

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

**MEJORA EN LA GESTIÓN Y CONTROL DE RECURSOS CRÍTICOS DE LA
MODALIDAD DE TOMOGRAFÍA AXIAL PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE
IMAGENOLOGÍA DEL HOSPITAL DEL SALVADOR**

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

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

FRANCISCO IGNACIO ARRIOLA GÓMEZ

PROFESOR GUÍA:
SEBASTIAN ALEJANDRO RÍOS PEREZ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
RODRIGO VERSCHAE TANNENBAUM
FELIPE AGUILERA VALENZUELA

SANTIAGO DE CHILE
2019

RESUMEN EJECUTIVO

El Hospital Del Salvador (HDS) es uno de los hospitales de alta complejidad más grandes del país, con una población asignada de poco más de medio millón de personas del sector oriente de Santiago, a las cuales el HDS puede atender a través de sus tres líneas de servicio, las cuales son ambulatoria, hospitalizados y urgencia.

El departamento de imagenología es una de las unidades más relevantes del hospital, atendió en promedio a 3000 pacientes durante el año 2018, de los cuales 1750 fueron atendidos por la modalidad de tomografía axial computarizada (CT), siendo esta la más relevante del departamento desde un punto de vista tanto clínico como cuantitativo. En la modalidad CT es donde se enmarca el proyecto de tesis.

La problemática detectada en la unidad da cuenta de una deficiente gestión de los recursos scanner y radiólogos(as) en la unidad, lo que trae consigo entre otras consecuencias¹, que un 66% de los especialistas no cumpla con el desempeño esperado por la unidad; los tiempos de reporte sean aceptables solo para el 50% de los exámenes revisados y se utilice un 65% más (en promedio) de la capacidad externa contratada para la revisión de exámenes.

Para dar una solución a la problemática detectada, el proyecto se enfoca en el rediseño de los macroprocesos de planificación y control tanto de exámenes como de informes. Para ello se consideran dos fases: la primera tiene relación con generar pronósticos de demanda y con dicha información generar recomendaciones de ajustes de capacidad según corresponda; la segunda guarda relación con la generación de un sistema de monitoreo y control para los macroprocesos mencionados, con el fin de generar acciones correctivas (lo que actualmente no se pueden realizar, dado que la unidad tarda meses en recolectar la data necesaria).

La metodología en la que se basó el proyecto fue el de ingeniería de negocios, esta se complementó con teorías de gestión y creación de conocimiento, además del uso de series de tiempo para la realización de los pronósticos.

En cuanto a los resultados obtenidos, se pasó de meses a segundos en el tiempo de procesamiento de data; se logró una estandarización de los procesos de monitoreo y control de la unidad; se ajustaron modelos de tipo ARIMA y de triple alisamiento exponencial para los pronósticos de demanda, logrando desempeños aceptables² (todos los MAPE menores al 11%); se detectaron brechas importantes en las capacidades tanto en el scanner como en los(as) especialistas.

El plan de gestión del cambio fue relevante para el proyecto, dado que este busco un cambio de paradigma desde un uso casi exclusivo del criterio personal para la toma de decisiones hacia un complemento de dicho criterio, mediante el uso de herramientas de tipo analítico.

Con respecto a la evaluación económica del proyecto, esta se realizó a tres años desde una perspectiva privada, dado la complejidad de cuantificar los beneficios para los pacientes. Se obtuvo un VAN de aproximadamente 23 millones de pesos con una tasa de descuento del 12.81%.

¹ Las consecuencias se cuantificaron para el año 2018.

² Considerando el contexto inicial de la modalidad CT de la unidad de imagenología.

A todos mis seres queridos, gracias
por su amor y apoyo incondicional.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO.....	1
1.1 ANTECEDENTES DEL SISTEMA DE SALUD EN CHILE.....	1
1.1.1 <i>Subsector Público del Sistema de Salud</i>	2
1.2 HOSPITAL DEL SALVADOR (HDS).....	3
1.2.1 <i>Servicio de Imagenología HDS</i>	4
1.3 PROBLEMA U OPORTUNIDAD IDENTIFICADA.....	5
1.4 OBJETIVOS Y RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO.....	8
1.4.1 <i>Objetivo General</i>	8
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i>	8
1.4.3 <i>Resultados Esperados</i>	8
1.5 ALCANCE.....	9
1.6 RIESGOS POTENCIALES.....	10
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	11
2.1 METODOLOGÍA DE INGENIERÍA DE NEGOCIOS.....	11
2.1.1 <i>Metodología de Ingeniería de Negocios Aplicada a Instituciones de Salud</i>	12
2.2 GESTIÓN DE DEMANDA EN SERVICIOS DE SALUD.....	16
2.2.1 <i>Manejo de Capacidad</i>	17
2.3 SERIES DE TIEMPO.....	18
2.3.1 <i>Modelo ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)</i>	18
2.3.2 <i>Método de Holt – Winters</i>	19
2.3.3 <i>Evaluación de Modelos</i>	20
2.4 SISTEMAS BASADOS EN CONOCIMIENTO (KNOWLEDGE BASED SYSTEMS - KBS).....	21
2.4.1 <i>Decision Support Systems (DSS)</i>	24
2.5 TEORÍA DE LA CREACIÓN DEL CONOCIMIENTO ORGANIZACIONAL.....	24
2.5.1 <i>Modelo de cinco fases del proceso de creación de conocimiento organizacional</i>	26
2.6 REVISIÓN DE LITERATURA.....	26
2.6.1 <i>Picture Archiving and Communication System (PACS)</i>	26
2.6.2 <i>Radiology Information System (RIS)</i>	27
CAPÍTULO 3: ESTREATEGIA Y MODELO DE NEGOCIOS HOSPITAL DEL SALVADOR.....	28
3.1 MISIÓN.....	28
3.2 VISIÓN.....	28
3.3 POSICIONAMIENTO ESTRATÉGICO.....	28
3.4 BALANCED SCORECARD.....	29
3.5 MODELO DE NEGOCIOS.....	30
3.5.1 <i>Propuesta de Valor</i>	31
3.5.2 <i>Segmento de Clientes</i>	31
3.5.3 <i>Actividades Clave</i>	31
3.5.4 <i>Recursos Clave</i>	32
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS SITUACIÓN ACTUAL	33
4.1 ARQUITECTURA DE PROCESOS.....	33
4.2 MODELAMIENTO DETALLADO DE PROCESOS.....	33
4.2.1 <i>Modelamiento IDEF0</i>	33
4.3 MODELAMIENTO BPMN.....	38
4.3.1 <i>Gestión de la producción de exámenes</i>	38
4.3.2 <i>Planificación y control de la producción de informes</i>	38

4.4	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	39
4.5	CUANTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DETECTADA	41
CAPÍTULO 5: PROPUESTA DE REDISEÑO DE PROCESOS.....		48
5.1	DIRECCIONES DE CAMBIO Y ALCANCE	48
5.1.1	<i>Variable Estructura de la Institución y Mercado</i>	48
5.1.2	<i>Variable Anticipación</i>	49
5.1.3	<i>Variable Mantención Consolidada del Estado</i>	49
5.1.4	<i>Variable Integración de Procesos Conexos</i>	49
5.1.5	<i>Variable de Prácticas de Trabajo</i>	50
5.1.6	<i>Variable de Coordinación</i>	50
5.2	REDISEÑO DETALLADO DE PROCESOS TO BE	50
5.2.1	<i>Rediseño Detallado IDEF0</i>	50
5.2.2	<i>Rediseño Detallado BPMN</i>	54
5.3	DISEÑO DE LÓGICA DE NEGOCIOS	60
5.3.1	<i>Predicción de Demanda</i>	60
5.3.2	<i>Análisis de Capacidad</i>	69
5.3.3	<i>Métricas de Monitoreo y Control</i>	77
5.3.4	<i>Asignación de Exámenes a Especialistas</i>	78
CAPÍTULO 6: PROPUESTA DE APOYO TECNOLÓGICO.....		81
6.1	ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS	81
6.1.1	<i>Requerimientos Funcionales</i>	81
6.1.2	<i>Requerimientos No Funcionales</i>	81
6.2	ARQUITECTURA TECNOLÓGICA	82
6.3	DISEÑO DE APLICACIÓN	83
6.3.1	<i>Casos de Uso</i>	83
6.3.1	<i>Diagrama de datos</i>	85
6.3.2	<i>Diagrama de despliegue</i>	85
6.3.3	<i>Prototipo desarrollado</i>	86
7	CAPÍTULO 7: GESTION DEL CAMBIO	88
7.1	CONTEXTO DE HOSPITAL DEL SALVADOR	88
7.2	OBSERVACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN POR REALIZAR.....	88
7.3	ANÁLISIS DE LOS PRINCIPIOS DE DISEÑO.....	88
7.3.1	<i>Liderazgo y Gestión</i>	88
7.3.2	<i>Estrategia y Sentido</i>	89
7.3.3	<i>Cambio y Conservación</i>	89
7.3.4	<i>Organización y Estructura</i>	90
7.3.5	<i>Gestión Emocional</i>	90
7.3.6	<i>Comunicaciones</i>	90
7.3.7	<i>Desarrollo de Habilidades</i>	90
7.3.8	<i>Gestión de Poder</i>	90
7.3.9	<i>Evaluación y Cierre</i>	91
7.4	FACTORES CRÍTICOS DEL ÉXITO	91
7.5	PLAN DE GESTIÓN DEL CAMBIO.....	91
CAPÍTULO 8: EVALUACIÓN DEL PROYECTO.....		93
8.1	ANÁLISIS RETROSPECTIVO	93
8.2	DEFINICIÓN DE BENEFICIOS Y COSTOS	93
8.2.1	<i>Beneficios Relevantes</i>	93
8.2.2	<i>Costos Relevantes</i>	94

8.3	FLUJO DE CAJA	96
8.4	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	98
CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES.....		99
9.1	TRABAJO REALIZADO	99
9.2	MÉTODOS UTILIZADOS	99
9.3	DESAFÍOS FUTUROS.....	100
CAPÍTULO 10: BIBLIOGRAFÍA.....		102
CAPÍTULO 11: ANEXOS		104

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Oferta de servicios, sistema de salud en Chile.	1
Ilustración 2: Esquema de sistema de salud en Chile (Cid Pedraza, 2013).....	2
Ilustración 3: Resumen Proceso Producción CT, Imagenología HDS.	5
Ilustración 4: Demanda Agregada vs Producción Agregada CT.....	6
Ilustración 5: Árbol de problemas.	6
Ilustración 6: Modelo Ontológico (Barros Vera , Ingeniería de Negocios, Diseño Integrado de Servicios, sus Procesos y Aplicaciones TI, 2010).....	12
Ilustración 7: Resumen Estructuras de Inteligencia (Barros Vera , Business Engineering and Service Design with Applications for Health Care Institutions , 2013).	14
Ilustración 8: Patrón de Negocio 3.	15
Ilustración 9: Metodología de Diseño de Servicios.....	16
Ilustración 10: Pasos planificación de recursos críticos (Colaboración Técnica Banco Mundial - Gobierno de Chile, 2010).	17
Ilustración 11: Pirámide Sistemas Basados en Conocimiento (Akerkar & Sajja, 2010).....	21
Ilustración 12: Principales componentes KBS (Gutiérrez Loyola, 2013).	22
Ilustración 13: Formas de conversión de conocimiento (Nonaka , 1991).	25
Ilustración 14: Espiral creación de conocimiento.....	26
Ilustración 15: Modelo de cinco fases (Nonaka , 1991).	26
Ilustración 16: Posicionamiento Estratégico de HDS.....	28
Ilustración 17: Mapa estratégico EAR (DIGERA , 2018).....	29
Ilustración 18: Modelo de Negocios HDS.....	31
Ilustración 19: Arquitectura de Macroprocesos Orientada a Hospitales (Barros, 2017).....	33
Ilustración 20: Instancia para Macro de Servicios Comunes Propios (Barros, 2017).....	34
Ilustración 21: Descomposición de Servicios de Apoyo Imagenología.	34
Ilustración 22: Gestión de la Producción de Exámenes.	36
Ilustración 23: Gestión de la Producción de Informes.	37
Ilustración 24: Proceso AS-IS monitoreo y control de producción exámenes.	38
Ilustración 25: AS-IS planificación producción de informes.	39
Ilustración 26: AS-IS monitoreo y control de la producción de exámenes.	39
Ilustración 27: Árbol de problemas.	41
Ilustración 28: Utilización especialistas unidad de imagenología modalidad CT, año 2018.	43
Ilustración 29: Tasa utilización ITMS, periodo enero 2018 - mayo 2019.....	44
Ilustración 30: Diagrama de caja y bigote para tiempos de reporte por línea de servicio, 2018...	45
Ilustración 31: Propuesta de rediseño, gestión de la producción de exámenes.	51
Ilustración 32: Propuesta de diseño, planificación de capacidad scanner.	51
Ilustración 33: Propuesta de rediseño, planificación de producción informes.	52
Ilustración 34: Propuesta de diseño, planificación de capacidad especialistas.	53
Ilustración 35: Propuesta rediseño, planificación producción especialistas.....	54
Ilustración 36: Propuesta rediseño, planificar capacidad de scanner.	55
Ilustración 37: Propuesta rediseño, subproceso determinar demanda exámenes.	56
Ilustración 38: Propuesta rediseño, monitoreo y control de exámenes	56
Ilustración 39: Propuesta rediseño, planificación de capacidad especialistas.	57
Ilustración 40: Propuesta rediseño, subproceso determinar demanda informes.....	58
Ilustración 41: Propuesta rediseño, planificación de la producción de especialistas.	58
Ilustración 42: Propuesta rediseño, monitoreo y control producción informes.....	59
Ilustración 43: Metodología cinco fases definida para el proyecto.	60

