preventivas. Para atenuar posibles sobreestimaciones, se realizó una optimización de la situación actual usando los registros del protocolo operatorio. No obstante, esta alternativa fue descartada ya que no es un trabajo menor o marginal e implicaría un proyecto de mayor envergadura.

Luego, este trabajo planteó modificaciones en los procesos. En específico, se rediseñó el proceso de control de Pabellón, el cual recopila, analiza y presenta un conjunto de directivas de control, que permite a otros procesos identificar sus restricciones y tener planes de acción. Como resultado se habilitó la comunicación y retroalimentación entre el proceso de Ejecución de la Operación y el proceso de Planificación Pabellón, a través del proceso *Control de Pabellón*.

#### 10.6. Diseño de la lógica de negocio y aplicación de apoyo.

Posteriormente, fue necesario desarrollar una lógica de negocio que partió con identificar las actividades relevantes donde interactúa el paciente. Además, se revisó el estado de la infraestructura tecnológica y se encontró un aplicativo en funcionamiento que recolecta parte de la información necesaria y luego se propuso e implementó un nuevo aplicativo llamado “Monitor de Pabellón” (BIMO), para complementar esta información.



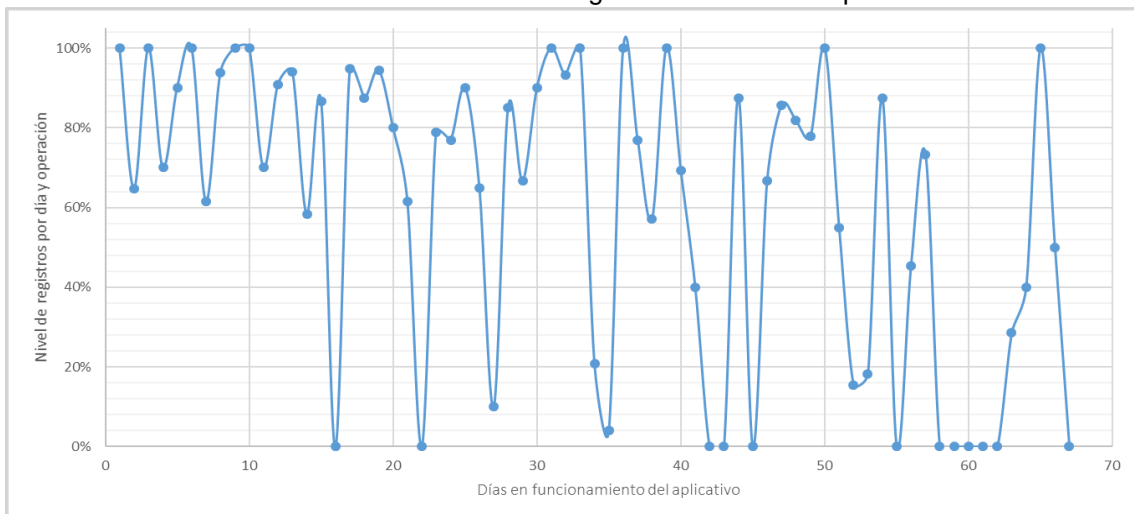


La información recabada de los dos aplicativos mencionados en el párrafo anterior ayudó a apoyar las decisiones más complejas de los gestores de pabellón, con cálculo de la duración y las operaciones condicionales.

UNID OPERACION	PACIENTE	PABELLON	INICIO	FIN	NUMERO DE PACIENTES	COD-INDICADA	DURACION	PERFORMANCE	DISTRIBUCION	OPERACIONES CONDICIONALES
Cirugia	ISAAC HONEST GONZÁLEZ LEONARDO	1	09:00	10:15	11	1502013 1502039	75	73 93 105 117 132		
Ambulatorio	3 LIZAVIA FRANCISCO	3	15:55	16:55	41	1502065	60	11 28 40 60 96		
Ambulatorio	3 FRANCISCO ERIBOS PAREDES	3	17:05	18:05	16	1502008	60	7 46 77 110 157		
Ambulatorio	1 NICOLÁS ALONSO SAN VARDOL VA. (SINARAN)	1	16:05	17:05	4	19020757	60	19 34 45 56 70		

En el piloto estuvo operando por 67 días útiles y demostró la capacidad de dar la facilidad de acceso a cualquier interesado para consultar el estado de la operación, para así, tomar medidas preventivas basadas en información que el aplicativo brinda.

Ilustración 77 - Nivel de registro de información por día.



Como se puede observar en el gráfico anterior, los primeros 15 días en el que hubo un personal para hacer seguimiento el nivel de registro es alto. Es así que se mostró la necesidad de un personal dedicado al seguimiento del registro de los estados de las operaciones, ya que 45% de las operaciones registradas durante la duración del proyecto tiene algún dato valido y en total solo se obtuvo el 40% del total de los datos posibles.

Ilustración 78 - Nivel de registro de las operaciones.

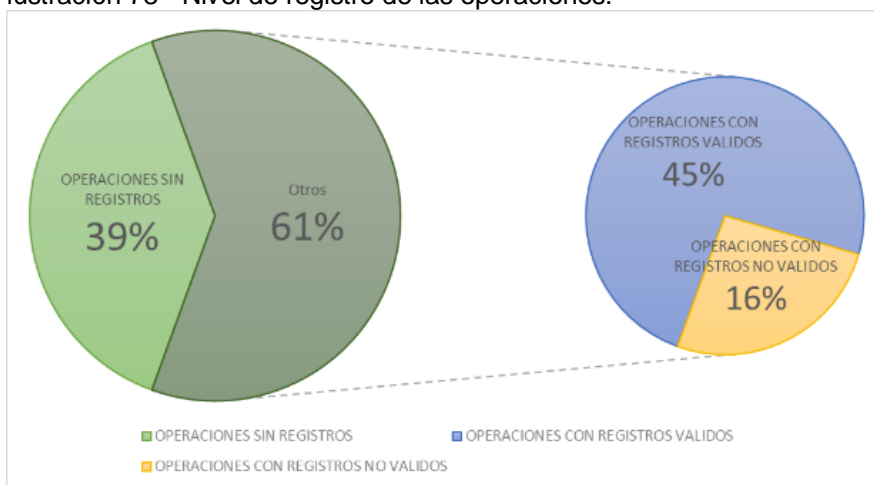
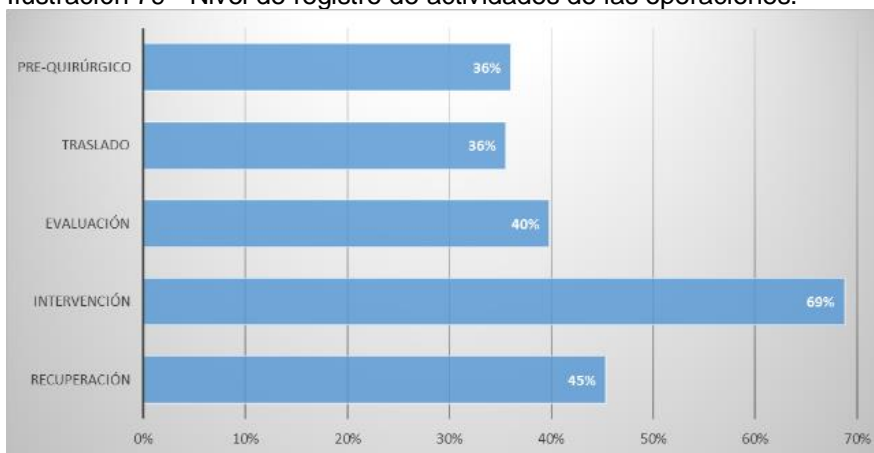