Ilustración 44: Detalle etapas de socialización, exteriorización y combinación.	60
Ilustración 45: Ejemplos variables descripción y prestaciones.	62
Ilustración 46: Esquema general pronósticos de demanda.	63
Ilustración 47: Esquema genérico para generación de pronósticos mediante modelos ARIMA. .	63
Ilustración 48: Demanda atención abierta unidad, periodo 2014-2018.	65
Ilustración 49: Descomposición demanda atención abierta.	66
Ilustración 50: Pronóstico demanda por exámenes, atención abierta unidad.	67
Ilustración 51: Pronóstico ARIMA(1,2,1) vs Valores Reales, producción urgencia.	68
Ilustración 52: Pronóstico ARIMA(1,1,0) vs Valores Reales, producción hospitalizados.	68
Ilustración 53: Pronóstico ARIMA(1,1,1) vs Valores Reales, producción ambulatoria.	69
Ilustración 54: Diagrama de flujo, análisis de capacidad para toma de imágenes.	70
Ilustración 55: Diagrama de flujo, análisis de capacidad para interpretación de imágenes.	73
Ilustración 56: Lógica asignación exámenes a especialistas.	79
Ilustración 57: Resumen arquitectura software, herramienta tecnológica.	82
Ilustración 58: Casos de uso, sistema de apoyo tecnológico propuesto.	83
Ilustración 59: Diagrama E-R, componente de datos DSS.	85
Ilustración 60: Diagrama de despliegue.	86
Ilustración 61: Menú principal del sistema de apoyo tecnológico propuesto.	86
Ilustración 62: Vista de métricas ITMS.	87
Ilustración 63: Métricas relevantes, producción de exámenes e informes.	87
Ilustración 64: Recomendaciones de asignación de exámenes.	87
Ilustración 65: Fórmula CAPM.	97
Ilustración 66: Fórmula beta apalancado.	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen desempeño especialistas, periodo 2018.....	7
Tabla 2: Resumen principales riesgos.	10
Tabla 3: Resumen distribución de pacientes por línea de servicio.....	42
Tabla 4: Resumen desempeño especialistas, periodo 2018.....	43
Tabla 5: Resumen desempeño ITMS, periodo 2018.	44
Tabla 6: Resumen tiempos reporte especialistas por línea de servicio.....	45
Tabla 7: Resumen pacientes "sin informe" por línea de servicio, año 2018.	46
Tabla 8: Variable de Estructura de la Institución y Mercado.	48
Tabla 9: Variable de Anticipación.....	49
Tabla 10: Variable de Mantención Consolidada del Estado.....	49
Tabla 11: Variable de Integración de Procesos Conexos.	49
Tabla 12: Variable de Prácticas de Trabajo.....	50
Tabla 13: Variable de Coordinación.....	50
Tabla 14: Tabla de datos "exámenes".....	61
Tabla 15: Tabla de datos "informes".	61
Tabla 16: Descripción macrosegmentos.....	62
Tabla 17: Resumen métricas desempeño pronóstico.....	66
Tabla 18: Resumen métricas desempeño pronóstico.....	67
Tabla 19: Resumen métricas desempeño pronóstico.....	68
Tabla 20: Resumen métricas desempeño pronóstico.....	69
Tabla 21: Demanda pronosticada por exámenes, fracción cubierta por scanner.....	71
Tabla 22: Demanda por exámenes de urgencia pronosticada, fracción cubierta por scanner.	71
Tabla 23: Demanda por exámenes de urgencia más hospitalizados pronosticada, fracción cubierta por scanner.....	71
Tabla 24: Capacidades especialistas dedicación exclusiva CT.	74
Tabla 25: Capacidad de revisión de segmentos de la unidad.	74
Tabla 26: Resumen demanda por informes cubierta por unidad.....	74
Tabla 27: Resumen demanda por informes de urgencia cubierta por unidad.	75
Tabla 28: Resumen demanda por informes de urgencia y hospitalizados cubierta por unidad.....	75
Tabla 29: Resumen demanda por informes pronosticada, cubierta por unidad.....	77
Tabla 30: Resumen métricas toma de imágenes.....	77
Tabla 31: Resumen métricas interpretación de imágenes.	78
Tabla 32: Caso de uso, cargar datos.	83
Tabla 33: Caso de uso, preparar datos.....	83
Tabla 34: Caso de uso, gestión información desempeño.....	84
Tabla 35: Caso de uso, recomendar acciones correctivas.	84
Tabla 36: Caso de uso, generar pronósticos de demanda.	84
Tabla 37: Caso de uso, generar análisis de capacidad.....	84
Tabla 38: Caso de uso, generar recomendaciones de ajustes de capacidad.	84
Tabla 39: Caso de uso, recomendar asignación de exámenes a especialistas.	85
Tabla 40: Liderazgos proyecto.	89
Tabla 41: Componentes de Inversión.	95
Tabla 42: Estructura Costos.....	96
Tabla 43: Estructura de Costos en el Tiempo.....	96
Tabla 44: Estructura de Beneficios en el Tiempo.....	96
Tabla 45: Flujo de Caja del Proyecto.	97

Tabla 46: Indicadores de Rentabilidad del Proyecto.....	98
Tabla 47: Escenarios Análisis de Sensibilidad.....	98

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO

1.1 Antecedentes del Sistema de Salud en Chile

Desde una perspectiva general, el sistema de salud en Chile es mixto, dicho sistema contempla entidades públicas y privadas, las cuales actúan como prestadoras de servicios de salud a la población. En cuanto a lo normativo, el sistema es unitario puesto que el sector público es el encargado de elaborar las políticas y lineamientos generales, bajo las cuales se tienen que acoger las organizaciones antes mencionadas.

Desde una perspectiva financiera, las instituciones, entidades y organismos tanto del sector público como privado se financian gracias a la cotización obligatoria, consistente en el 7% de la renta imponible de los trabajadores activos y pasivos, la cual es enviada al sistema previsional público o privado según el criterio particular del cotizante.

Desde un punto de vista de los servicios ofrecidos, el sistema de salud de Chile se compone principalmente de una industria previsional-financiera o de seguros, otras industrias prestadoras de servicio asistenciales y en menor medida industria de productos sanitarios (como farmacias). En la siguiente ilustración se muestra una clasificación de los servicios ofrecidos según sean provistos de forma pública o privada.



Ilustración 1: Oferta de servicios, sistema de salud en Chile.

La línea previsional-financiera, recauda, administra y distribuye los recursos de los cotizantes y otros beneficiarios de acuerdo con los servicios de salud estipulados en cada institución previsional pública o privada, en cuanto a dichas instituciones, FONASA e ISAPRES son las más relevantes, también participan mutuales de empleadores, compañías de seguros, entre otras.

La entrega directa del servicio asistencial es provista por una variedad de prestadores tanto públicos como privados, así como institucionales o individuales. Respecto a la última clasificación se tienen los siguientes tipos de prestadores.

- *Prestadores Institucionales*: Personas jurídicas que otorgan prestaciones consistentes en acciones de salud, pueden ser clasificados según el tipo de atención que brindan.
 - *Prestadores Institucionales de Atención Cerrada (u atención hospitalaria)*: Aquellos establecimientos asistenciales de atención general y/o especializada que están habilitados para la internación de pacientes con ocupación de una cama.

- *Prestadores Institucionales de Atención Abierta (u ambulatoria)*: Aquellos centros asistenciales que otorgan atención sin la pernoctación de pacientes.
- *Prestadores de Salud Individuales*: Personas naturales que de manera independiente, dependiendo de un prestador institucional o a través de un convenio con éste, otorgan al igual que los prestadores institucionales, prestaciones consistentes en acciones de salud.

En cuanto a la distribución de la población en los sistemas públicos y privados, un 77% se encuentra en el sistema público, un 19% en el sector privado y un 4% pertenece al sistema ligado a las fuerzas armadas y de orden.

Para finalizar esta parte introductoria ligada al sistema de salud chileno, en la siguiente ilustración se muestra un resumen de los actores que componen el sistema de salud, desde las perspectivas de sector (público o privado), fuentes de financiamiento, fondos (entes encargados de administración y distribución de los recursos recaudados desde las fuentes), proveedores (quienes otorgan directamente los servicios de salud) y por último, los usuarios beneficiados.

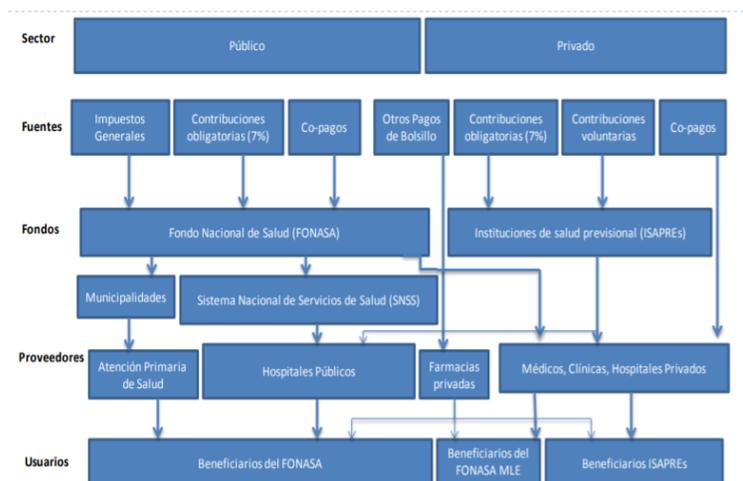


Ilustración 2: Esquema de sistema de salud en Chile (Cid Pedraza, 2013).

1.1.1 Subsector Público del Sistema de Salud

Dado que el presente trabajo se enmarca en uno de los hospitales públicos más grandes del país, se procede a especificar de mayor forma el subsector público del sistema de salud.

En la ilustración 2, se pudo apreciar que hay dos actores sumamente relevantes que permiten a los hospitales públicos dar servicios de salud a sus principales usuarios (beneficiarios de FONASA). Estos actores son el Sistema Nacional de Servicios de Salud (SNSS) y el Fondo Nacional de Salud (FONASA). A continuación, se describirán ambos entes gubernamentales, además de lo anterior también se describirá la condición de Hospital Autogestionado en Red, debido a que es una condición que posee el Hospital Del Salvador.

1.1.1.1 Sistema Nacional de Servicios de Salud (SNSS)

El SNSS está compuesto por un conjunto de organismos dependientes entre sí, con distintos grados de jerarquía, las que pueden ordenarse de acuerdo con los siguientes ámbitos de acción.

- *Línea Normativa-Fiscalizadora:* A cargo del Ministerio de Salud, la Superintendencia de Salud y el Instituto de Salud Pública.
- *Línea Industria de Seguros:* A cargo de FONASA.
- *Línea Industria de Prestaciones Asistenciales:* Donde se encuentran los Servicios de Salud y todas aquellas instituciones que realizan convenios con el sistema de salud público, tales como los municipios y los servicios delegados.
- *Línea de suministros para la industria asistencial:* Donde actúa la Central de Abastecimiento (CENABAST).

El SNSS está compuesto por 29 Servicios de Salud Territoriales, los cuales tienen responsabilidades de acción ligadas al ámbito sanitario sobre los territorios geográficos definidos, los cuales pueden ser de alcance regional o subregional. Estos servicios de salud son organismos estatales funcionalmente descentralizados, dotados de personalidad jurídica y patrimonio propio. En cuanto a los objetivos de estos Servicios de Salud, de forma más específica estos tienen a su cargo la articulación, gestión y desarrollo de la red asistencial correspondiente. (Observatorio Chileno de Salud Pública (OCHISAP), s.f.).

1.1.1.2 Fondo Nacional de Salud (FONASA)

Esta institución cumple la función previsional financiera de administrar la cotización del 7% de la renta imponible mensual de quienes se aseguran en esta modalidad, junto a los fondos que entrega el estado a través de un aporte fiscal directo.

El encargado de gestionar las prestaciones de salud es FONASA y lo hace principalmente a través de la compra de bonos, por costos totales o parciales. Dichas prestaciones pueden ser efectuadas en los establecimientos privados con convenio o en los establecimientos públicos.

1.1.1.3 Establecimientos Autogestionados en Red

La Ley 19.937 sobre la Autoridad Sanitaria introdujo fuertes cambios en la organización del sistema público de salud, dentro de los cuales se encontraba la creación de los “Establecimientos Autogestionados en Red”, lo cual tenía como objetivo principal mejorar la eficiencia de los hospitales más complejos del país a través de la entrega de mayores atribuciones y responsabilidades a los directores de dichas instituciones de salud, en cuanto a manejo de recursos económicos, recursos humanos, recursos físicos y manejo de transacciones con terceros.

1.2 Hospital del Salvador (HDS)

El presente trabajo de tesis se desarrolló en el Hospital Del Salvador, que es un hospital de alta complejidad que cuenta con la categoría de Autogestionado en Red, se encuentra ubicado en la

comuna de Providencia, es parte del SSMO (Servicio de Salud Metropolitano Oriente) por lo tanto tiene como principales beneficiarios a los habitantes de las comunas del sector oriente de la Región Metropolitana, los cuales suman 507.024 personas mayores de 15 años (no se consideran menores de edad dado que la institución es un hospital de adultos), además de lo anterior cuenta con una dotación efectiva de 2192 personas (Hospital Del Salvador, 2017).

El hospital cuenta con tres líneas principales de atención, las cuales son atención abierta (ambulatoria), atención cerrada (hospitalizados) y atención de urgencia.

La institución posee 14 especialidades médicas, 12 especialidades quirúrgicas y alrededor de 14 servicios de apoyo (como por ejemplo laboratorios, pabellones, servicio de imagenología, anatomía patológica, entre otros).

La demanda de pacientes que llegan al hospital se puede descomponer de manera genérica de la siguiente forma (Servicio de Salud Metropolitano Oriente, s.f.):

- Pacientes que llegan de alguna APS (Atención Primaria de Salud) desde alguno de los 20 consultorios de toda el área oriente de Santiago, en los cuales se distribuye la población beneficiaria del hospital mencionada anteriormente.
- Pacientes que llegan de algún CAE (Consultorio Adosado de Especialidades) de hospitales que tienen consultorios de especialidades de más bajo nivel que el Hospital del Salvador.
- Pacientes que precisan de hospitalización provenientes de algún APS (Atención Primaria de Salud) en estado grave y que no pasan por ningún otro hospital, estos llegan a la urgencia del hospital.

1.2.1 Servicio de Imagenología HDS

El servicio de imagenología del HDS busca brindar apoyo en el diagnóstico y tratamiento de pacientes del HDS, al mismo tiempo, entrega apoyo de imágenes para la atención primaria en estrategias preventivas y curativas.

La unidad también cumple una función docente formando Radiólogos(as) para el país en conjunto con la Universidad de Santiago. El Programa de formación de especialistas está acreditado por APICE³.

Con respecto a los servicios que ofrece, se puede mencionar que la unidad posee tres modalidades distintas, las cuales son tomografía axial computarizada, rayos x y ultrasonido, siendo la primera la más relevante desde un punto de vista financiero y clínico⁴.

³ Agencia destinada exclusivamente a la acreditación de programas universitarios de especialistas en las diferentes áreas de la medicina.

⁴ Según criterio experto de la propia unidad de imagenología y de especialistas ligados a la atención clínica del hospital.

1.3 Problema u Oportunidad Identificada

La producción relacionada a la modalidad de tomografía axial computarizada (CT) de la unidad de imagenología del HDS donde se desarrollará el proyecto de tesis se puede resumir brevemente en la siguiente ilustración.

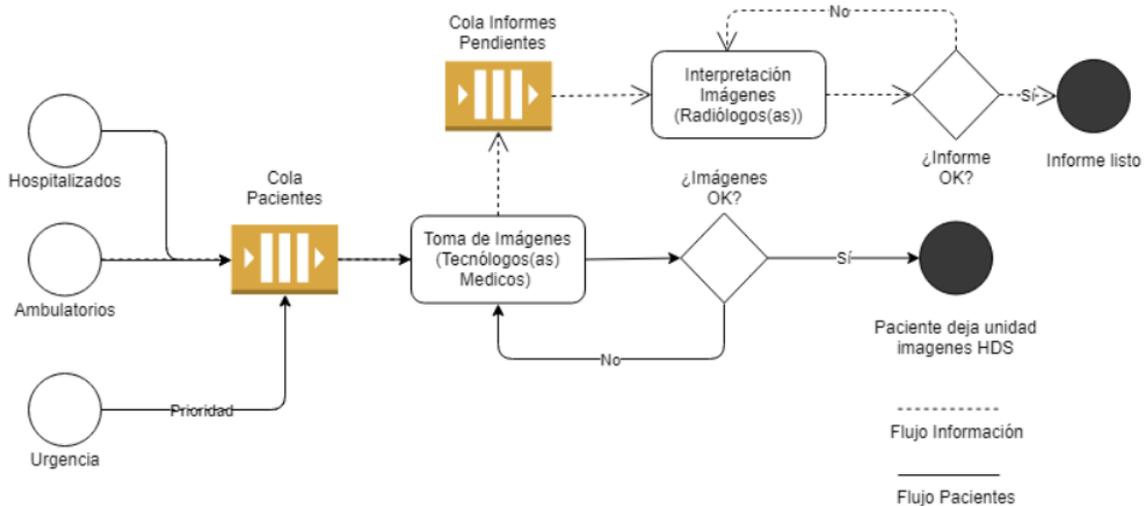


Ilustración 3: Resumen Proceso Producción CT, Imagenología HDS.

En la Ilustración 3, se pueden apreciar un diagrama de flujo de información y pacientes de las tres líneas de servicio del hospital (ambulatoria, hospitalizado y urgencia). Existen dos etapas principales en el proceso productivo de la modalidad CT, las cuales se detallan a continuación.

- *Toma de Imágenes:* Proceso consistente en la toma de las imágenes mediante equipos médicos especializados tanto humanos (tecnólogos médicos especializados en radiología) como físicos (equipo de scanner).
- *Interpretación de Imágenes:* Proceso realizado por los(as) radiólogos(as) de la unidad de imagenología, en el cual analizan las imágenes tomadas en el proceso descrito anteriormente correspondientes a los pacientes de cada una de las líneas de servicio descritas anteriormente (siendo urgencia la línea de urgencia la con mayor prioridad) y dan una interpretación que involucra su opinion clínica experta respecto de las imágenes analizadas, lo cual da como resultado un informe relativo a dicho análisis para cada paciente.

Las etapas mencionadas están íntimamente ligadas, en cuanto a que la interpretación de las imágenes requiere de la toma de dichas imágenes para poder realizarse.

Para dar un contexto inicial antes de mostrar la problemática detectada, en la siguiente ilustración se mostrará la demanda por imágenes a la que está sujeta la modalidad CT de la unidad de imagenología.

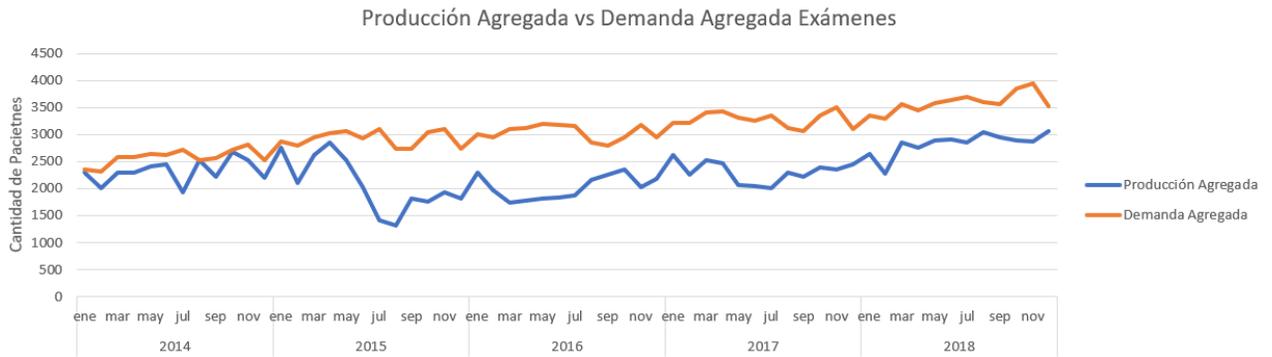


Ilustración 4: Demanda Agregada vs Producción Agregada CT.

Se puede apreciar preliminarmente que existe una tendencia positiva tanto en la producción como en la demanda agregada por la modalidad CT de la unidad de imagenología, además de que existe una brecha evidente entre dicha producción y demanda, que de hecho ha ido aumentando con el tiempo. Considerando lo anterior se vuelve urgente el uso eficiente de los recursos.

La problemática detectada tiene relación con que actualmente existe una deficiente gestión de los recursos, tanto en la toma como en la interpretación de las imágenes, dichos recursos son respectivamente.

- El equipo de scanner y el equipo médico asociado a este (tecnólogos(as) médicos).
- Radiólogos(as).

En la siguiente ilustración se muestra un árbol de problemas, que da cuenta de la problemática descrita, además de una descripción de sus causas y consecuencias.

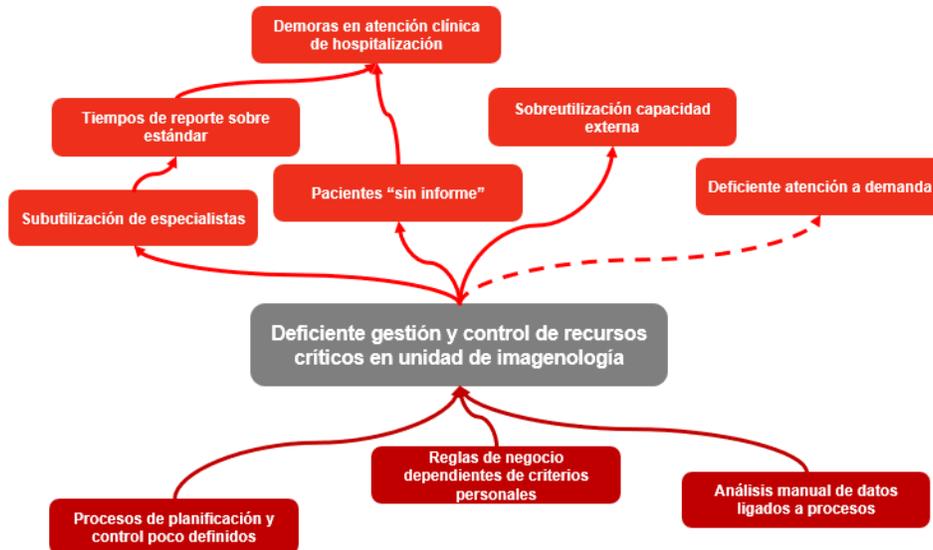


Ilustración 5: Árbol de problemas.

A continuación, se describirán de forma general algunas de las consecuencias más relevantes de la problemática detectada.

Subutilización de especialistas: En la siguiente tabla resumen, se muestran las tasas de utilización para los especialistas de dedicación exclusiva CT (quienes representan el 58% del total de personal especialista para la modalidad CT).

Tabla 1: Resumen desempeño especialistas, periodo 2018.

Etiqueta	Tasa de Utilización Promedio Mensual	Desviación Mensual Tasa Utilización
Radiólogo(a) 9	77%	20%
Radiólogo(a) 5	55%	22%
Radiólogo(a) 15	67%	15%
Radiólogo(a) 11	27%	11%
Radiólogo(a) 8	24%	7%
Radiólogo(a) 1	107%	27%

La tabla anterior da cuenta de que en promedio los(as) especialistas de la unidad no se adecuan al desempeño esperado por la unidad (más de un 75% de utilización con una desviación menor o igual al 5%), salvo en algunos casos y no del todo (para los(as) radiólogos(as) 1 y 9, aunque con desviaciones demasiado altas), llegando incluso algunos(as) especialistas a tener desempeños preocupantes (como es el caso de los radiólogos(as) 8 y 11).

Sobreutilización capacidad externa: Una de las consecuencias más graves de la problemática detectada es la sobreutilización de ITMS, considerando que de por sí ello representa un uso ineficiente del recurso radiólogo (podría ser utilizado algún especialista de la unidad y reservar la cuota de ITMS para exámenes que realmente lo requieran), también genera consecuencias económicas para la unidad (las cuales se detallarán en la sección 8, relativa a la evaluación económica del proyecto). Dicho lo anterior, la tasa de utilización promedio de ITMS durante el año 2018 fue de 166% con una desviación del 32%, no siendo en ningún momento inferior al 100%.

Estratégicamente esta problemática es relevante si se considera que el posicionamiento del Hospital Del Salvador se encuentra orientado hacia un mejor producto mediante una eficiencia administrativa, la cual tiene dos características relevantes, una es el uso eficiente de recursos y la otra es una calidad en la atención, ambas claramente se ven perjudicadas al considerar la problemática detectada, la cual además se enmarca en uno de los servicios de apoyo más relevantes del hospital, el cual es imagenología.

En la presente sección se presentó la problemática detectada, además de dar una justificación cuantitativa y cualitativa preliminar de dicha problemática, mediante la evaluación de las consecuencias que esta ha generado en el servicio de imagenología y en el hospital.

Se darán más detalles de las consecuencias descritas en la sección 4.5, relativa a la cuantificación de la problemática detectada.

1.4 Objetivos y Resultados Esperados del Proyecto

1.4.1 *Objetivo General*

El presente proyecto busca mejorar la gestión y control con un especial énfasis en el recurso especialista, en cuanto al recurso de scanner este también será abordado (dado la fuerte interrelación entre los procesos de toma e interpretación de imágenes), lo anterior con lograr una reducción en los tiempos de reporte y mejorar la utilización de los especialistas y capacidad externa. Con lo anterior mencionado, el objetivo general del proyecto se menciona a continuación.

“Rediseñar procesos de planificación y control de la toma e interpretación de imágenes, para mejorar la tasa de eficiencia de los especialistas internos y externos de la modalidad CT, para febrero del año 2019”.

1.4.2 *Objetivos Específicos*

Para dar cumplimiento al objetivo general se debe dar cumplimiento a los siguientes objetivos específicos (todos enmarcados en la modalidad CT del servicio de imagenología).

- Levantamiento y análisis de los procesos de planificación y control de la toma e interpretación de las imágenes, para septiembre del año 2018.
- Levantar y documentar las reglas de negocio ligadas a la asignación de cargas de trabajo a especialistas, para octubre del año 2018.
- Generar metodologías que permitan establecer y realizar pronósticos de demanda y análisis de capacidad, para diciembre del año 2018.
- Definir métricas y reglas para el monitoreo y control de los procesos de toma e interpretación de imágenes, para diciembre del año 2018.
- Lograr que ITMS tenga sobreutilización de un 30% promedio mensual como máximo y que especialistas de dedicación exclusiva CT, tengan una utilización promedio mensual mínima del 40%, para agosto del año 2019.
- Generar un prototipo de apoyo computacional que soporte el rediseño mencionado anteriormente, para enero del año 2019.

1.4.3 *Resultados Esperados*

Los resultados que se esperan obtener con el proyecto se muestran a continuación.

- Mejorar el entendimiento y formalizar criterios para la toma de decisiones en la unidad, en cuanto a la asignación de exámenes a radiólogos(as) y a los ajustes de capacidad tanto de especialistas como del equipo de scanner.
- Formalizar los criterios para el monitoreo y control de la producción tanto de exámenes como de informes.

- Implementar modelos que permitan el pronóstico de la demanda, tanto de exámenes como de informes.
- Desarrollar e implementar un prototipo de un sistema de apoyo a la gestión que permita un monitoreo y control en un tiempo real, además de generar recomendaciones para la toma de decisiones en cuanto a la asignación de exámenes a especialistas y ajustes de capacidad tanto a estos como al equipo de scanner.

1.5 Alcance

El proyecto busca mejorar la gestión de recursos críticos de la unidad de imagenología mediante un rediseño de los procesos de planificación y control de la toma e interpretación de imágenes. A continuación, se mencionan los elementos que se tomarán y no se tomarán en cuenta para el proyecto.

1.5.1.1 Dentro del Alcance

Los elementos por considerar en el proyecto son los siguientes.

- Intervención de modalidad CT exclusivamente.
- Rediseño de procesos de planificación y control de la toma e interpretación de imágenes.
- Evaluación de modelos de predicción de la demanda por imágenes, incluyendo una evaluación del desempeño de estos y la elección del más idóneo.
- Análisis de capacidad, tanto en los procesos de toma como de interpretación de imágenes.
- Generación de prototipo de prueba que apoye el rediseño realizado.

1.5.1.2 Fuera del Alcance

Los elementos que no se considerarán en el proyecto son los siguientes.

- Priorización de pacientes en equipo scanner.
- Optimización de las cargas de trabajo de los especialistas.
- Optimización de la carga de trabajo del equipo de scanner.
- Integración de prototipo funcional con el sistema PACS⁵ o cualquier otro sistema del servicio de imagenología.

⁵ Picture Archiving and Communication System.

- Si bien el proyecto considera la metodología de las 5 fases para la creación de conocimiento, no se realizará la última etapa ligada a la distribución de conocimiento.

1.6 Riesgos Potenciales

En la siguiente tabla, se resumen los riesgos detectados para el proyecto.

Tabla 2: Resumen principales riesgos⁶.

Tipo	Riesgo	Probabilidad	Impacto	Estrategia Mitigación
Político	Cambio de objetivos dirección HDS, por nueva de directiva	60%	5	Mostrar utilidad del proyecto en cumplimiento de objetivos estratégicos.
Técnico	Falta de acceso a datos relevantes	70%	5	Conversaciones con personal a cargo.
	Ampliación constante de alcance	40%	6	Definición temprana de alcance. Mostrar efectos contraproducentes de medida.
	Datos de unidad no entregados en plazos definidos	20%	8	Generar alianzas estratégicas con personal a cargo.
Organizacional	Resistencia al cambio	70%	7	Desarrollo de plan de gestión de cambio.
	Disponibilidad de funcionarios unidad	50%	7	Gestión de miedos y ansiedades respecto al cambio.
	Falta de competencias para usar prototipo	60%	7	Diseño de herramientas de apoyo (manuales de uso, dípticos, etc.).

Los principales riesgos son de tipo organizacional, por lo cual se considera que una adecuada estrategia de gestión del cambio es fundamental para el éxito del proyecto.

⁶ No se consideraron riesgos de tipo económicos, puesto que el proyecto está sujeto a un presupuesto mínimo, considerando solamente las horas que los distintos actores de la unidad de imagenología dediquen al mismo.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentará la metodología utilizada para la realización del proyecto, la cual es utilizada por el magíster de Ingeniería de Negocios con Tecnologías de Información perteneciente al Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile. También se mostrará el fundamento teórico de otros conceptos utilizados en el presente informe.

2.1 Metodología de Ingeniería de Negocios

El presente trabajo de tesis se basa en la metodología propuesta por el programa de magíster MBE, la cual se conoce como “Ingeniería de Negocios”, que tiene sus orígenes en el libro “Rediseño de Procesos de Negocios Mediante el Uso de Patrones” (Barros Vera , Rediseño de Procesos de Negocios Mediante el Uso de Patrones, 2000), y se consolida con el libro “Ingeniería de Negocios, Diseño Integrado de Servicios, sus Procesos y Aplicaciones TI” (Barros Vera , Ingeniería de Negocios, Diseño Integrado de Servicios, sus Procesos y Aplicaciones TI, 2010). Para el presente trabajo se considera de gran manera el libro “Business Engineering and Service Design with Applications for Health Care Institutions” (Barros Vera , Business Engineering and Service Design with Applications for Health Care Institutions , 2013), dado que presenta la metodología expuesta con un fuerte foco a instituciones de Salud.

La metodología de Ingeniería de Negocios tiene como objetivo principal servir como una guía formal para el diseño de negocios, para lograr lo anterior no basta con la perspectiva de una ingeniería aislada e incluso puede que no baste la visión exclusivamente ingenieril del problema, dado la complejidad que presenta el desafío de diseñar un negocio, por ende la Ingeniería de Negocios es una metodología multidisciplinaria que abarca desde la estrategia de la organización pasando por el modelo de negocios de la misma, la arquitectura empresarial, la arquitectura tecnológica entre otros elementos que componen a una organización. Tomando las componentes mencionadas anteriormente, la metodología busca generar una integración meticulosa con el fin de generar una visión sistemática de la organización y permitir así un diseño de negocio que este alineado con los objetivos de las partes interesadas.

En la siguiente ilustración se muestra la ontología para el diseño de negocio propuesto por la Ingeniería de Negocios.

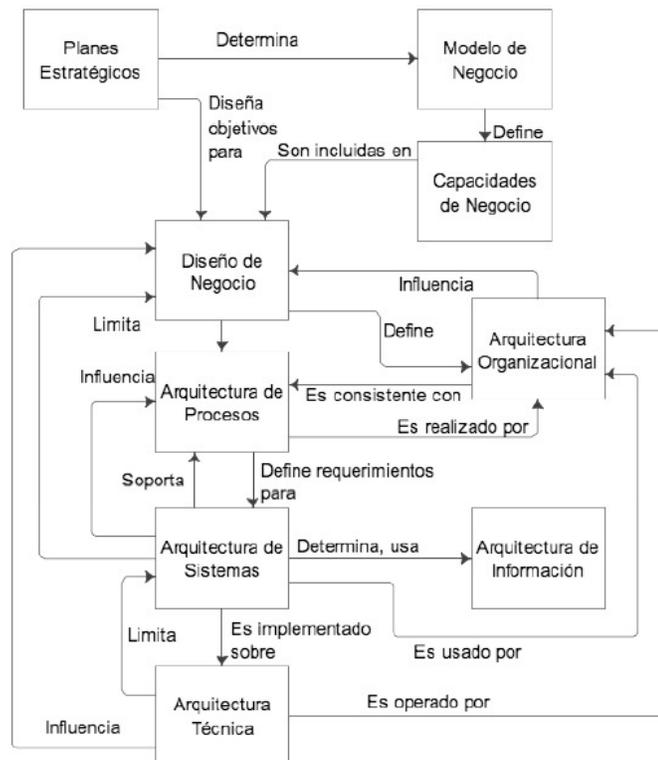


Ilustración 6: Modelo Ontológico (Barros Vera , Ingeniería de Negocios, Diseño Integrado de Servicios, sus Procesos y Aplicaciones TI, 2010).