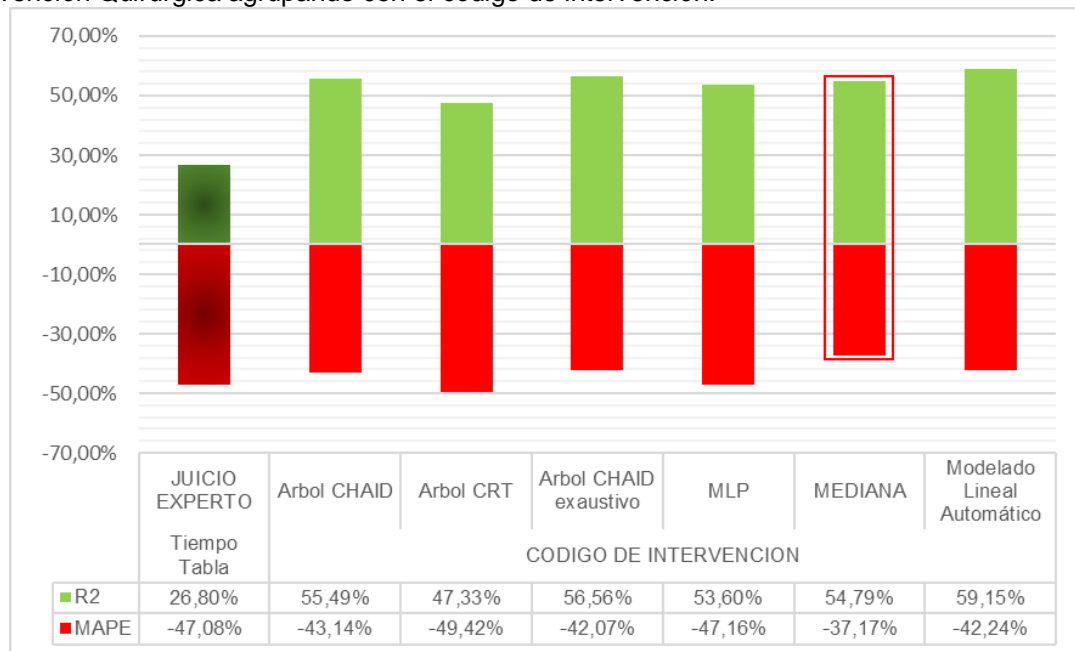
Ilustración 79 - Nivel de registro de actividades de las operaciones.



Como resultado del análisis de los datos recabados este trabajo propone su segundo aporte. Se determinó la relación de la duración de la actividad *Intervención Quirúrgica* y la variable *Código de Intervención*, y como medida de representación se utilizó la Mediana. No obstante, para las actividades *Preoperatorio*, *Traslado*, *Evaluación Pre anestesia* y *Recuperar Paciente* la relación con el código de intervención es poco probable y no es necesario agruparla con la variable *Código de Intervención*. Entonces, se propone a la mediana estadística como el método más estable y rápido

para representar la duración de esas actividades. La siguiente ilustración muestra los resultados de este cálculo.

Ilustración 80 - Relación error MAPE y confianza R2 del cálculo de la duración de la actividad Intervención Quirúrgica agrupando con el código de intervención.



Además este trabajo propone el tercer aporte, que es un nuevo modelo para gestión de las suspensiones a través del cálculo de las operaciones condicionales para dos escenarios. El primero es atender las operaciones suspendidas y el segundo es aprovechar el tiempo remanente de las operaciones ejecutadas. Sin embargo, el segundo fue descartado por falta de frecuencia de casos o utilidad para el HEGC. Con respecto los dos escenarios anteriores, estos entran separados en tres fases. La primera, identifica qué tipo de operaciones son propensas a suspenderse o dejan un tiempo restante. La segunda busca ordenadamente los tipos de operaciones alternativas a éstas y, finalmente, la tercera resuelve las operaciones condicionales desde la lista de espera.

La siguiente tabla muestra la relación del problema, las decisiones y resultados que los gestores de pabellón. Además, de los aportes de este trabajo para mejora de la toma de decisiones, y los resultados esperados.

PROBLEMA	NIVEL DE IMPACTO <sup>23</sup>	DECISIONES PARA SUPERAR EL PROBLEMA	RESULTADO DE LAS DECISIONES	MEJORA PROPUESTA	RESULTADOS ESPERADOS DE LA MEJORA PROPUESTA
		GESTORES DE PABELLON		SOLUCIÓN PROPUESTA	
<b>SUSPENSIONES POR falta de Tiempo.</b>	24%	Calculo de la duración de las operaciones basado en Juicio Experto	26.8% efectividad	Calculo de la duración través de la mediana	54.7% efectividad
<b>SUSPENSIONES POR</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas con el paciente</li> <li>• Paciente ausente</li> <li>• Otras.</li> </ul>	76%	Programación de condicionales basado en Juicio Experto	Inadecuada identificación de suspensiones (Sin medición)	Modelo de Sobreventa	Determinación de la probabilidad de suspensión. (Factible medición de efectividad)
			Acceptable determinación de cantidad de condicionales. (Sin medición)		Calculo de la cantidad de condicionales a través del valor esperado $E(x)$ (Factible medición de efectividad)
			Inadecuada selección de operaciones condicionales. (Criterio simple y eficaz)		Un modelo de selección de una operación condicional (Criterio basado en la factibilidad operativa y prioridad medica)

<sup>23</sup> Basados en la ilustración 36. Diagrama de Pareto de motivos de Suspensiones abril 2009-diciembre 2011

#### 10.7. Diseño y evaluación financiera.

Otro aspecto importante fue el análisis de los beneficios financieros. Este trabajo proyectó la posibilidad de generar un VAN de \$6.3 millones pesos alrededor de 9.000 USD aproximadamente, en el escenario más nefasto, y en el mejor de los escenarios, \$131.6 millones de pesos alrededor de 190.000 USD aproximadamente. Ambos escenarios por concepto de “Aumento de Operaciones” y “Ahorro” por un período de 19 meses.

#### 10.8. Implementación Organizacional.

Finalmente, la implementación se realizó a través del liderazgo encabezado por una coalición conductora y dirigida por el tesista Ian Raymundo y un grupo de médicos. Este grupo identificó los actores más relevantes, que fueron el Jefe de Pabellón, quien limitó el alcance, y la Enfermera en Jefe, que ayudó a conseguir los primeros objetivos. Luego fue necesario generar la habilidad de Procesar y Analizar datos con un alto margen de error de medición y poca frecuencia. Esta habilidad fue compleja, sin embargo se logró llegar a un resultado aceptable. Se generó la habilidad de desarrollar aplicativos webs, la cual fue útil para este proyecto. El cierre y la evaluación se basaron en definir el ámbito de la implementación y diseño, desarrollar la habilidad de análisis de datos y, finalmente, implementar un prototipo a través de un piloto y la evaluación de sus resultados.