2.1.1 Metodología de Ingeniería de Negocios Aplicada a Instituciones de Salud

Lo mencionado en la sección anterior se refería a la ontología propuesta para el diseño de servicios de forma genérica, se mostrará a continuación la especialización de la metodología propuesta para instituciones de salud basada en (Barros Vera , Business Engineering and Service Design with Applications for Health Care Institutions , 2013), la que será usada en el presente trabajo.

La metodología propuesta por la ingeniería de negocios para las instituciones de salud se basa en tres pilares fundamentales.

- *Calidad:* Los tratamientos deben ser adecuados para maximizar la probabilidad de cura de los pacientes y dicha capacidad debe ser mejorada a través del tiempo.
- *Eficiencia:* Las instituciones de salud deben maximizar su producción sujeta a su complejidad clínica, usando sus recursos de la mejor forma posible.
- *Equidad:* Se debe atender a los pacientes según sus necesidades de salud, también se puede entender como dar el tratamiento correcto al paciente correcto en el momento correcto.

En principio se darán los elementos necesarios para el diseño de servicios en instituciones de salud, dichos elementos permitirán dar respuesta a una pregunta fundamental “¿Cuáles son las

Capacidades⁷ de la institución necesarias para hacer operativas su estrategia y modelo de negocios?”.

2.1.1.1 Estructura de Inteligencia (EI)

Las EI tienen como objetivo dar una formalización a quien quiera que se enfrente a la tarea de diseñar servicios, con el fin de generar un soporte a un desarrollo de negocio inteligente.

Para cumplir con lo anterior se proponen diferentes niveles de EI que aumentan en complejidad y que están relacionados a los distintos niveles de diseño de servicio (se hablará de estos en detalle más adelante). Existen cuatro niveles de EI propuestos los que se describirán brevemente a continuación.

- *Estructura de Inteligencia I:* Corresponde al desarrollo de una lógica de negocios sencilla basada en el estado del proceso, pudiendo recomendar acciones en la ejecución o gestión del proceso.
- *Estructura de Inteligencia II:* En esta estructura se utilizan modelos predictivos o de optimización los cuales permiten la generación de justificaciones bien fundadas acerca de que acciones realizar al proceso e incluso acciones que pueden generar influencia en los consumidores.
- *Estructura de Inteligencia III:* Se construye sobre la estructura de inteligencia I, desde múltiples fuentes de información de gran tamaño, avanzados mecanismos para la manipulación de esta y complejas técnicas de análisis.
- *Estructura de Inteligencia IV:* Consiste en el uso de analítica avanzada sobre una estructura de data tradicional o big data, con la capacidad de generar acciones de alto impacto en el proceso, llegando incluso a la automatización de acciones inteligentes mediante modelos prescriptivos.

En la siguiente ilustración se puede apreciar un resumen de las estructuras de inteligencia y como estas se pueden relacionar con los distintos niveles de servicio de los cuales se darán detalles más adelante.

⁷ Según la notación propuesta, capacidad se denota con mayúscula al comienzo para denotar su significado, el cual es la habilidad o conjunto de estas para desarrollar una actividad particular.

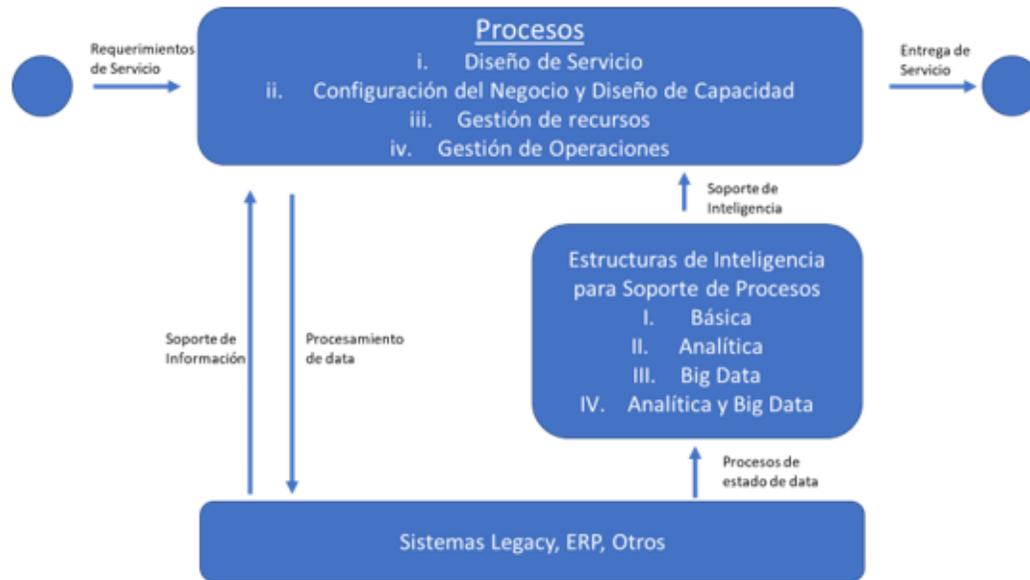


Ilustración 7: Resumen Estructuras de Inteligencia (Barros Vera , Business Engineering and Service Design with Applications for Health Care Institutions , 2013).

2.1.1.2 Patrones de Negocios (PN)

Los PN tienen como objetivo mostrar cómo se pueden estructurar las distintas componentes de una organización de servicios para poder generar una nueva Capacidad requerida, la necesidad por dicha Capacidad debería tener su origen en la estrategia y modelo de negocio de la organización. Cabe mencionar, que los PN han sido desarrollados utilizando como experiencia en numerosos proyectos en variadas industrias.

A continuación, se mencionarán los PN propuestos por la Ingeniería de Negocios y posteriormente se ilustrará y describirá uno de los patrones mencionados, el cual es de especial interés para el presente trabajo. Los PN son “Venta Basada en el Conocimiento del Cliente”, “Creación de Nuevos Flujos de Servicio”, “Aprendizaje Interno para Mejoramiento de Procesos”, “Evaluación de Desempeño para Replanificación y Mejora del Proceso”, “Innovación en los Productos” y “Óptima Utilización de Recursos”.

- *Patrón de Negocios 3: “Aprendizaje Interno para Mejoramiento de Procesos”.*

Este patrón se basa en el posicionamiento estratégico de mejor producto y busca generar valor para los clientes a través de entregar atributos apreciados por estos, tales como bajo costo debido a una mayor eficiencia, entrega a tiempo, entre otros.

La Capacidad necesaria en la aplicación de este patrón tiene relación con ser capaz de analizar sistemáticamente la organización, y mediante el uso de analítica identificar posibles orígenes y soluciones a las problemáticas detectadas.

En la siguiente ilustración se puede apreciar un esquema del funcionamiento del Patrón de Negocios 3.

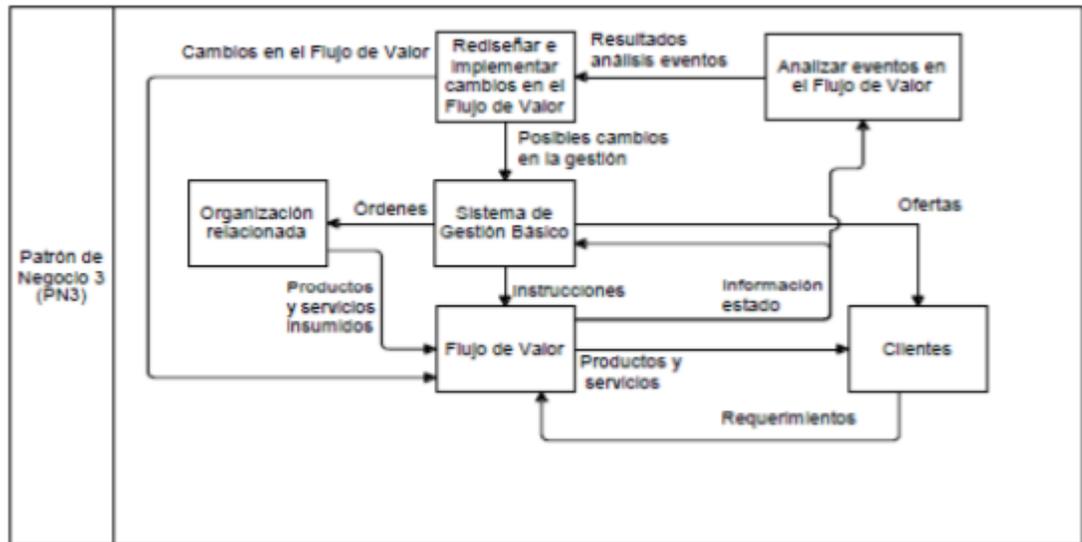


Ilustración 8: Patrón de Negocio 3.

2.1.1.3 Patrones Básicos de Arquitectura Empresarial

Los PN anteriores requieren de una implementación de las Capacidades que ellos especifican, por ello se propone mapear tales Capacidades a Patrones de Arquitectura y de Procesos de Negocio, los cuales se presentan genéricamente pudiendo ser instanciados a un caso particular según las necesidades particulares del equipo o persona encargada del proyecto de rediseño. A continuación, se mencionan los Patrones de Arquitectura propuestos y se describe uno de ellos, el cual es de especial interés para el presente trabajo de tesis.

Los Patrones de Arquitectura son los siguientes: “Macro 1 o Cadena de Valor”, “Macro 2 o Desarrollo de Nuevas Capacidades”, “Macro 3 o Planificación del Negocio” y “Macro 4 o Procesos de Apoyo”. A continuación, se dará una breve descripción de la macro relevante para el presente proyecto, la cual es la macro número uno.

- *Macro 1 o Cadena de Valor:* Es el conjunto de procesos que ejecuta la producción de bienes y servicios de la organización desde la interacción con el cliente para la toma de requerimientos hasta la entrega satisfactoria de bienes y servicios.

2.1.1.4 Metodología Propuesta

Se presenta en lo que sigue una breve descripción de la metodología propuesta por la Ingeniería de Negocios para el diseño de servicios. Lo anterior considera una jerarquía de niveles de diseño, las cuales son los siguientes.

- i. *Diseño del Negocio de una Empresa:* Representa lo que el negocio hace, en cuanto a que entrega la estructura de las componentes del servicio, sus relaciones junto con la interacción con el medio que genera una Capacidad de Negocio.
- ii. *Configuración de Negocio y diseño de capacidad:* El cual incluye de ser necesario, el detalle del diseño del servicio y su proceso de producción; cubre la identificación de los

procesos que deberían estar presentes para asegurar que el servicio es entregado de manera efectiva y eficiente; considera la determinación de la capacidad⁸ que cada proceso requiere para atender la demanda según los acuerdos de Niveles de Servicio Definidos (SLA).

- iii. *Diseño de Procesos de Gestión de Recursos:* Este nivel hace referencia a las personas, equipos y suministros necesarios para entregar la capacidad establecida en ii.
- iv. *Diseño de los Procesos de Gestión Operativa:* Los cuales son necesarios para programar los recursos día a día y así dar cumplimiento a la demanda sobre los recursos disponibles entregando los niveles de servicio requeridos y optimizar el uso de estos.

A continuación, se muestra una ilustración de la metodología propuesta.

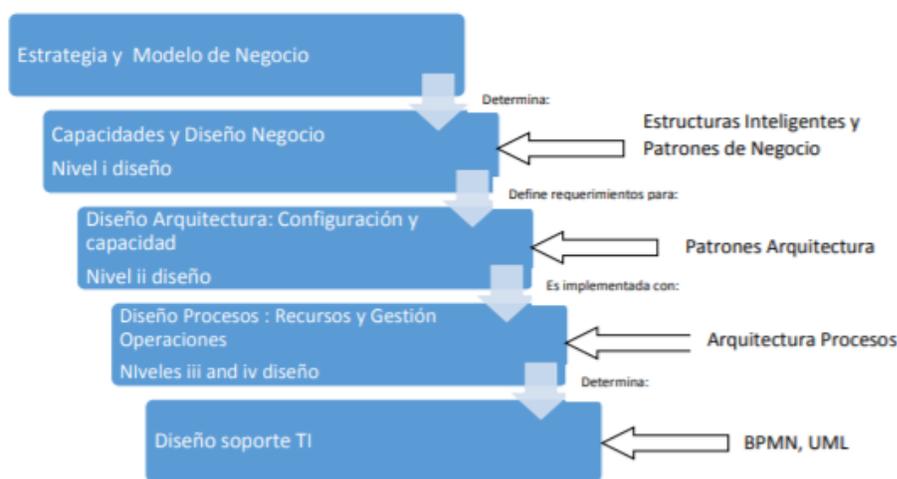


Ilustración 9: Metodología de Diseño de Servicios.

2.2 Gestión de Demanda en Servicios de Salud

El sistema de salud puede ser resumido de forma muy genérica como un servicio que debe atender una demanda, la cual es en general desconocida, mediante el uso de recursos limitados, por lo cual se hace necesario la búsqueda de un ajuste entre la oferta que provee el servicio y la demanda mencionada (Bitran & Mondschein, 1997).

Para poder enfrentar de forma adecuada la demanda incierta que tienen los servicios de salud, se debe realizar una adecuada planificación de los recursos críticos con el fin de lograr una adecuada oferta, para lograr lo anterior son necesarios tres pasos: (i) anticipar la demanda de forma adecuada, (ii) interpretar dicha demanda (esto es, entenderla a fondo), (iii) planificar los recursos actuales y generar medidas que permitan atender la demanda pronosticada. Obviamente, todos los pasos definidos anteriormente deben estar definidos en un contexto de trabajo específico⁹. En la siguiente ilustración se muestra un resumen de los pasos mostrados anteriormente.

⁸ Comienza con minúscula, puesto que hace referencia a la cantidad de demanda que se puede procesar

⁹ Para propósitos del presente trabajo, dicho contexto sería la unidad de imagenología del HDS.



Ilustración 10: Pasos planificación de recursos críticos (**Colaboración Técnica Banco Mundial - Gobierno de Chile, 2010**).

Una vez pronosticada e interpretada la demanda, el desafío es lograr una adecuada oferta para atender dicha demanda, lo anterior se puede realizar mediante un adecuado manejo de la capacidad.

2.2.1 Manejo de Capacidad

Existen distintas decisiones tácticas en el manejo de la capacidad, las cuales se muestran a continuación (Bitran & Mondschein, 1997).

- i. *Ubicación - servicios móviles o distribuidos:* Cobra importancia cuando la demanda está distribuida, para el caso del SSMO, implica la construcción de hospitales y servicios de atención primaria con unidad imagenológicas en zonas donde la demanda es alta.
- ii. *Diseño modular:* Este permite que en horarios no punta, la capacidad pueda ser reducida aumentando así la eficiencia del servicio. Para la modalidad CT de la unidad de imagenología del HDS, no está implementado dicho diseño.
- iii. *Tecnologías de información que agreguen valor y aumenten eficiencia:* Son fuente de ventaja competitiva. Para la unidad de imágenes del HDS, estas podrían estar orientadas a la mejora de los procesos de planificación y gestión de exámenes y reportes.
- iv. *Estandarización:* La estandarización de procesos y tareas puede generar beneficios en cuanto a la eficiencia. En el caso de la unidad de imágenes del HDS, esta se podría orientar a la formulación de criterios homogéneos para la toma de decisiones en los procesos de control y asignación de exámenes a especialistas.
- v. *Personal flotante y/o empleados de medio tiempo:* Sirve para aumentar la capacidad del servicio durante épocas donde la demanda sufra aumentos considerables. Para la unidad de imagenología, esto se ve reflejado en el refuerzo de los especialistas mediante el apoyo de becados.
- vi. *Redistribución de horarios de trabajo:* También sirve para aumentar la capacidad del servicio durante épocas donde la demanda sufra aumentos considerables, mediante el ajuste de los horarios de trabajo del personal. Para la unidad de imagenología del HDS, esta medida actualmente no está implementada.

También existen decisiones operacionales que pueden afectar el manejo de la capacidad, por ejemplo: (i) Horarios dinámicos o inteligentes (Bitran & Mondschein, 1997).

2.3 Series de Tiempo

Una serie de tiempo es una serie de datos x_t , con cada uno tomado en un tiempo específico t . Una serie de tiempo discreta es una donde $t \in T$, con T es un conjunto discreto. Una serie de tiempo continua es una donde $t \in \bar{T}$, con \bar{T} es un conjunto no discreto (Brockwell & Davis, 2002).

En cuanto a los objetivos del análisis de series de tiempo, este busca realizar inferencias respecto a dichas series, mediante la aplicación de modelos estadísticos, aunque es relevante cumplir una serie de hipótesis para la correcta aplicación de los modelos.

En general las series de tiempo pueden presentar las siguientes características (Brockwell & Davis, 2002).

- *Tendencia*: Componente de la serie de tiempo sistemática, lineal o no lineal que cambia sobre el tiempo y no se repite.
- *Estacionalidad*: Patrón sistemático, lineal o no lineal repetitivo de la serie de tiempo, que se da en intervalos de tiempo.
- *Variaciones Irregulares*: Representa todos los tipos de movimientos de una serie de tiempo que no sean tendencia, variaciones estacionales ni fluctuaciones cíclicas.
- *Outliers*: Observación o conjunto de observaciones significativamente diferentes del resto.

La estacionariedad de una serie de tiempo es una característica bastante deseable, en cuanto es requisito para la aplicación de variados modelos de pronóstico. En general, una serie de tiempo se dice estacionaria cuando su distribución y parámetros no varían con el tiempo, de forma más específica, se puede mencionar que una serie de tiempo es estacionaria, si su media y varianza no cambian en el tiempo (Brockwell & Davis, 2002). Una de las formas de verificar si una serie es o no estacionaria, se hace mediante la aplicación de una prueba de Dickey-Fuller aumentada, cuya hipótesis nula es que la serie analizada es no estacionaria, por ende, si se rechaza dicha hipótesis entonces se tiene que la serie es estacionaria para algún cierto nivel de confianza determinado (Cheung & Lai, 1995).

2.3.1 Modelo ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)

El modelo $ARIMA(p, d, q)$ es uno de los modelos más famosos para pronóstico mediante el uso de series de tiempo, combina dos modelos, los cuales son $AR(p)$ y $MA(q)$. El primero realiza pronósticos bajo el supuesto de que el valor de salida depende linealmente de sus valores anteriores, el parámetro p hace referencia al orden del modelo AR , el cual indica el número de rezagos que este utiliza.

$$AR(p): y_t = \delta + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t$$

Ecuación 1: Modelo autorregresivo AR con p rezagos.

El segundo modelo hace un pronóstico de la variable de salida, suponiendo que dicha variable depende linealmente del valor actual y varios valores pasados de un término estocástico (imperfectamente predecible), el término q es el orden del modelo y hace referencia al número rezagos a considerar del término estocástico mencionado.

$$y_t = \mu + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

Ecuación 2: Modelo de media móvil de orden q .

Finalmente, el término I hace referencia al número de veces que la serie de tiempo ha sido diferenciada. Lo anterior, se debe a que es requisito que la serie sea estacionaria para poder aplicar el modelo ARIMA, y la diferenciación es una de las formas de poder lograr lo mencionado (otras podrían ser, correcciones de estacionalidad y tendencia, o transformaciones a la serie de tiempo) (Brockwell & Davis, 2002).

$$\Delta^d y_t = \delta + \phi_1 y_{t-1} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

Ecuación 3: Modelo ARIMA(p,d,q).

2.3.2 Método de Holt – Winters

El modelo Holt-Winters incorpora un conjunto de procedimientos que forman parte del núcleo de las series temporales de suavizamiento exponencial. A diferencia de muchas otras técnicas, el modelo Holt-Winters puede adaptarse fácilmente a cambios y tendencias, así como a patrones estacionales. A continuación, se muestra la formulación del método mencionado.

$$\begin{aligned} PTE_{t+1} &= (F_t + T_t)R_{t-L+1} \\ F_t &= \alpha \frac{D_t}{R_{t-L}} + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1}) \\ R_t &= \gamma \frac{D_t}{F_t} + (1 - \gamma)R_{t-L} \\ T_t &= \delta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \delta)T_{t-1} \end{aligned}$$

Ecuación 4: Ecuaciones método Holt – Winters.

Los parámetros se explican a continuación.

PTE_{t+1} = Pronóstico suavizado que incluye tendencia y estacionalidad para el período $t + 1$.

F_t = Pronóstico suavizado exponencialmente para el período t .

T_t = Tendencia suavizada exponencialmente para el período t .

L = Largo de la estacionalidad.

R_{t-L+1} = Estacionalidad suavizada exponencialmente para el período $t - L + 1$.

α = Constante de suavización para los datos de la serie de tiempo ($0 < \alpha < 1$).

D_t = Demanda real en el período t .

R_{t-L} = Estacionalidad suavizada exponencialmente para el período $t - L$.

F_{t-1} = Pronóstico suavizado exponencialmente para el período $t - 1$.

T_{t-1} = Tendencia suavizada exponencialmente para el período $t - 1$.

R_t = Estacionalidad suavizada exponencialmente para el período t .

γ = Constante de suavización de la estacionalidad ($0 < \gamma < 1$).

δ = Constante de suavización de la tendencia ($0 < \delta < 1$).

2.3.3 Evaluación de Modelos

- *El Criterio de Información Akaike (AIC)*: Es una medida de la calidad relativa del modelo estadístico para un conjunto particular de datos. Este criterio muestra un equilibrio entre la complejidad del modelo y la bondad de ajuste de este (Bozdogan, 1987).

El índice AIC se define de la siguiente forma: $AIC = 2 \cdot k - 2 \cdot \ln(L)$.

Donde k es el número de parámetros en el modelo y L es la función de máxima verosimilitud del modelo estimado, el modelo elegido es aquél que posea el menor valor de AIC.

De esto observamos que no solo recompensa el ajuste obtenido por la función de máxima verosimilitud, sino que también penaliza la complejidad del modelo, es decir, mientras más variables se consideren mayor es la penalización, por lo que se disminuye el número de parámetros libres que aumentarían el ajuste de bondad en la función de máxima verosimilitud.

- *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*: Da información sobre la calidad del pronóstico del modelo, mediante la diferencia entre los valores pronosticados y los valores reales. Tiene la siguiente forma funcional.

$$MAPE = \frac{1}{n} \cdot \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right|$$

Ecuación 5: Métrica MAPE.

Esta métrica puede llegar a ser sesgada en presencia de grandes errores en breves periodos de tiempo, dado que toma uno a uno cada error.

- *Root Mean Square Error (RMSE)*: Al igual que la métrica anterior, da una información de la calidad del pronóstico realizado, aunque a diferencia de MAPE, esta métrica utiliza la

desviación estándar de los residuos (tomando la raíz) para dar cuenta del desempeño del modelo aplicado.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (y_j - \hat{y}_j)^2}$$

Ecuación 6: Métrica RMSE.

2.4 Sistemas Basados en Conocimiento (Knowledge Based Systems - KBS)

Los sistemas basados en conocimiento (KBS's) son sistemas basados en reglas formados por aplicaciones que recolectan conocimiento experto de distintas fuentes, tanto humanas como artificiales, luego dicho conocimiento es simbolizado y almacenado para ser usado en soluciones a problemas futuros, siendo el elemento común a todos los KBS el esfuerzo orientado a representar el conocimiento de forma explícita, lo anterior mediante herramientas que pueden ser ontologías o reglas aplicadas a hechos.

Es relevante mencionar que existe una amplia gama de sistemas de información basados en conocimiento, el primero que se podría mencionar sería el sistema experto (ES por sus siglas en inglés), el cual se diferencia de un KBS en el hecho de que este necesita de ayuda humana experta para resolver una problemática, mientras que un KBS sería la arquitectura del sistema que representaría explícitamente el conocimiento experto, en otras palabras, con pequeñas cantidades de información un KBS podría dar cumplimiento a resolver un problema por medio del razonamiento. Por último, hay que mencionar que un ES en general, es un caso particular de un KBS. (Munner Umar , Mehmood, & Song , 2015). En la siguiente ilustración se muestran distintos tipos de sistemas basados en conocimiento (donde KBS también se encuentra, esto es solo un abuso de notación).

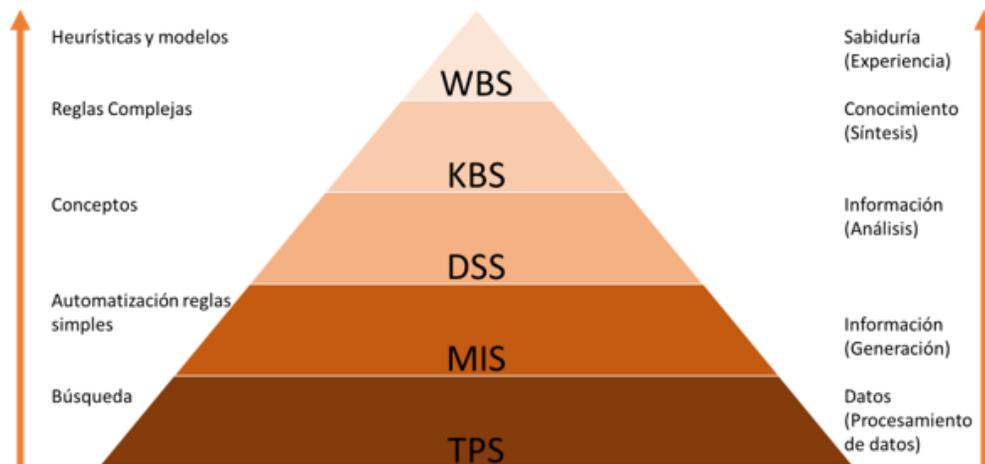


Ilustración 11: Pirámide Sistemas Basados en Conocimiento (Akerkar & Sajja, 2010).

En la ilustración anterior se observa un cambio en los sistemas a medida que la lógica se vuelve más compleja (columna izquierda) y por ende los datos evolucionan hasta llegar a ser sabiduría en el nivel más alto (columna derecha). A continuación, se dará una descripción de los sistemas basados en conocimiento que no se habían mencionado hasta el momento.

- *WBS (Wisdom Based System)*: Sistema basado en heurísticas complejas que permiten la toma de decisiones de forma totalmente independiente de ayuda humana experta.
- *DSS (Decision Support System)*: Sistema que soporta la toma de decisiones de un tomador de decisión el cual en general se puede considerar experto en algún dominio particular, mediante la organización de información y generación de posibles resultados (en otras palabras, análisis de sensibilidad y/o posibles escenarios), tiene una fuerte orientación hacia el análisis de información. Cabe destacar que un DSS no es una herramienta de simple reportería, sino que es un marco que da las condiciones necesarias que permitan al tomador de decisión tomar una adecuada determinación. Por último, cabe mencionar que en general los DSS son el punto intermedio entre los MIS y los ES (Sauter, 2010).
- *MIS (Managment Information System)*: Sistema enfocado en decisiones estructuradas, rutinarias y anticipadas, que pueden ser orientadas mediante la extracción de datos, integración de estos para la generación de información y la entrega de esta en un formato de reporte. En general este tipo de sistemas no está orientado hacia el análisis (Sauter, 2010).
- *TPS (Transaction Information System)*: Sistema que permite la recolección, modificación y entrega de información, en general de forma “cruda”, esto es, sin modificaciones de ningún tipo. No existe ninguna orientación hacia el análisis en este tipo de sistemas.

Las principales componentes de un KBS (transversales a los sistemas vistos anteriormente, salvo el TPS) se muestran en la siguiente ilustración.

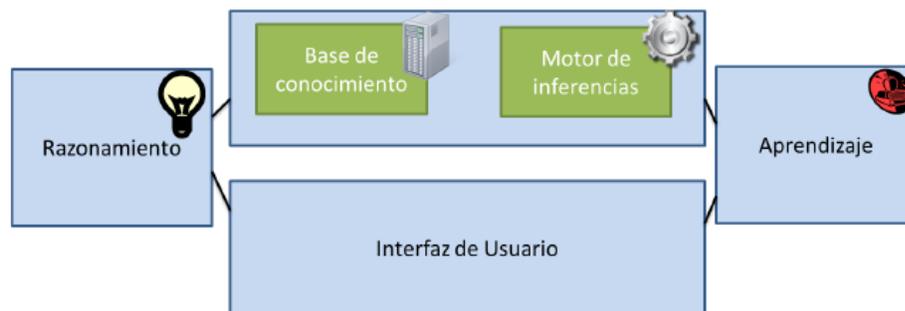


Ilustración 12: Principales componentes KBS (Gutiérrez Loyola, 2013).

Se puede apreciar en la ilustración anterior la existencia de múltiples componentes, las cuales se describirán a continuación (Munner Umar , Mehmood, & Song , 2015):

- *Base de Conocimiento*: Por simple definición hace referencia a la base donde se almacenará el conocimiento extraído de expertos humanos o no humanos.
- *Motor de Inferencias*: Hace referencia al software que trabaja sobre la base de conocimientos, aplicando reglas lógicas sobre los hechos lo que podría deducir nuevo conocimiento (la complejidad de este motor de inferencia varía dependiendo del sistema en que este se encuentre). Existen en general dos formas de funcionamiento del motor de inferencias, “forward chaining” o “backward chaining”, la primera forma implica la generación de nuevo conocimiento desde el conocimiento almacenado en la base de

conocimiento, mientras que la segunda significa comenzar con soluciones y a partir de ellas decidir qué conocimiento ha de ser almacenado. En general el motor de inferencia opera en una estructura “IF THEN”, lo que en palabras simples supone el uso de premisas, las cuales mediante un proceso de deducción transforma en conclusiones. Finalmente, se puede mencionar que el motor de inferencia opera en tres estados, los cuales son: reglas de pareo (“matching rules”), selección de reglas y ejecución de reglas. Respectivamente se tiene que el motor primero realiza una filtración de data que cumple con las reglas definidas, los ítems seleccionados son considerados candidatos, en segundo lugar, el motor utiliza una estrategia de selección de reglas para ejecución y en tercer lugar las reglas escogidas son ejecutadas (ya sea a través de la interfaz de usuario o por alguna función que solicite el mismo motor).

- *Razonamiento:* Esta componente guarda relación con la forma en la que se extraería el conocimiento experto desde los usuarios que lo poseen. Comúnmente un KBS posee razonamientos de dos tipos, “Induction or backward chaining” y “Deduction or forward chaining”.
- *Interfaz de Usuario:* Parte fundamental de un sistema de tipo KBS debido a que provee la comunicación entre los usuarios y el sistema. Dado la relevancia que esta componente posee, se deberían considerar los siguientes puntos para tener una interfaz de usuario aceptable.
 - *Tipo de Visualización:* En los orígenes de los sistemas mencionados, se utilizaba una consola basada en texto, como entrada y salida, actualmente en general la visualización se basa en GUI (Graphical User Interface).
 - *Entrada de Información:* La entrada de información puede realizarse de distintas maneras, por ejemplo, de forma objetiva, subjetiva o realizando consultas, por lo tanto, dependerá fuertemente de los usuarios expertos que forma se termine utilizando.
 - *Visualización de Información:* Se pueden utilizar distintos medios para la visualización, como cajas de texto, gráficos, botones, entre otros. Recordando la importancia de mostrar conclusiones y hallazgos a los usuarios (en los sistemas que puedan realizar dicha tarea, como los ES y KBS).
 - *Interfaz de Control:* Se debería poder controlar la sesión, incluyendo comienzo, término y suspensión, además de proveer opciones de configuración.
- *Aprendizaje:* Esta componente varía dependiendo de complejidad de sistema basado en conocimiento (llegando a aprendizaje automático en los sistemas más complejos).

Existen múltiples ventajas asociadas al uso de un KBS, a continuación, se detallan algunas de estas:

- *Adquisición y mantención:* No existe necesidad de personal especializado para mantener los hechos, las personas expertas pueden definir y mantener las reglas ellas mismas.

- *Explicación:* Las lógicas pueden ser explicadas a usuarios (en cuanto a los pasos que se necesitaron para llegar a ellas) y estos(as) podrían entenderlas con relativa facilidad.
- *Razonamiento:* La descomposición del conocimiento y el procesamiento de este puede llegar a generar soluciones nunca vistas por usuarios expertos.