#### 10.9. Apreciaciones del investigador y trabajo futuro.

Como comentarios finales, este trabajo, en un inicio, intentó abortar los factores u orígenes de las disfuncionalidades como la *Gestión de Recursos Necesarios*. Sin embargo, los intereses de los gestores y la disposición de los recursos obligaron a este proyecto a enfocarse en objetivos más factibles y reconoce las fallas en la gestión del cambio, en específico, la comunicación con los actores principales. No obstante, se brinda tres grandes aportes. El primero es la distinción entre los factores, las disfuncionalidades y efectos finales, ya que se puede conocer, con antelación, el impacto de las soluciones que se puedan proponer. Por ejemplo, si se desea una desaparición o disminución, es necesario enfocarse en los orígenes, o si se desea un paliativo, es necesario enfocarse en los efectos. El segundo y tercer gran aporte es el diseño de dos lógicas de negocio que no cambia la praxis médica y las decisiones de

los gestores de pabellón, más bien mejora las actuales decisiones, haciéndolas más precisas y efectivas.

Es por ello que para implementar un proyecto de monitoreo de pabellón es necesario en primer lugar garantizar el pleno apoyo del Jefe de Pabellón y la enfermera en Jefe, a razón que el primero tiene la capacidad influir en el desenvolvimiento del proyecto y el segundo conoce las capacidades y restricciones especiales dentro de pabellón. En segundo lugar, evitar que el personal del pabellón tenga la impresión posibles amonestaciones y penalizaciones, a razón que la información pudiese ser alterada. Y en tercer lugar informar y mantener el propósito del trabajo. “Mejorar la atención a los pacientes y aliviar la incertidumbre del estado de la operación a los parientes del paciente, para ello se les informa el estado en tiempo real de las operaciones. Además, se pretende reducir los errores en el cálculo de la duración de las operaciones quirúrgicas y mejorar la asignación de operaciones condicionales”.

Finalmente se propone los siguientes trabajos futuros para el HEGC.

- Diseñar e implantar una solución para el proceso de Gestión de Recursos Necesarios, debido a que éste permitirá garantizar la disposición de estos recursos que, generalmente, son afectados por los factores de disfuncionalidades. Se especula que ese trabajo logrará reducir, en un 50%, las disfuncionalidades que adolece pabellón quirúrgico.
- Determinar la probabilidad de suspensión. Este trabajo parte del supuesto que el gestor de pabellón, puede calcular este número. Sin embargo, como se mostró con el cálculo de la duración de las operaciones, es muy factible se exista errores, los cuales son posibles de mejorar.
- Evaluar la factibilidad de realizar alianzas con otros hospitales para la gestión de la sobreventa. Esta evaluación, además afrontar el problema como grupo instituciones, abre la posibilidad de transferencia de información y buenas prácticas entre los hospitales.

## BIBLIOGRAFÍA

---

- [1] MINISTERIO DE SALUD DE CHILE, «DECRETO LEY Nº2.763, DE 1979,» MINISTERIO DE SALUD, 3 Agosto 1979. [En línea]. Available: [http://juridico1.minsal.cl/DL\\_2763\\_DE\\_1979.doc](http://juridico1.minsal.cl/DL_2763_DE_1979.doc). [Último acceso: 12 12 2015].
- [2] M. VERGARA-ITURRIAGA, «Financiamiento del sistema de salud chileno,» Santiago, 2006.
- [3] S. A. GUTIÉRREZ LOYOLA, «Monitoréo y gestión de pacientes en la atención de urgencia en el hospital exequiel gonzález cortés,» Santiago, Chile, 2013.
- [4] S. V. SCHNEIDER, «Instituto Nacional de Estadísticas (INE),» INE, 02 04 2015. [En línea]. Available: [http://www.ine.cl/canales/chile\\_estadistico/familias/demograficas\\_vitales.php](http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/familias/demograficas_vitales.php). [Último acceso: 04 05 2015].
- [5] V. R. BAGNARA, «Ministerio de Salud,» Departamento de Estadística e Información de Salud, 29 11 2011. [En línea]. Available: <http://www.deis.cl/?p=53>. [Último acceso: 2015 05 04].
- [6] C. DE LATHOUWER y J. POULLIER, How much ambulatory surgery in the World in 1996–1997 and trends?, ELSEVIER, October 2000.
- [7] C. D. C. A.G., «Estudio de costos de prestaciones de salud.,» *Temas de Coyuntura*, nº 54, 2012.
- [8] FEDERAL INFORMATION PROCESSING STANDARDS PUBLICATIONS, «IDEFØ Function Modeling Method,» Processing Standards Publication 183, 21 12 1993. [En línea]. Available: <http://www.idef.com/pdf/idef0.pdf>. [Último acceso: 01 07 2015].
- [9] OBJECT MANAGEMENT GROUP (OMG), «Process Modeling Conformance,» Business Process Model and Notation, 03 01 2011. [En línea]. Available: <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>. [Último acceso: 01 07 2015].
- [10] O. BARROS y A. QUEZADA, «Integrated Modeling of Business Architecture and Process Design with BPMN: Application to Hospitals,» University of Chile, Chile, 2010.
- [11] O. BARROS y . C. JULIO, «Enterprise and process architecture patterns,» *Business Process Management Journal*, 2011.
- [12] W. R. PATRICIO, «Optimización de los Procesos de Gestión de Pabellones,» Santiago, 2012.
- [13] M. D. C. CISNEROS CALERO, «Priorización de listas de espera de cirugía para la gestión de pabellones quirúrgicos del hospital pediátrico Dr. Exequiel González Cortés,» Santiago, Chile, 2010.
- [14] I. A. VIELMA GAZZANA, «Mejoramiento de la gestión de insumos de pabellón del Hospital Exequiel González Cortés,» Santiago, 2013.
- [15] C. SAIN, «Salud ensaya en tres hospitales un nuevo modelo de gestión de Pabellones para reducir las cirugis en espera,» *El Mercurio*, p. 12, 15 Marzo 2015.
- [16] T. OHNO, *Toyota production system: Beyond large-scale production*, New York: Productivity Press, 1988.