2.4.1 Decision Support Systems (DSS)

Este sistema basado en conocimiento tiene especial relevancia para el proyecto que se ha de realizar, por lo que se detallará su funcionamiento y componentes.

Un DSS tiene tres componentes principales las cuales se describen a continuación (Sauter, 2010).

- *Componente de Datos:* Generalmente toma la forma de un gestor de bases de datos, almacenando la data necesaria para el sistema DSS en el formato adecuado para ser utilizada por las otras componentes, debe ser lo suficientemente sofisticada para que se pueda acceder a su data almacenando de forma no explícita, además de poder recabar todos los datos necesarios y darles un formato adecuado sin la necesidad del uso de programación por parte del usuario final. Se puede hacer una correspondencia natural entre esta componente y la base de conocimiento descrita en los sistemas basados en conocimiento.
- *Componente de Modelo:* Se le conoce también como sistema de gestión basado en modelos, este tiene como objetivo manejar todos los modelos y lógicas que sean parte del DSS, además de brindar un soporte de alto nivel que ayude al usuario a resolver dudas que este tenga respecto de los modelos. Se puede hacer la correspondencia al motor de inferencias descrito anteriormente.
- *Componente de Interfaz de Usuario:* Corresponde a todos los mecanismos que permitan la entrada y salida información del sistema DSS. Incluyendo todas las pantallas de entrada donde el usuario podría requerir data y modelos y todas las pantallas de salida donde el usuario podría obtener los resultados. Al igual que en los casos anteriores se puede hacer la correspondencia entre esta componente y la interfaz de usuario de un KBS.

Por último, se hace énfasis nuevamente en que en el uso de un DSS no se debería dar la entrada de datos ni la programación para obtener los resultados deseados, sino que este actúa como un marco que guía los usuarios a obtener la información deseada y realizar la toma de decisiones (Sauter, 2010).

2.5 Teoría de la Creación del Conocimiento Organizacional

La Teoría de la Creación de Conocimiento Organizacional (Nonaka , 1991), se refiere a la creación de conocimiento como resultado de una interacción entre dos formas de conocimiento (llamada conversión de conocimiento), dichas formas son el conocimiento tácito, el cual se entiende como conocimiento personal de difícil formalización y comunicación; y el conocimiento explícito, el cual se entiende como conocimiento codificado que puede ser transmitido utilizando un lenguaje formal y sistemático. Los tipos de conocimiento mencionados anteriormente interactúan de cuatro formas, las cuales son:

- *Socialización*: Se relaciona con la conversión de conocimiento tácito a tácito, por lo anterior la clave en esta forma de conversión radica en la consideración de la experiencia como fuente relevante de conocimiento tácito, así como la experiencia compartida entre individuos, aspectos sumamente relevantes para que esta forma de conversión de conocimiento se pueda dar con éxito.
- *Exteriorización*: Se relaciona a la conversión de conocimiento tácito a explícito, este es un proceso esencial en la creación de conocimiento y tiene como resultado que el conocimiento tácito adopte la forma explícita de analogías, conceptos, modelos o metáforas. Una metodología usual para la creación de conceptos es la combinación, la inducción y la deducción.
- *Combinación*: Relacionado a la conversión de conocimiento explícito a explícito, esta forma implica un proceso de sistematización de conceptos para la creación de un sistema de conocimiento. La reconfiguración de información que este proceso genera se puede llevar a cabo añadiendo, categorizando y combinando el conocimiento explícito para dar paso al nuevo conocimiento.
- *Interiorización*: Forma relacionada a la conversión de conocimiento explícito a tácito siendo una buena forma de resumirla como un “aprender haciendo”, dado que significa la internalización de un conocimiento por parte de los individuos (en una forma tácita) que antes no existía en dichos miembros, como resultado de las etapas anteriores. Una buena forma de hacer que el conocimiento explícito pase a ser tácito es la documentación, dado que ayuda a los individuos a internalizar lo que han experimentado.

Las formas de conversión de conocimiento mencionadas se pueden resumir además en la siguiente ilustración.

	Conocimiento tácito	a	Conocimiento explícito
Conocimiento tácito	Socialización		Exteriorización
desde			
Conocimiento explícito	Interiorización		Combinación

Ilustración 13: Formas de conversión de conocimiento (Nonaka , 1991).

De las formas de conversión de conocimiento se puede desprender una espiral virtuosa que comienza en la socialización creando un campo de interacción entre los individuos de la organización, luego la exteriorización da paso a un diálogo reflexivo que dé cuenta de analogías, conceptos o modelos adecuados que permitan comunicar de buena manera el conocimiento tácito oculto, para que después la combinación de comienzo con la distribución del conocimiento recién creado, para que en la interiorización se logre dar el aprender haciendo por parte de los miembros de la organización.

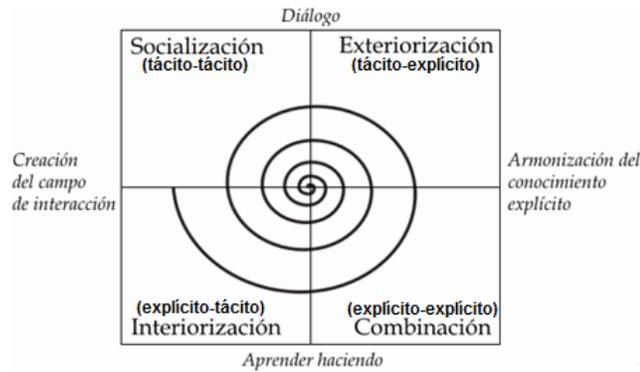


Ilustración 14: Espiral creación de conocimiento.

2.5.1 Modelo de cinco fases del proceso de creación de conocimiento organizacional

El modelo de cinco fases para la creación de conocimiento organizacional integra tres dimensiones relevantes, la primera son las formas de conversión del conocimiento, la segunda guarda relación con las condiciones que facilitan la creación de conocimiento organizacional y la tercera se relaciona con el tiempo de desarrollo del proyecto.

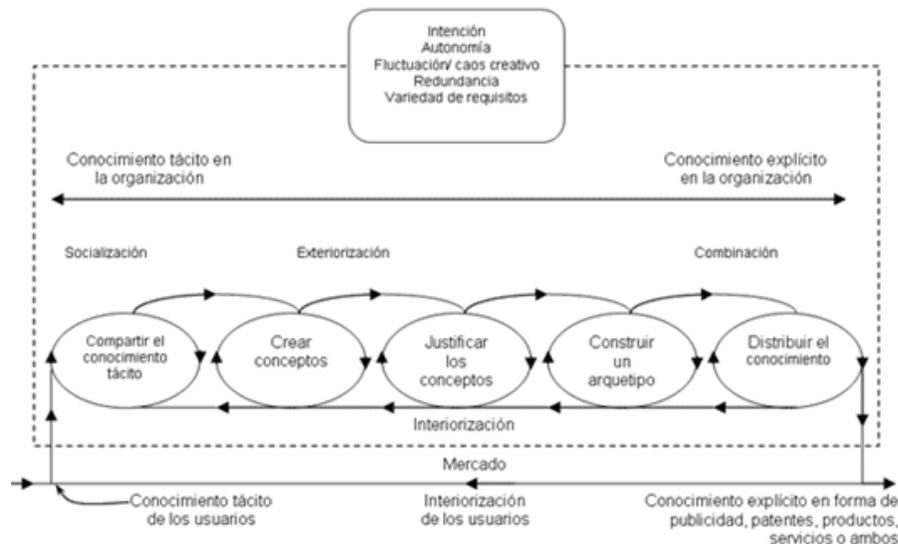


Ilustración 15: Modelo de cinco fases (Nonaka , 1991).

2.6 Revisión de Literatura

2.6.1 Picture Archiving and Communication System (PACS)

PACS es un sistema para el archivado digital de imágenes, que en la actualidad es prácticamente un estándar mundial en los centros imagenológicos del mundo, debido a que generó un cambio desde el almacenamiento de las imágenes en formato físico a su almacenamiento en formato digital.

PACS provee un almacenamiento económico y conveniente para guardar y posteriormente acceder a imágenes de múltiples modalidades (existentes en los centros imagenológicos). Dichas imágenes son reportadas y transmitidas en formato digital con la ayuda de DICOM (Digital Imaging and

Communications in Medicine), el cual es el protocolo universal para PACS que le permite la transferencia y almacenamiento de imágenes.

En general PACS maneja imágenes de distintos equipos pertenecientes al campo imagenológico (modalidades), entre los que se encuentran la tomografía computarizada (Computed Tomography - CT), radiografía digital (Digital Radiography - DX) y Ultrasonido (Ultrasound – US), cabe mencionar que las tres modalidades anteriores se encuentran en el centro de imagenología del Hospital Del Salvador (Choplin , 1992).

Finalmente, se pueden mencionar los siguientes usos para PACS:

- *Copia “física”*: PACS reemplaza la copia física basada en imágenes almacenadas en formato físico, pasando a un almacenamiento de tipo digital.
- *Acceso Remoto*: Dada su arquitectura, puede permitir el acceso remoto para revisión y reportería de imágenes por parte de especialistas.
- *Plataforma de Integración de Imagen Electrónica*: PACS provee la interfaz necesaria para conectarse con otros sistemas del ambiente hospitalario como el HIS (Hospital Information System), EMR (Electronic Medical Record), RIS (Radiology Information System), entre otros.
- *Gestión del Flujo de Trabajo*: PACS es usado por personal de imagenología para gestionar el flujo de trabajo de los exámenes de los pacientes.

2.6.2 Radiology Information System (RIS)

RIS es núcleo de la gestión electrónica de imágenes, al igual que PACS es un estándar mundial en la actualidad, entre sus principales funciones se encuentran las siguientes (McEnery, 2018).

- *Agendamiento de pacientes.*
- *Manejo de recursos.*
- *Seguimiento desempeño exámenes.*
- *Distribución de resultados de exámenes.*
- *Facturación de exámenes.*

En general RIS se complementa con los sistemas hospitalarios HIS y PACS.

Es pertinente mencionar que la unidad de imagenología del HDS no cuenta con una implementación de RIS.

CAPÍTULO 3: ESTREATEGIA Y MODELO DE NEGOCIOS HOSPITAL DEL SALVADOR

En el presente capítulo se dará cuenta del contexto estratégico del HDS, desde la misión y visión de la institución, pasando por el posicionamiento estratégico y por el modelo de negocios de esta, analizando la coherencia entre todos los elementos, con el fin de detectar falencias o faltas de alineamiento que puedan justificar desde un punto de vista estratégico el proyecto a realizar.

3.1 Misión

“Nuestra misión como centro de salud pública es proporcionar acciones y atenciones de salud a la población en forma oportuna, resolutive y eficiente, con perfeccionamiento continuo, orientado a la atención de patologías de alta complejidad” (Hospital Del Savador, 2018).

3.2 Visión

“El HDS pretende ser referente nacional en patologías específicas, constituyendo polos de desarrollo en Áreas como trasplante, tratamiento de linfomas, hemofilia y cirugía vascular.

“Al mismo tiempo ser modelo de gestión sanitaria, entregando a sus usuarios un tratamiento integral con un concepto psico biosocial, con atención oportuna, resolutive y de calidad, eficiencia operacional y tiempo de espera mínimo e informado”.

“También profundizar su amplia experiencia como campo clínico de formación profesional de pre y postgrado” (Hospital Del Salvador, 2018).

3.3 Posicionamiento Estratégico

En cuanto al planteamiento estratégico, este se identificó usando el Delta de Hax para empresas sin fines de lucro (Hax, 2010). Se concluye que el planteamiento estratégico del HDS es de mejor producto, considerando la variante de eficiencia administrativa. Lo anterior encuentra justificación en la visión planteada por el mismo hospital, la cual hace referencia a como debe ser la atención hacia los usuarios del hospital. También se justifica desde la teoría (Barros Vera , Business Engineering and Service Design with Applications for Health Care Institutions , 2013) dado que se propone que los hospitales públicos deberían (dado sus limitados recursos y demanda creciente) optar por un posicionamiento de mejor producto mediante una eficiencia operacional.

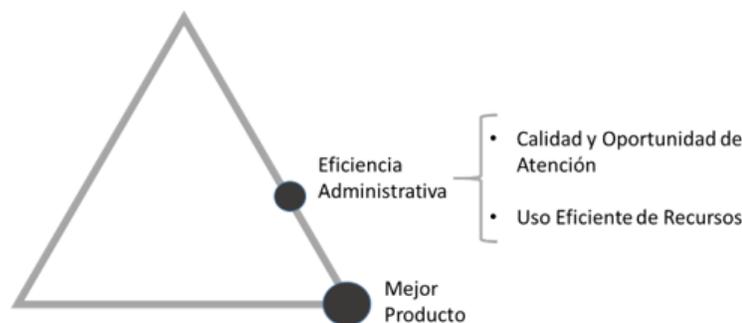


Ilustración 16: Posicionamiento Estratégico de HDS.

3.4 Balanced Scorecard

El HDS no cuenta con una BSC propio, no obstante, el hospital es un Establecimiento Autogestionado en Red (EAR) y como se mencionó anteriormente, existe una definición de BSC para este tipo de establecimientos que el HDS adoptó (además de que el cumplimiento de la planificación estratégica asociada a dicho BSC es evaluada anualmente). A continuación, se muestra el mapa estratégico de la organización.

BSC		TEMAS ESTRATÉGICOS					
		A	B			C	D
PERSPECTIVA		Sustentabilidad financiera	Eficiencia operacional			Gestión clínica	Excelencia de la atención
1	PERSPECTIVA APRENDIZAJE Y DESARROLLO	Estandarizar y potimizar los sistemas de información	Aumentar compromiso, motivación y eficiencia del personal			Equipo de gestión clínica	Equipo de calidad conformado
2	PERSPECTIVA PROCESOS INTERNOS	Control de procesos financieros críticos	Fortalecer y optimizar los procesos clínicos críticos	Fortalecer y optimizar los procesos de apoyo y logísticos	Usar de manera eficiente los recursos	Generación de rutas y guías clínicas relevantes	Fortalecer procesos de calidad
3	PERSPECTIVA FINANCIERA	Control presupuestario	Mejoramiento de la productividad			Control de la variabilidad de guías clínicas	Disminuir costos no calidad
4	PERSPECTIVA USUARIOS	Satisfacción de la demanda de atención	Agregar valor al usuario			Articulación de la Red de Asistencia.	Proporcionar atención de calidad, segura y digna.

Ilustración 17: Mapa estratégico EAR (DIGERA , 2018).

Existen una serie de indicadores para cada uno de los campos propuestos en las distintas perspectivas, financiera, aprendizaje, procesos y de usuarios, específicamente nueve, seis, diecinueve y once respectivamente. Se destaca la columna ligada al tema estratégico de eficiencia operacional, considerando el planteamiento estratégico del hospital. En lo que sigue se dará cuenta de objetivos relevantes (ligados al tema estratégico destacado) desde la perspectiva del proyecto.

- Perspectiva de Procesos
 - B.2_3.3 Rendimiento de las Horas Contratadas.

Hace referencia a la producción específica del IAAC ajustado en el periodo sobre la cantidad de horas efectivas del personal contratado en las leyes 15.076, 18.834 y 19.664 en el periodo.

- Perspectiva de Usuarios
 - A.4.3 Variación del Promedio de días de espera para intervención quirúrgica.

Si bien este indicador tiene una forma de calcularse, así como umbrales de desempeño bien definidos, el proyecto en si aportará a las iniciativas que busca esta meta, en particular la referente a la identificación de las brechas causales de lista de espera quirúrgica.

- **Perspectiva Financiera**

- **B.3.5 Porcentaje de Horas Ocupadas de Quirófanos Habilitados**

Este indicador mide el tiempo expresado en horas, en que se utilizan los quirófanos habilitados para cirugías electivas. No se incluyen quirófanos de urgencia ni de urgencia obstétrica. La meta es que el indicador sea superior al 75%.

- **C.3.1 Índice Funcional**

Este indicador la eficiencia relativa de cada hospital en el uso de sus camas respecto del estándar nacional. Este estándar y/o también llamado “Norma de comportamiento de las estadías hospitalarias” permite poner en igualdad la condición clínica y la complejidad de los casos para su comparación. La meta es que sea menor que uno.