- [17] C. KENNEY, *Transforming health care: Virginia Mason Medical Center's pursuit of the perfect patient experience*, New York: Productivity Press, 2011.
- [18] R. REID, K. COLEMAN, E. JOHNSON, P. FISHMAN, C. HSU y M. SOMAN, «The Group Health medical home at year two: Cost savings, higher patient satisfaction, and less burnout for providers,» *Health Affairs*, 2010.
- [19] S. SPEAR, «Fixing health care from the inside, today.,» *Harv Bus Rev*, p. 78–91, 2005.
- [20] M. LÓPEZ, J. TRINIDAD, S. MORALES y V. LANDASSURI, «Process improvement in the operating room using Toyota (Lean) methods,» *Revista Colombiana de Anestesiología*, vol. 42, nº 3, pp. 220-228, 2014.
- [21] D. LEONARD y J. RAYPORT, «Spark Innovation through Empathic Design,» *Harvard Business Review*, 1997.
- [22] M. UGALDE y V. ZURBANO, «Creatividad e innovación: Nuevas ideas, viejos principios,» *Organización y dirección de empresas*, vol. 84, nº 2, pp. 127-132, 2009.
- [23] G. DIWAKAR, «Management, Surgical Suites' Operations,» *Production and Operations Management*, Minnesota, 2007.
- [24] M. TORRES, «Evaluación de alternativas de mejora para el proceso de Hospitalización quirúrgica programada en el hospital clínico de la Universidad de Chile,» Universidad de Chile, Chile, 2007.
- [25] P. DIMITRIADIS, S. IYER y E. EVGENIOU, «The challenge of cancellations on the day of surgery,» ELSEIVER, United Kingdom, 2013.
- [26] E. RODRÍGUEZ, Á. BEGOÑA y P. ABAD, «Rationing through waiting lists: measuring improvement and possible implications.,» *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 2008.
- [27] N. IKUJIRO, «La empresa creadora de conocimiento,» *Harvard Business Review*, 2007.
- [28] I. ESPEJO MIRANDA, F. FERNÁNDEZ PALACÍN y M. A. LÓPEZ SÁNCHEZ, *Inferencia Estadística*, Cádiz España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz, 2007.
- [29] A.-A. ASAAD, «Measures of Skewness and Kurtosis,» *R-bloggers*, 10 Junio 2013. [En línea]. Available: <http://www.r-bloggers.com/measures-of-skewness-and-kurtosis/>. [Último acceso: 01 01 2016].
- [30] U. FAYYAD, G. PIATETSKY-SHAPIRO y P. SMYTH, «Intervention time prediction from surgical low-level tasks,» ELSEIVER, Leipzig-Germany, 2012.
- [31] R. ALVAREZ, R. BOWRY y M. CARTER, «Prediction of the time to complete a series of surgical cases to avoid cardiac operating room overutilization,» *Canadian Anesthesiologists' Society*, Toronto, 2010.
- [32] B. AMMRI, M. LARVIN y M. MCMAHON, «Elective laparoscopic cholecystectomy: preoperative prediction of duration of surgery. *Surg Endosc*,» p. 297–300, 2001.
- [33] B. BHATIA, T. OATES, Y. XIAO y P. HU, «Real-time identification of operating room state from video.,» *Proc of 19th conf on innovative applications of artificial intelligence*, p. 1761–6, 2007.



- [34] F. DEXTER, R. EPSTEIN, J. LEE y J. LEDOLTER, «Automatic updating of times remaining in surgical cases using Bayesian analysis of historical case duration data and “instant messaging” updates from anesthesia providers,» *Anesth Analg*, p. 929–40, 2009.
- [35] S. SPEIDEL, T. ZENTEK, G. SUDRA, T. GEHRIG, B. MÜLLER-STICH y C. GUTT, «Recognition of surgical skills using hidden Markov models.,» *Proceedings of SPIE*, p. 726125–8, 2009.
- [36] K. CLEARY, H. CHUNG y S. MUN, «Workshop overview: operating room of the future.,» *Lemke HU, Inamura K, Doi K, Vannier MW, Farman AG, editors*, p. 847–52, 2004.
- [37] H. LEMKE y M. VANNIER, «The operating room and the need for an IT infrastructure and standards.,» *J Comput Assist Radiol Surg*, p. 117–21, 2006.
- [38] S. BOHN, S. FRANKE, O. BURGERT, J. MEIXENSBERGER y D. LINDNER, «First clinical application of an open standards based OR integration system,» *Biomed Eng*, p. 56, 2011.
- [39] L. BOUARFA, P. JONKER y J. DANKELMAN, «Discovery of high-level tasks in the operating room.,» *J Biomed Inform*, p. 455–62, 2011.
- [40] J. ROSEN, J. BROWN, L. CHANG y M. SINANAN, «Generalized approach for modeling minimally invasive surgery as a stochastic process using a discrete Markov model,» *IEEE Trans Biomed Eng*, p. 399–413, 2006.
- [41] F. LALYS, L. RIFFAUD, X. MORANDI y P. JANNIN, «Surgical phases detection from microscope videos by combining SVM and HMM,» *Menze B, Langs G, Tu Z, Criminisi A, editors*, p. 54–62, 2011.
- [42] N. PADOY, T. BLUM, H. FEUSSNER, M.-O. BERGER y N. NAVAB, «On-line recognition of surgical activity for monitoring in the operating room,» *AAAI Press*, p. 1718–24, 2008.
- [43] T. BLUM, H. FEUBNER y N. NAVAB, «Modeling and segmentation of surgical workflow from laparoscopic video.,» *Jiang T, Navab N, Pluim J, Viergever M, editors.*, p. 400–7, 2010.
- [44] U. FAYYAD, G. PIATETSKY-SHAPIRO y P. SMYTH, «From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases,» American Association for Artificial Intelligence., Rhode Island - EEUU, 1996.
- [45] F. LÓPEZ y I. PASTOR, «Bankruptcy visualization and prediction using neural networks: A study of U.S. commercial banks,» *Expert Systems with Applications*, vol. Volume 42, nº 6, p. 2857–2869, 2014.
- [46] M. LÓPEZ, J. TRINIDAD, S. MORALES y V. LANDASSURI, «Análisis Comparativo de Algoritmos de Minería de Datos para Predecir la Deserción Escolar,» *Research in Computing Science*, Valle de México, 2013.
- [47] M. EL-SHARO, B. ZHENG y S. WON YOON, *An overbooking scheduling model for outpatient appointments in a multi-provider clinic*, NY USA: ELSEVIER, Septiembre 2015.
- [48] L. XU, E. BEDRICK, T. HANSON y C. RESTREPO, «A Comparison of Statistical Tools for Identifying Modality in Body Mass Distributions,» *Journal of Data Science*, vol. 12, pp. 175-196, 2014.
- [49] A. C. LEE y C.-F. LEE, *Encyclopedia of Finance*, US: Springer US, 2006.
- [50] S. KIMA y K. HEEYOUNG, *A new metric of absolute percentage error for intermittent demand forecasts*, West of England UK: ELSEVIER, Octubre 1999.

- [51] M. E. P. ROBERT S. KAPLAN, «The Big Idea: How to Solve the Cost Crisis in Health Care,» *Harvard Business Review*, 2011.
- [52] A. HAX, *Lecciones en Estrategia: Hacia una gestión de excelencia*, Santiago de Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile, 2014.
- [53] R. KAPLAN and D. NORTON, *Performance Measurement, Management, and Appraisal Sourcebook*, EEUU: Human Resource Development Press, Inc., 1995.
- [54] M. JOHNSON, C. CHRISTENSEN y H. KAGERMANN, «Reinventing your business model,» *Harvard Business Review*, 2008.
- [55] E. CONTRERAS y C. DIEZ, *Diseño y Evaluación de Proyectos "Un enfoque integrado"*, Santiago: JC Saenz, 2015, p. 23.
- [56] O. Y. J. C. BARROS, «Design, Integrating Modeling at Several Design Abstraction Levels in Architecture and Process,» *BPTrends*, 2009.
- [57] R. SURI, *Time-Based Competition (TBC). A Companywide approach to Reducing Lead Times*, Portland, OR: Productivity Press, 1998.
- [58] O. BARROS, *Ingeniería de Negocios*, Santiago, 2014.
- [59] M. D. P. CORTÉS HIDALGO, «OPTIMIZACIÓN DE LA FUERZA DE VENTA PARA LA ATENCIÓN DE CLIENTES EN EL MERCADO TRADICIONAL,» Santiago, 2011.
- [60] MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL, «MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL,» MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL, 2012. [En línea]. Available: <http://www.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/pdf/upload/IDS2012.pdf>. [Último acceso: 18 03 2016].

## ANEXO 1

La siguiente tabla, es el resultado del trabajo de análisis de los tipos de operación más comunes (n>30).

Tabla 13 – Resumen de datos estadísticos de operaciones más comunes.

Intervención	Mediana	95% de intervalo de confianza para la media		Media recortada al 5%
		Límite inferior	Límite superior	
<b>12020387 12020387</b>	35.00	33.91	42.68	36.52
<b>1302029</b>	30.00	26.17	30.99	27.89
<b>1502007</b>	50.00	45.94	65.23	53.49
<b>1502016</b>	95.00	86.57	120.19	102.56
<b>1502020</b>	60.00	50.62	78.07	61.18
<b>1502021</b>	40.00	37.99	50.39	42.21
<b>1502064</b>	40.00	37.23	52.55	40.20
<b>1502065</b>	40.00	40.13	55.29	46.62
<b>1602014</b>	25.00	22.56	27.99	25.26
<b>1602019</b>	30.00	25.27	31.21	27.02
<b>1703025</b>	60.00	54.93	76.95	60.04
<b>1802003</b>	30.00	32.27	37.91	33.23
<b>1802003 1802003</b>	45.00	41.73	52.59	46.98
<b>1802081</b>	90.00	86.87	112.75	98.33
<b>19020448</b>	90.00	74.36	98.11	85.91
<b>1902082</b>	30.00	30.47	33.00	30.92
<b>19020825</b>	39.50	35.08	44.06	38.48
<b>21040934</b>	25.00	24.37	31.91	26.77
<b>21041966</b>	30.00	31.22	53.17	40.51
<b>210421313</b>	180.00	162.76	210.04	186.50
<b>21060035</b>	30.00	32.15	47.08	36.30

## ANEXO 2

Algoritmo programado en R para encontrar la función de densidad basado en un arreglo de una dimensión.

```
density(x, ...)  
## Default S3 method:  
density(x, bw = "nrd0", adjust = 1,  
kernel = c("gaussian", "epanechnikov", "rectangular",  
"triangular", "biweight",  
"cosine", "optcosine"),  
weights = NULL, window = kernel, width,  
give.Rkern = FALSE,  
n = 512, from, to, cut = 3, na.rm = FALSE  
, ...)  
density(x, ...)  
## Default S3 method:  
density(x, bw = "nrd0", adjust = 1,  
kernel = c("gaussian", "epanechnikov", "rectangular",  
"triangular", "biweight",  
"cosine", "optcosine"),  
weights = NULL, window = kernel, width,  
give.Rkern = FALSE,  
n = 512, from, to, cut = 3, na.rm = FALSE  
, ...)  
  
density(x, ...)  
## Default S3 method:  
density(x, bw = "nrd0", adjust = 1,  
kernel = c("gaussian", "epanechnikov", "rectangular",  
"triangular", "biweight",  
"cosine", "optcosine"),  
weights = NULL, window = kernel, width,  
give.Rkern = FALSE,  
n = 512, from, to, cut = 3, na.rm = FALSE  
, ...)  
density(x, ...)  
## Default S3 method:  
density(x, bw = "nrd0", adjust = 1,  
kernel = c("gaussian", "epanechnikov", "rectangular",  
"triangular", "biweight",  
"cosine", "optcosine"),  
weights = NULL, window = kernel, width,  
give.Rkern = FALSE,  
n = 512, from, to, cut = 3, na.rm = FALSE  
, ...)
```

Algoritmo programado en R para encontrar modas en un arreglo de una dimensión.

```
find_modes <- function(x) {
  modes <- NULL
  for ( i in 2:(length(x)-1) ){
    if ( (x[i] > x[i-1]) & (x[i] > x[i+1]) ){
      modes <- c(modes,i)
    }
  }
  if ( length(modes) == 0 ){
    modes = NA ##'This is a monotonic distribution'
  }
  return(modes)
}

find_modes <- function(x) {
  modes <- NULL
  for ( i in 2:(length(x)-1) ){
    if ( (x[i] > x[i-1]) & (x[i] > x[i+1]) ){
      modes <- c(modes,i)
    }
  }
  if ( length(modes) == 0 ){
    modes = NA ##'This is a monotonic distribution'
  }
  return(modes)
}

find_modes <- function(x) {
  modes <- NULL
  for ( i in 2:(length(x)-1) ){
    if ( (x[i] > x[i-1]) & (x[i] > x[i+1]) ){
      modes <- c(modes,i)
    }
  }
  if ( length(modes) == 0 ){
    modes = NA ##'This is a monotonic distribution'
  }
  return(modes)
}

find_modes <- function(x) {
  modes <- NULL
  for ( i in 2:(length(x)-1) ){
    if ( (x[i] > x[i-1]) & (x[i] > x[i+1]) ){
      modes <- c(modes,i)
    }
  }
  if ( length(modes) == 0 ){
    modes = NA ##'This is a monotonic distribution'
  }
  return(modes)
}
```

### ANEXO 3

Estadística descriptiva de las operaciones frecuentes agrupadas por código de intervención.

	TPO	n	ASIMETRIA	CURTOSIS	MODA_IZQ	MEDIANA	MODA DER	Mediana-Modalzq
1	1502016	29	0.23	1.82	73	95	NA	22
2	1502033 1502035	17	0.03	3.07	100	120	137.5	20
3	19020448	22	0.36	2.99	66	85	NA	19
4	1704004	11	0.70	2.43	101	120	NA	19
5	1502020	32	1.10	4.23	42	60	163	18
6	1502014	11	0.79	2.40	54	70	NA	16
7	1902022	11	0.72	2.06	30	45	NA	15
8	21040033	12	0.33	2.02	27	40	55	13
9	21041985	13	1.11	4.04	38	50	73.5	12
10	1502064	76	0.77	2.77	26	37.5	58	12
11	15020585	14	0.62	2.55	48.5	60	113	12
12	1502063	26	0.60	3.00	35	46	116	11
13	1602019	62	0.08	2.87	20	30	NA	10
14	21041966	29	0.63	1.92	20	30	71	10
15	1902082	301	0.25	2.96	21	30	40	9
16	19010025	21	0.69	2.54	31	40	NA	9
17	1502011	11	1.09	3.55	57	66	219	9
18	18020049	8	0.47	1.51	29	37.5	85	9
19	1602014	55	0.16	2.33	18	25	28	7
20	20030296	15	0.98	2.66	43	50	NA	7
21	1502066	21	0.66	2.73	74	80	NA	6
22	1902061	16	0.70	2.11	44	50	94	6
23	1502006	18	0.35	1.88	39	45	NA	6
24	1602001	8	0.19	1.28	22	27.5	39	6
25	21040934	38	0.47	2.25	20	25	NA	5
26	1502021	51	0.32	2.60	30	35	50.5	5
27	21041596	12	0.36	1.84	55	60	NA	5
28	1703035	17	1.18	4.53	30	35	90	5
29	1802081	27	0.37	2.66	86	90	NA	4
30	1502013 1502039	10	0.19	1.96	96	100	NA	4
31	1502065	41	0.71	2.54	37	40	NA	3
32	1502025	20	0.84	2.83	92	95	175	3
33	1502007	34	0.68	2.84	45	47.5	85	3
34	21060035	48	0.70	2.61	28	30	59	2
35	1802053	19	0.33	2.24	58	60	102	2
36	1402024	15	0.60	2.25	43	45	NA	2
37	21041905	23	0.68	2.57	43	45	NA	2
38	21042026	10	0.32	2.35	61	62.5	NA	2
39	1802003	134	0.70	2.90	29	30	60	1
40	1602002	22	0.67	3.81	NA	25	39	0
41	21040257	18	0.29	2.37	NA	52.5	53	0
42	1302073	8	0.31	2.30	NA	42.5	43	0
43	1502027	16	-0.02	2.70	223	240	376	0
44	1302029	40	-0.26	2.94	22.5	30	35	0
45	210421313	47	0.00	2.47	154	180	241	0