- **C.3.2 Porcentaje de Egresos con Estadías Prolongadas Superior**

Este indicador mide el grado de disponibilidad de las camas críticas, que posee el establecimiento según resolución de dotación de camas vigente. La medición se realiza en camas de cuidados intermedios y cuidados intensivos que posea el establecimiento, cuyo registro a utilizar es el corte diario que realiza el propio sistema informático a las 12:00 horas. La meta es que sea mayor al 98%.

3.5 Modelo de Negocios

En la siguiente ilustración se puede ver un resumen del modelo de negocios (representado mediante la metodología CANVAS) del HDS, elaborado por la propia institución. (Genesis, Consulting & Capital, 2013)¹⁰.

¹⁰ Cabe destacar que la planificación sigue siendo válida, dada consulta a subdirecciones administrativa y médica del HDS.

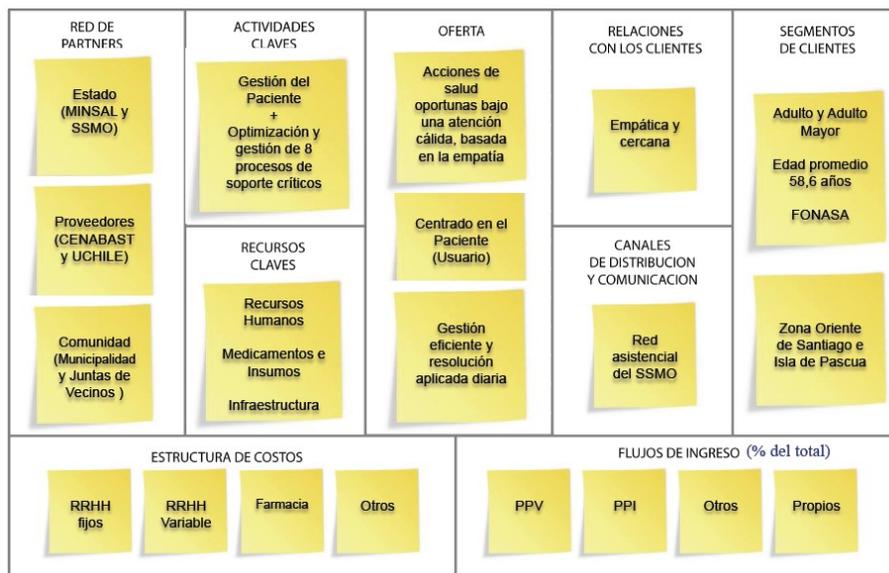


Ilustración 18: Modelo de Negocios HDS.

A continuación, se detallan los aspectos más relevantes del presente modelo, en relación al proyecto que se planea realizar en la institución

3.5.1 Propuesta de Valor

La propuesta de valor del HDS, tiene relación con la entrega de una atención médica de calidad y oportuna, centrada en el paciente y orientada en la atención de las patologías que lo aquejan, independiente de la complejidad de estas.

3.5.2 Segmento de Clientes

Como se mencionó al principio del presente documento, en la descripción de la organización, los clientes del HDS son todos aquellos potenciales pacientes beneficiarios del sector oriente de la capital más la Isla de Pascua (aproximadamente medio millón de personas), adultos y adultos mayores, en general con previsión FONASA. No obstante, cualquier persona que requiera de atención médica urgente, independiente de cualquier situación particular que tenga, puede ser un paciente del HDS.

3.5.3 Actividades Clave

Se encuentran las actividades ligadas a la gestión de pacientes, entre las que destacan gestión de camas, gestión de pacientes y la gestión en las salas de hospitalizados. Además de lo anterior, también se hace referencia a la optimización de ocho actividades consideradas fundamentales por el hospital, entre los que destacan los procesos de producción de los siguientes servicios de apoyo: pabellones (en cuanto a programación de las actividades de estos), farmacia (en cuanto al despacho oportuno de los medicamentos solicitados) e imagenología (en cuanto a la entrega oportuna de los informes y la toma oportuna de los exámenes solicitados). El correcto funcionamiento de los servicios de apoyo anteriores es relevante para la atención oportuna de pacientes.

3.5.4 Recursos Clave

- *Personal médico y de enfermería:* Es la base indispensable para dar una correcta entrega del servicio y la correspondiente propuesta de valor del hospital.
- *Pabellones:* Salas especialmente habilitadas donde se realizan las intervenciones quirúrgicas. Recurso fundamental para tratar a los pacientes con afecciones que requieren cirugía.
- *Camas:* Es un recurso básico, limitado por costo y espacio para poder hospitalizar al paciente y de esta forma lograr monitorearlo y brindarle los cuidados que necesita según su condición de gravedad.
- *Sistemas de información y administración:* Permiten almacenar la información de los pacientes, y son el insumo necesario para contar con una mejor gestión hacia el paciente.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS SITUACIÓN ACTUAL

4.1 Arquitectura de Procesos

La arquitectura de macroprocesos se basa en la propuesta de Barros. A continuación, se mostrará la instanciación de las macros según dicha propuesta para el HDS.

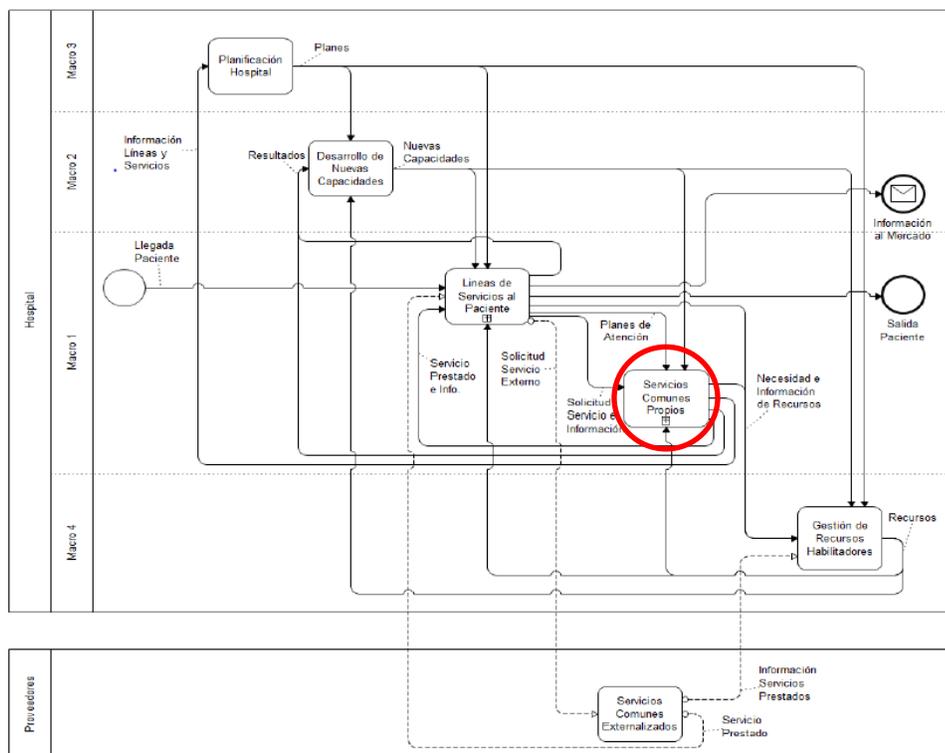


Ilustración 19: Arquitectura de Macroprocesos Orientada a Hospitales (Barros, 2017).

En la ilustración anterior se puede apreciar la cadena de valor del hospital “Líneas de Servicio al Paciente”, las cuales son atención ambulatoria, atención a hospitalizados y atención de urgencia, dichas líneas de servicio siguen un patrón de unificación, lo que quiere decir que comparten ciertos servicios, los cuales se “extraen” de ellas y pasan a formar parte de la cadena de valor llamada “Servicios Comunes Propios”, en esta última se enmarca el presente proyecto de tesis.

4.2 Modelamiento Detallado de Procesos

4.2.1 Modelamiento IDEF0

Los servicios comunes propios tienen directa relación con el servicio que provee el hospital (dado que la producción de imagenología es insumo directo de la atención clínica para las tres líneas de servicio).

En la siguiente ilustración se puede apreciar la descomposición de los servicios compartidos para hospitales, allí se encuentran todos los servicios de apoyo que sirven de soporte transversal a todas las líneas de servicio, entre estos destacan pabellones, gestión de camas, servicio de agendamiento de pacientes, servicios de apoyo diagnóstico, entre otros. Los servicios de apoyo diagnóstico hacen

referencia a todos los servicios de apoyo que permiten realizar diagnósticos al paciente, entre los que se encuentran laboratorios, anatomía patológica, imagenología, entre otros. Considerando lo anterior el proyecto se enmarca de forma específica en los servicios de apoyo diagnóstico.

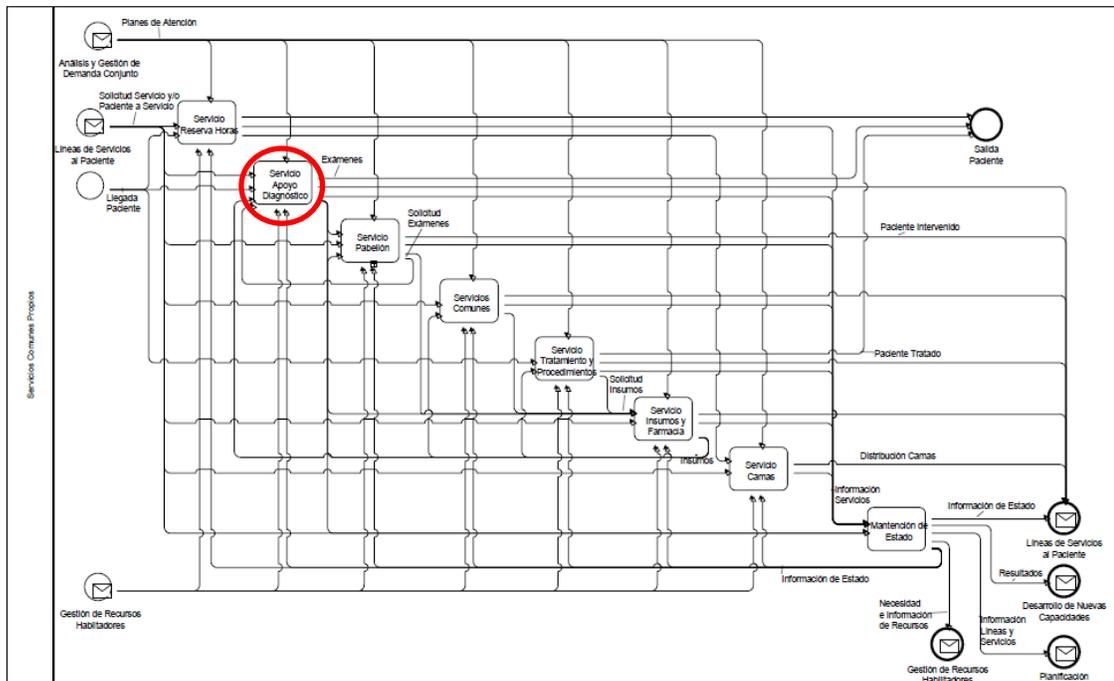


Ilustración 20: Instancia para Macro de Servicios Comunes Propios (Barros, 2017).

A continuación, se muestra la descomposición de la macro de servicios de apoyo diagnóstico (con una correspondiente instanciación para el servicio de imagenología del hospital).

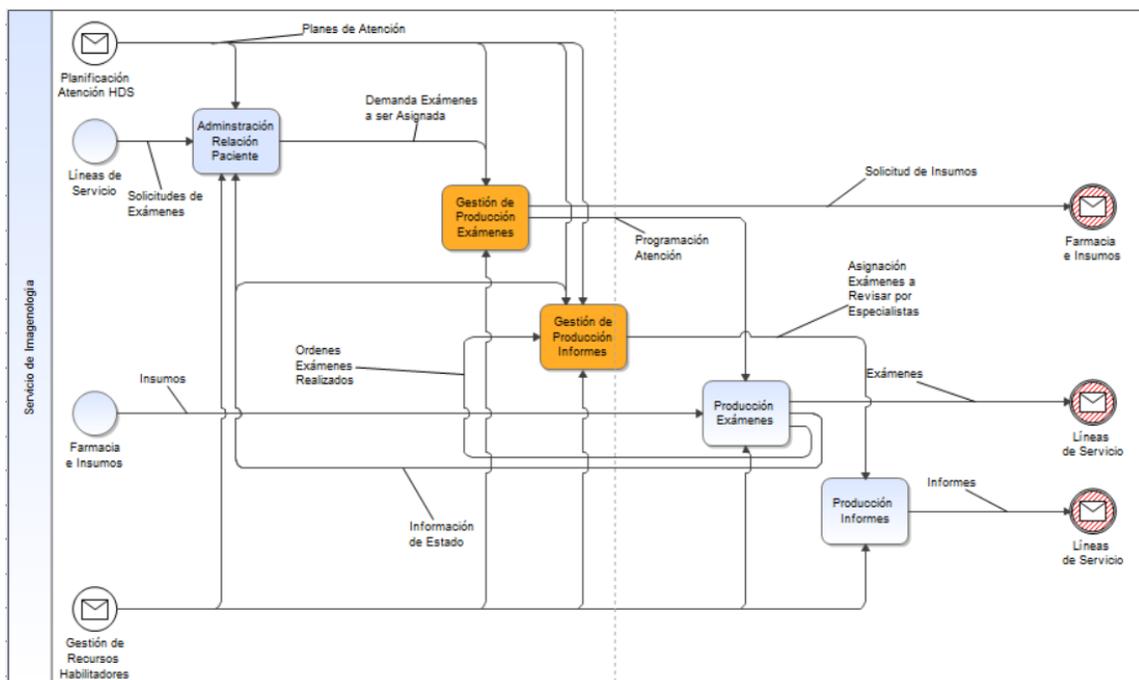


Ilustración 21: Descomposición de Servicios de Apoyo Imagenología.

Se puede apreciar que existen dos conjuntos de actividades definidos actualmente, las relacionadas a la elaboración de exámenes y de forma complementaria a estas, las relacionadas a la producción de informes.

A continuación, se hará una descripción de las macros mostradas en la ilustración anterior, con el objetivo de generar un mejor entendimiento del proceso general.

4.2.1.1 Administración de Relación con Paciente

Esta actividad considera todos los procesos relacionados al manejo de la información de las personas que realizan solicitudes de exámenes al servicio, cabe mencionar que dichas personas pueden ser pacientes que soliciten exámenes, como se da en el caso de la atención ambulatoria o puede ser un médico tratante que tenga bajo su responsabilidad a un paciente, como se da en el caso de las líneas de atención de hospitalizados y de urgencia.

Los principales procesos de esta actividad son los siguientes.

- *Análisis de Demanda:* La que considera un análisis simple de la demanda (haciendo uso de criterio experto) a la cual ha sido sujeto el servicio, con el fin de realizar acciones correctivas cuando sea necesario.
- *Decidir Atención de Pacientes:* Guarda relación con atender o no los requerimientos de exámenes de los pacientes, en la atención ambulatoria se verifica que el(la) paciente tenga toda la documentación correspondiente para aceptar su solicitud de examen, en la atención de hospitalizados se verifica que la orden médica tenga la información mínima para poder procesarla, por último, en el caso de la atención de urgencia todos los pacientes son atendidos por defecto.

4.2.1.2 Gestión de la Producción de Exámenes

Esta actividad debería considerar todos los procesos relacionados con los análisis de capacidad, planificación y monitoreo de la producción de exámenes de scanner de la unidad de imagenología. En la siguiente ilustración se muestra en más detalle esta actividad considerando la situación actual.