## ANEXO 4

Algoritmo programado en R, que genera una lista de mejores tipos operaciones alternativas para tipo operación.

```
SerQu<- function(x) ## CAPÍTULO 6.2.1
{
  DATA<-Duracion ##Recuperando Registros Matriz principal COD_INT_FONASA/TIEMPOREAL/TIEMPOESTIMADO
  TpoOper<-DATA[,1][!duplicated(DATA[,1])] ##Creando matriz o lista con solo los códigos de operación
  TpoOper<-as.vector(TpoOper) ##Convirtiendo lista de tipos de operación en vector (Para procesar)
  L<-length(TpoOper[!is.na(TpoOper)]) ##Contando la cantidad de tipos de operaciones
  TipOperObje<-DATA[COD_INT_FONASA==x,] ##Filtrando los registros del tipo de operación
  TipOperObje<-remove_outlier(TipOperObje[,2]) ## Eliminando outliers método Tukey de la columna 2
  Result<-matrix(NA,ncol=6,nrow=L,byrow=TRUE) ## Creando matriz valores iniciales de los resultados con datos NA
  colnames(Result)<-c('TpoOpe', 'Mann-Whitney', 'N%', 'SIME', 'CURTO', 'PESO') ## Asignando nombres a matriz

  for(i in 1:L) ##Calculando los valores de cada tipo operación
  {
    if(TpoOper[i]!=x) ##Para todos los tipos de operación excepto el objetivo
    {
      SUBDATAtmp<-DATA[COD_INT_FONASA==TpoOper[i],] ## Guardando Registros del cada tipo en una nueva variable
      SUBDATAtmp[,2]<-remove_outlier(SUBDATAtmp[,2]) ## Eliminando outliers método Tukey
      SubLen<-round(length(SUBDATAtmp[,2])*0.9,0) ## Obteniendo total de número de registros en un 90%
      SUBDATAtmp<- (SUBDATAtmp)[sample(1:nrow(SUBDATAtmp), SubLen, replace=FALSE),] ## Seleccionando aleatoriamente registros.
      SUBDATAtmp<-SUBDATAtmp[,2] ## Guardando los resultados
      Result[i,1]<-TpoOper[i] ##Asignado el código del tipo de operación a la matriz resultado según del FOR
      Result[i,2]<- (wilcox.test(TipOperObje, SUBDATAtmp)$p.value*2) ## Resultado de la comparación de Wilcox.test los
      registros del tipo deseado de operación con el tipo de operación del FOR
      Result[i,3]<-length(SUBDATAtmp) ##Guardando la cantidad de registros
      Result[i,4]<-skewness(SUBDATAtmp,na.rm = TRUE) ##Calculando la simetría del tipo de operación según el FOR
      Result[i,5]<-kurtosis(SUBDATAtmp,na.rm = TRUE) ##Calculando la curtosis del tipo de operación según el FOR
    }
  }
  Result[,3]<- (normalizar(as.numeric(as.character(Result[,3])))) ##Normalizando n
  Result[,4]<- (normalizar(as.numeric(as.character(Result[,4])))) ##Normalizando simetría
  Result[,5]<- (normalizar(as.numeric(as.character(Result[,5])))) ##Normalizando curtosis
  SECU<-as.numeric(as.character(Result[,4])) * as.numeric(as.character(Result[,5])) ##Multiplicando simetría y curtosis
  #####Ejecutando función del capítulo 6.2.1 #####
  Result[,6]<-round(as.numeric(as.character(Result[,2]))+ as.numeric(as.character(Result[,3])) + SECU,2)

  Result<-Result[order(as.numeric(as.character(Result[,6])),decreasing = TRUE),] ##Ordenando de forma descendente segundo
  resultado
  Result ##Mostrando resultado final
}
SerQu<- function(x) ## CAPÍTULO 6.2.1
{
  DATA<-Duracion ##Recuperando Registros Matriz principal COD_INT_FONASA/TIEMPOREAL/TIEMPOESTIMADO
  TpoOper<-DATA[,1][!duplicated(DATA[,1])] ##Creando matriz o lista con solo los códigos de operación
  TpoOper<-as.vector(TpoOper) ##Convirtiendo lista de tipos de operación en vector (Para procesar)
  L<-length(TpoOper[!is.na(TpoOper)]) ##Contando la cantidad de tipos de operaciones
  TipOperObje<-DATA[COD_INT_FONASA==x,] ##Filtrando los registros del tipo de operación
  TipOperObje<-remove_outlier(TipOperObje[,2]) ## Eliminando outliers método Tukey de la columna 2
  Result<-matrix(NA,ncol=6,nrow=L,byrow=TRUE) ## Creando matriz valores iniciales de los resultados con datos NA
  colnames(Result)<-c('TpoOpe', 'Mann-Whitney', 'N%', 'SIME', 'CURTO', 'PESO') ## Asignando nombres a matriz

  for(i in 1:L) ##Calculando los valores de cada tipo operación
  {
    if(TpoOper[i]!=x) ##Para todos los tipos de operación excepto el objetivo
    {
      SUBDATAtmp<-DATA[COD_INT_FONASA==TpoOper[i],] ## Guardando Registros del cada tipo en una nueva variable
      SUBDATAtmp[,2]<-remove_outlier(SUBDATAtmp[,2]) ## Eliminando outliers método Tukey
      SubLen<-round(length(SUBDATAtmp[,2])*0.9,0) ## Obteniendo total de número de registros en un 90%
      SUBDATAtmp<- (SUBDATAtmp)[sample(1:nrow(SUBDATAtmp), SubLen, replace=FALSE),] ## Seleccionando aleatoriamente registros.
      SUBDATAtmp<-SUBDATAtmp[,2] ## Guardando los resultados
      Result[i,1]<-TpoOper[i] ##Asignado el código del tipo de operación a la matriz resultado según del FOR
      Result[i,2]<- (wilcox.test(TipOperObje, SUBDATAtmp)$p.value*2) ## Resultado de la comparación de Wilcox.test los
      registros del tipo deseado de operación con el tipo de operación del FOR
      Result[i,3]<-length(SUBDATAtmp) ##Guardando la cantidad de registros
      Result[i,4]<-skewness(SUBDATAtmp,na.rm = TRUE) ##Calculando la simetría del tipo de operación según el FOR
      Result[i,5]<-kurtosis(SUBDATAtmp,na.rm = TRUE) ##Calculando la curtosis del tipo de operación según el FOR
    }
  }
  Result[,3]<- (normalizar(as.numeric(as.character(Result[,3])))) ##Normalizando n
  Result[,4]<- (normalizar(as.numeric(as.character(Result[,4])))) ##Normalizando simetría
  Result[,5]<- (normalizar(as.numeric(as.character(Result[,5])))) ##Normalizando curtosis
  SECU<-as.numeric(as.character(Result[,4])) * as.numeric(as.character(Result[,5])) ##Multiplicando simetría y curtosis
  #####Ejecutando función del capítulo 6.2.1 #####
  Result[,6]<-round(as.numeric(as.character(Result[,2]))+ as.numeric(as.character(Result[,3])) + SECU,2)
```

## ANEXO 5

Algoritmo programado en R, que listas tipos operaciones que tienen una tendencia a durar poco tiempo y su tiempo restante.

```
MenosTiempo<- function(x)
{
  DATA<-x ##Recuperando Registros Matriz principal COD_INT_FONASA/TEMPOREAL/TEMPOESTIMADO
  TpoOper<-DATA[,1][!duplicated(DATA[,1])] ##Creando matriz o lista con solo los códigos de operación
  TpoOper<-as.vector(TpoOper) ##Convirtiendo lista de tipos de operación en vector (Para procesar)
  L<-length(TpoOper[!is.na(TpoOper)]) ##Contando la cantidad de tipos de operaciones

  TPO<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Inicializando valores de Tipo de operación
  ASIMETRIA<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Inicializando valores de asimetría
  CURTOSIS<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Inicializando valores de curtosis
  n<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Inicializando valores de frecuencia
  Q3<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Inicializando valores de tercer cuartil
  SUBmedian<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Inicializando valores de mediana
  MoTizq<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Inicializando valores de Moda Izquierda
  MoTder<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Inicializando valores de Moda Derecha
  PA<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Inicializando valores de Probabilidad de acordar

  for(i in 1:L) ## Calculando los valores para cada tipo de operación
  {
    TPO[i]<-TpoOper[i] ##Cargando valores de tipo de operación
    SUBDATAtmp<-DATA[COD_INT_FONASA==TpoOper[i],] ## Guardando Registros del cada tipo en una nueva variable
    SUBDATA<-SUBDATAtmp[complete.cases(remove_outliersOLD(SUBDATAtmp[,2])),] ##Retirando Outlier Tukey Method IQR * 1.5

    n[i]<-length(SUBDATA[,2]) ##Calculando frecuencia
    SUBmedian[i]<-median(SUBDATA[,2]) ## Calculando mediana
    ASIMETRIA[i]<-skewness(SUBDATA[,2]) ##Calculando simetría
    CURTOSIS[i]<-kurtosis(SUBDATA[,2]) ## Calculando curtosis

    if(ASIMETRIA[i]=="NaN" | CURTOSIS[i]=="NaN") ##Para todo valor diferente a vacío
    { PA[i]<-0 } else
    if( as.numeric(as.character(ASIMETRIA[i])) > 0 & as.numeric(as.character(CURTOSIS[i])) > 0 ) ##Si cumple la condición de
    simetría positiva y leptocúrtica
    { PA[i]<-1 } else ##Caso contrario
    {
      PA[i]<-0 }

MenosTiempo<- function(x)
{
  DATA<-x ##Recuperando Registros Matriz principal COD_INT_FONASA/TEMPOREAL/TEMPOESTIMADO
  TpoOper<-DATA[,1][!duplicated(DATA[,1])] ##Creando matriz o lista con solo los códigos de operación
  TpoOper<-as.vector(TpoOper) ##Convirtiendo lista de tipos de operación en vector (Para procesar)
  L<-length(TpoOper[!is.na(TpoOper)]) ##Contando la cantidad de tipos de operaciones

  TPO<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Inicializando valores de Tipo de operación
  ASIMETRIA<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Inicializando valores de asimetría
  CURTOSIS<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Inicializando valores de curtosis
  n<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Inicializando valores de frecuencia
  Q3<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Inicializando valores de tercer cuartil
  SUBmedian<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Inicializando valores de mediana
  MoTizq<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Inicializando valores de Moda Izquierda
  MoTder<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Inicializando valores de Moda Derecha
  PA<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Inicializando valores de Probabilidad de acordar

  for(i in 1:L) ## Calculando los valores para cada tipo de operación
  {
    TPO[i]<-TpoOper[i] ##Cargando valores de tipo de operación
    SUBDATAtmp<-DATA[COD_INT_FONASA==TpoOper[i],] ## Guardando Registros del cada tipo en una nueva variable
    SUBDATA<-SUBDATAtmp[complete.cases(remove_outliersOLD(SUBDATAtmp[,2])),] ##Retirando Outlier Tukey Method IQR * 1.5

    n[i]<-length(SUBDATA[,2]) ##Calculando frecuencia
    SUBmedian[i]<-median(SUBDATA[,2]) ## Calculando mediana
    ASIMETRIA[i]<-skewness(SUBDATA[,2]) ##Calculando simetría
    CURTOSIS[i]<-kurtosis(SUBDATA[,2]) ## Calculando curtosis

    if(ASIMETRIA[i]=="NaN" | CURTOSIS[i]=="NaN") ##Para todo valor diferente a vacío
    { PA[i]<-0 } else
    if( as.numeric(as.character(ASIMETRIA[i])) > 0 & as.numeric(as.character(CURTOSIS[i])) > 0 ) ##Si cumple la condición de
    simetría positiva y leptocúrtica
    { PA[i]<-1 } else ##Caso contrario
    {
      PA[i]<-0 }
```



```

MenosTiempo<- function(x)
{
  DATA<-x ##Recuperando Registros Matriz principal COD_INT_FONASA/TIEMPOREAL/TIEMPOESTIMADO
  TpOper<-DATA[,1][!duplicated(DATA[,1])] ##Creando matriz o lista con solo los códigos de operación
  TpoOper<-as.vector(TpOper) ##Convirtiendo lista de tipos de operación en vector (Para procesar)
  L<-length(TpOper[!is.na(TpOper)]) ##Contando la cantidad de tipos de operaciones

  TPO<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Iniciando valores de Tipo de operación
  ASIMETRIA<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Iniciando valores de asimetría
  CURTOSIS<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Iniciando valores de curtosis
  n<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Iniciando valores de frecuencia
  Q3<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Iniciando valores de tercer cuartil
  SUBmedian<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Iniciando valores de mediana
  MoTizq<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Iniciando valores de Moda Izquierda
  MoTder<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Iniciando valores de Moda Derecha
  PA<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Iniciando valores de Probabilidad de acordar

  for(i in 1:L) ## Calculando los valores para cada tipo de operación
  {
    TPO[i]<-TpOper[i] ##Cargando valores de tipo de operación
    SUBDATAtmp<-DATA[COD_INT_FONASA==TpOper[i],] ## Guardando Registros del cada tipo en una nueva
variable
    SUBDATA<-SUBDATAtmp[complete.cases(remove_outliersOLD(SUBDATAtmp[,2])),] ##Retirando Outlier Tukey
Method IQR * 1.5

    n[i]<-length(SUBDATA[,2]) ##Calculando frecuencia
    SUBmedian[i]<-median(SUBDATA[,2]) ## Calculando mediana
    ASIMETRIA[i]<-skewness(SUBDATA[,2]) ##Calculando simetría
    CURTOSIS[i]<-kurtosis(SUBDATA[,2]) ## Calculando curtosis

    if(ASIMETRIA[i]=="NaN" | CURTOSIS[i]=="NaN") ##Para todo valor diferente a vacío
    { PA[i]<-0 } else
    if( as.numeric(as.character(ASIMETRIA[i])) > 0 & as.numeric(as.character(CURTOSIS[i])) > 0 ) ##Si
cumple la condición de simetría positiva y leptocúrtica
    { PA[i]<-1 } else ##Caso contrario
    {
      PA[i]<-0 }
  }
MenosTiempo<- function(x)
{
  DATA<-x ##Recuperando Registros Matriz principal COD_INT_FONASA/TIEMPOREAL/TIEMPOESTIMADO
  TpOper<-DATA[,1][!duplicated(DATA[,1])] ##Creando matriz o lista con solo los códigos de operación
  TpoOper<-as.vector(TpOper) ##Convirtiendo lista de tipos de operación en vector (Para procesar)
  L<-length(TpOper[!is.na(TpOper)]) ##Contando la cantidad de tipos de operaciones

  TPO<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Iniciando valores de Tipo de operación
  ASIMETRIA<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Iniciando valores de asimetría
  CURTOSIS<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Iniciando valores de curtosis
  n<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Iniciando valores de frecuencia
  Q3<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Iniciando valores de tercer cuartil
  SUBmedian<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Iniciando valores de mediana
  MoTizq<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Iniciando valores de Moda Izquierda
  MoTder<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Iniciando valores de Moda Derecha
  PA<-matrix(NA,ncol=1,nrow=L,byrow=TRUE) ##Iniciando valores de Probabilidad de acordar

  for(i in 1:L) ## Calculando los valores para cada tipo de operación
  {
    TPO[i]<-TpOper[i] ##Cargando valores de tipo de operación
    SUBDATAtmp<-DATA[COD_INT_FONASA==TpOper[i],] ## Guardando Registros del cada tipo en una nueva
variable
    SUBDATA<-SUBDATAtmp[complete.cases(remove_outliersOLD(SUBDATAtmp[,2])),] ##Retirando Outlier Tukey
Method IQR * 1.5

    n[i]<-length(SUBDATA[,2]) ##Calculando frecuencia
    SUBmedian[i]<-median(SUBDATA[,2]) ## Calculando mediana
    ASIMETRIA[i]<-skewness(SUBDATA[,2]) ##Calculando simetría
    CURTOSIS[i]<-kurtosis(SUBDATA[,2]) ## Calculando curtosis
  }
}

```

```

##Algoritmo para buscar modas Buscar las MODAS
DBDen<- SUBDATA[,2]
if(length(DBDen)>1)
{
DENSITY<- density(DBDen,adjust = 1, kernel = "gaussian",na.rm=TRUE);
MO<- as.vector(round(DENSITY$x[find_modes(DENSITY$y)],0));

MoTemp <- MO > SUBmedian[i]
#MoTizq[i]<-paste(sort(MO[MoTemp == TRUE ]),collapse='')
MoTder[i]<- ( median(MO[MoTemp == TRUE ]))

MoTemp <- MO < SUBmedian[i]
#MoTder[i]<-paste(sort(MO[MoTemp == TRUE ]),collapse='')
MoTizq[i]<- ( median(MO[MoTemp == TRUE ]))
}
der<-abs(SUBmedian - MoTder) ##Calculando diferencia entre la moda derecha
izq<-abs(SUBmedian - MoTizq) ##Calculando diferencia entre la moda izquierda
izq[is.na(izq)] <- 0 ## Asignando valores de 0 cuando es vacío, necesario para multiplicar
der[is.na(der)] <- 0 ## Asignando valores de 0 cuando es vacío, necesario para multiplicar

Diff <- (izq)*PA ## Asignando valor final
}

N_ASIMETRIA<-normalizar(ASIMETRIA) ##Normalizando simetría
N_CURTOSIS<-normalizar(CURTOSIS) ##Normalizando curtosis
N_n<-normalizar(n) ##Normalizando n

#####Ejecutando función 6.2.2.1
Rank <- (PA*(N_ASIMETRIA)*N_CURTOSIS)

Rank<-round(Rank,3) ##Redondeando

##Guardando resultados finales
Result<-cbind(TPO,n,ASIMETRIA,CURTOSIS,PA,Rank,MoTizq,SUBmedian,MoTder,Diff)
colnames(Result)<-c('TPO','n','ASIMETRIA','CURTOSIS','PA','Rank','MODA_IZQ','median','MODA_DER','Diff')
Result<-Result[order(as.numeric(as.character(Result[,10])),decreasing = TRUE),]

Result ##Mostrar resultado final
}

##Algoritmo para buscar modas Buscar las MODAS
DBDen<- SUBDATA[,2]
if(length(DBDen)>1)
{
DENSITY<- density(DBDen,adjust = 1, kernel = "gaussian",na.rm=TRUE);
MO<- as.vector(round(DENSITY$x[find_modes(DENSITY$y)],0));

MoTemp <- MO > SUBmedian[i]
#MoTizq[i]<-paste(sort(MO[MoTemp == TRUE ]),collapse='')
MoTder[i]<- ( median(MO[MoTemp == TRUE ]))

MoTemp <- MO < SUBmedian[i]
#MoTder[i]<-paste(sort(MO[MoTemp == TRUE ]),collapse='')
MoTizq[i]<- ( median(MO[MoTemp == TRUE ]))
}
der<-abs(SUBmedian - MoTder) ##Calculando diferencia entre la moda derecha
izq<-abs(SUBmedian - MoTizq) ##Calculando diferencia entre la moda izquierda
izq[is.na(izq)] <- 0 ## Asignando valores de 0 cuando es vacío, necesario para multiplicar
der[is.na(der)] <- 0 ## Asignando valores de 0 cuando es vacío, necesario para multiplicar

Diff <- (izq)*PA ## Asignando valor final
}

N_ASIMETRIA<-normalizar(ASIMETRIA) ##Normalizando simetría
N_CURTOSIS<-normalizar(CURTOSIS) ##Normalizando curtosis
N_n<-normalizar(n) ##Normalizando n
#####Ejecutando función 6.2.2.1
Rank <- (PA*(N_ASIMETRIA)*N_CURTOSIS)

Rank<-round(Rank,3) ##Redondeando

##Guardando resultados finales
Result<-cbind(TPO,n,ASIMETRIA,CURTOSIS,PA,Rank,MoTizq,SUBmedian,MoTder,Diff)
colnames(Result)<-c('TPO','n','ASIMETRIA','CURTOSIS','PA','Rank','MODA_IZQ','median','MODA_DER','Diff')
Result<-Result[order(as.numeric(as.character(Result[,10])),decreasing = TRUE),]

Result ##Mostrar resultado final

```