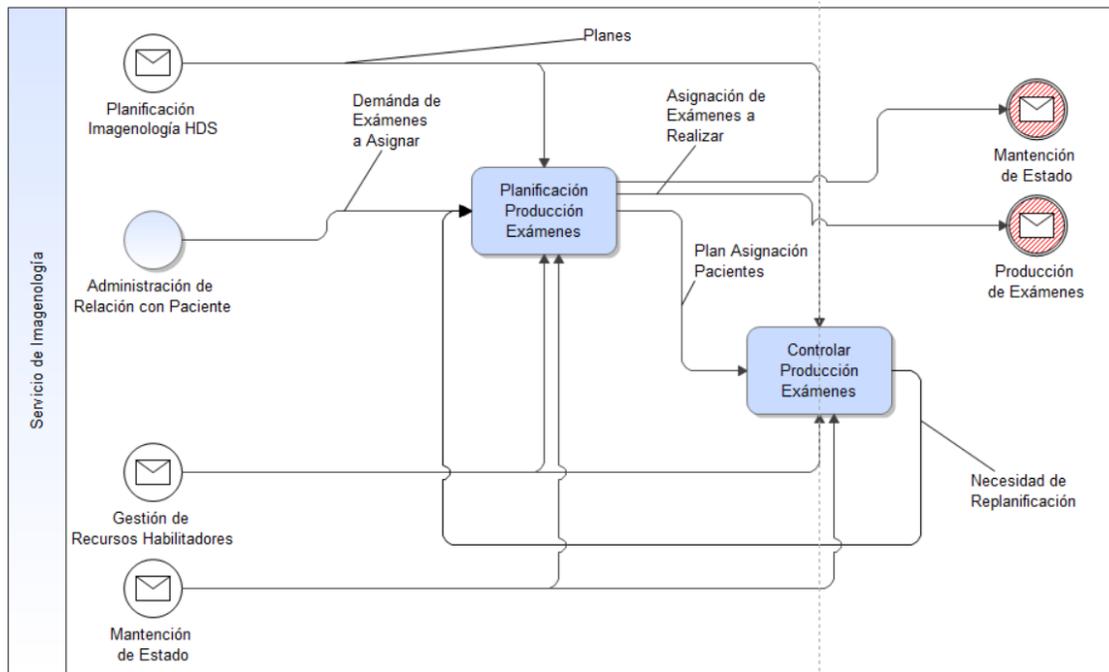


Ilustración 22: Gestión de la Producción de Exámenes.

A continuación, se describirán los procesos mencionados anteriormente.

- *Planificación de Producción de Exámenes:* Relacionado a la generación de la agenda diaria de pacientes a atender, por parte del equipo de tecnólogos médicos del equipo de scanner, lo anterior se realiza para la atención de hospitalizados. En cuanto a la atención abierta, estos ya tienen un agendamiento definido, que puede ser sujeto a modificaciones dependiendo del momento en el cual se presente el paciente, por último, dada la naturaleza de los pacientes de urgencias estos pueden llegar en cualquier momento del día y al tener prioridad por sobre las demás líneas de servicio, pueden generar modificaciones en la planificación de dichas líneas de servicio.
- *Control de Producción de Exámenes:* Proceso que consiste en el análisis de la cantidad de exámenes realizados por el equipo de scanner, en cuanto a las personas atendidas y la cantidad de segmentos realizados (una persona atendida puede tener asociados múltiples segmentos, estos se relacionan con las partes del cuerpo de las cuales se tomaron imágenes), lo anterior se realiza actualmente de forma precaria con una periodicidad mensual.

Cabe mencionar que idóneamente debería existir un proceso relacionado a la planificación de la capacidad del equipo de scanner. No obstante, actualmente dicho proceso no existe.

4.2.1.3 Gestión de la Producción de Informes

Este macroproceso debería considerar todas las actividades relacionadas con los análisis de capacidad, planificación y monitoreo de la producción de informes.

Es relevante mencionar que este macroproceso usa como entrada la salida de la Gestión de la Producción de Exámenes. En la siguiente ilustración se muestra en más detalle este macroproceso.

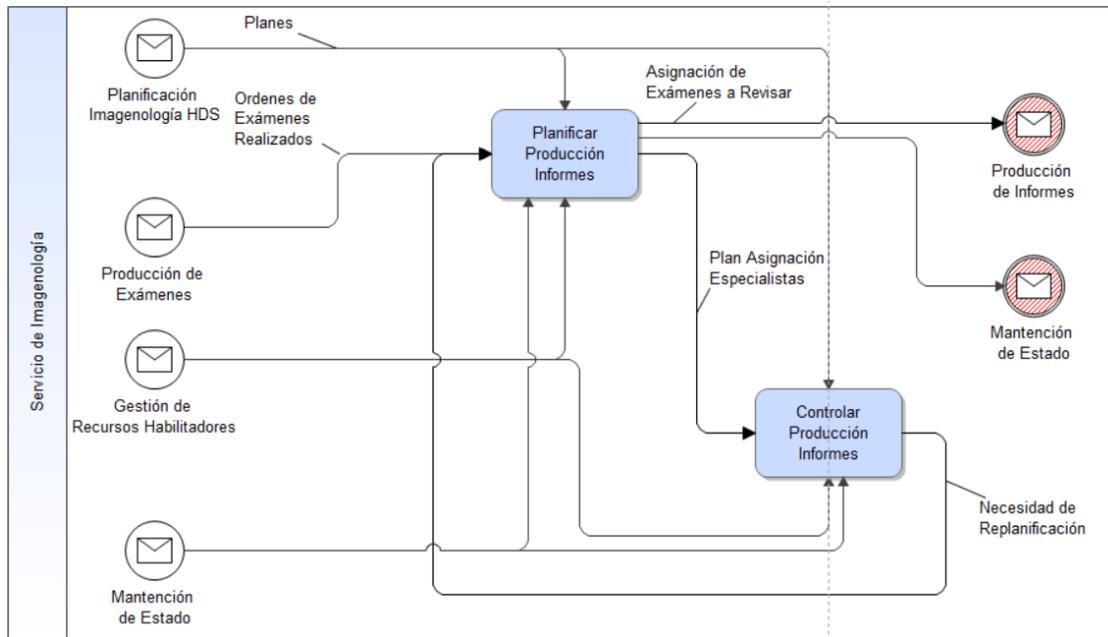


Ilustración 23: Gestión de la Producción de Informes.

- *Planificación de Producción de Informes:* Consiste en la asignación de los exámenes a los especialistas (radiólogos(as)) por parte del coordinador del servicio, lo anterior considerando factores clínicos y relacionados a la carga de trabajo de dichos especialistas, nivel de desempeño de estos, nivel de demanda de los exámenes, entre otros. Cabe mencionar que todo lo anterior se realiza de forma casi exclusiva con criterio personal por parte del coordinador del servicio.
- *Controlar Producción de Informes:* Consiste en el análisis de desempeño de los especialistas considerando aspectos relativos al tiempo que demoran estos en resolver los exámenes que les son asignados, la cantidad de segmentos analizados por ellos, entre otros aspectos. También se deberían considerar las dimensiones anteriormente mencionadas, de forma global (considerando a todos los especialistas).

Esta actividad se realiza de forma esporádica y con una fuerte componente de criterio personal.

Al igual que en el macroproceso relacionado a la producción de exámenes, en este tampoco existe un proceso definido de análisis de capacidad.

4.2.1.4 Producción de Exámenes

Relacionado a la ejecución de la planificación del equipo de tecnólogos médicos de scanner, lo que involucra además el proceso mismo de la toma de examen.

4.2.1.5 Producción de Informes

Relacionado con la revisión de los exámenes (previamente asignados) por parte los radiólogos, tanto del departamento como externos. Este al ser un proceso enteramente clínico no se intervendrá.

4.3 Modelamiento BPMN

A continuación, se muestra el detalle de los procesos mediante BPMN para los macroprocesos mostrados en el modelamiento IDEF0, cabe mencionar que se hará énfasis solo en los procesos que serán sujetos de un posterior rediseño.

4.3.1 Gestión de la producción de exámenes

4.3.1.1 Monitoreo y control de la producción de exámenes

El proceso relevante en este macroproceso tiene relación con el monitoreo y control de la producción de exámenes, la situación actual de este se muestra en la siguiente ilustración.

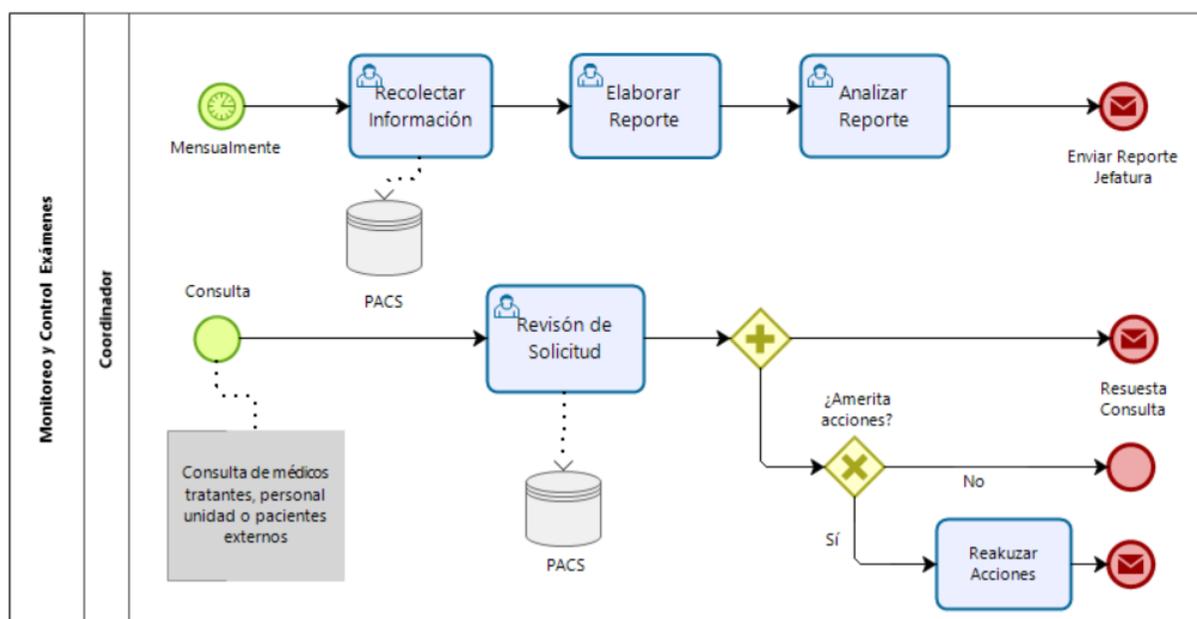


Ilustración 24: Proceso AS-IS monitoreo y control de producción exámenes.

Se destaca el hecho de que todas las actividades son de usuario, lo que implica un gran esfuerzo por parte del coordinador, sobre todo en las actividades ligadas a la elaboración de reporte. Además de lo anterior, se destaca la ausencia de actividades que den respuesta a un control a nivel operacional de la producción de exámenes.

4.3.2 Planificación y control de la producción de informes

Para el macroproceso de planificación y control de la producción de informes, los procesos relevantes a considerar son, el proceso de planificación de la producción de los informes y el proceso de monitoreo y control de la producción de los informes. A continuación, se muestra el detalle de la situación actual para ambos.

4.3.2.1 Planificación de la producción de informes

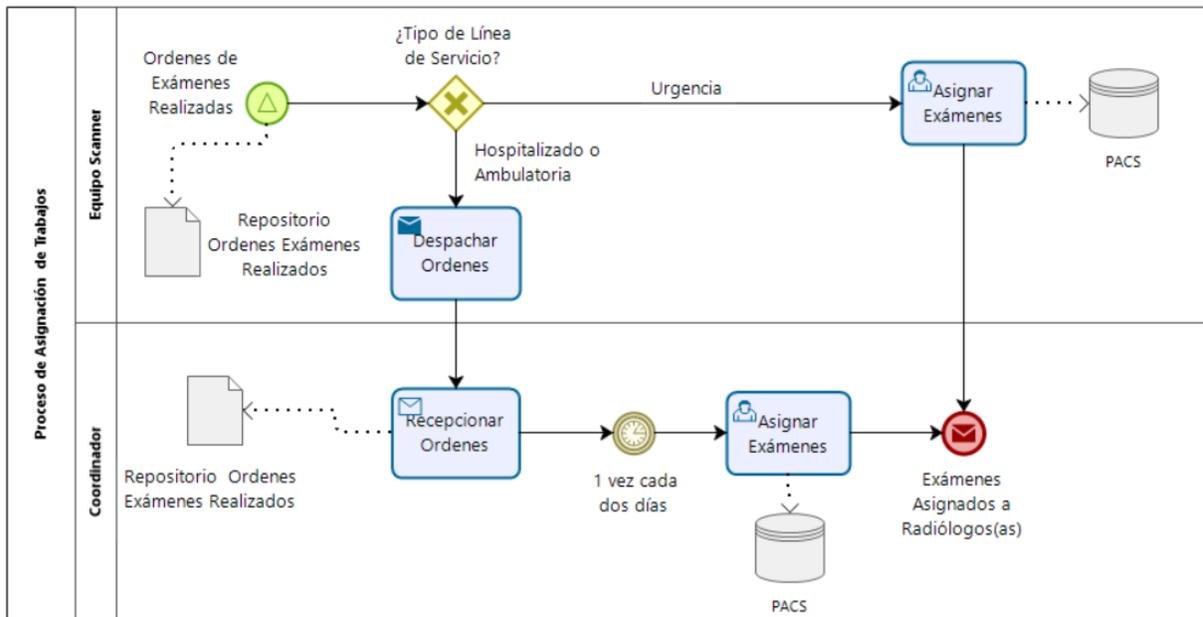


Ilustración 25: AS-IS planificación producción de informes.

Se destaca el tiempo que toma el coordinador para realizar las asignaciones de exámenes a los especialistas. El mencionado proceso de asignación es un proceso que usa eminentemente el criterio del coordinador (como se mencionó anteriormente).

4.3.2.1 Monitoreo y control de la producción de informes

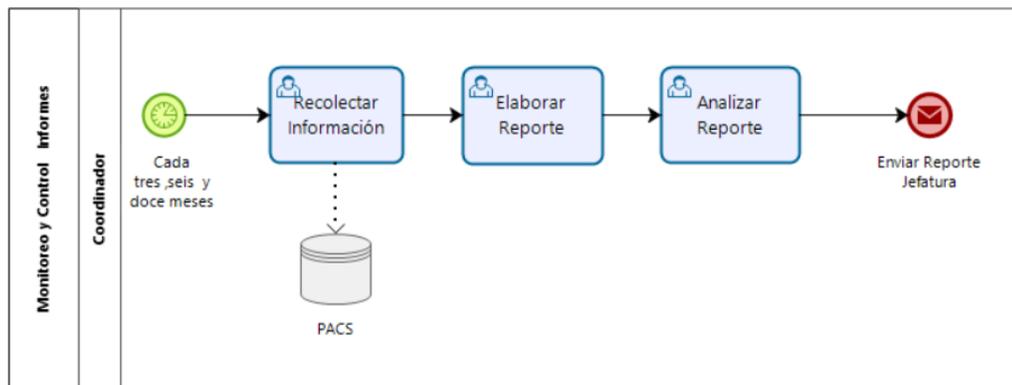


Ilustración 26: AS-IS monitoreo y control de la producción de exámenes.

Las problemáticas del proceso mostrado en la ilustración anterior son similares al proceso de monitoreo y control de la producción de exámenes.

4.4 Diagnóstico de la Situación Actual

Siguiendo la metodología de ingeniería de negocios, es relevante mencionar que, según los aspectos estratégicos mencionados en el presente informe, el HDS sigue un posicionamiento de eficiencia operacional, de ello se desprende que una de las Capacidades críticas que debería poseer

el hospital y por consiguiente una de sus unidades importantes como lo es imagenología, guarda relación con utilizar los recursos de la forma más eficiente posible sin comprometer la calidad del servicio entregado.

Para generar una propuesta coherente con lo planteado anteriormente, se seguirá el enfoque de mejora en el uso de los recursos de la modalidad CT de la unidad de imagenología del HDS, con un fuerte énfasis en los recursos radiólogo(a) y equipo scanner, haciendo un uso de los niveles iii y iv de diseño de servicios, los cuales son el diseño de procesos de gestión para los recursos mencionados y el diseño de los procesos de gestión operativa.

El fundamento para el enfoque y los niveles de diseño escogidos, tienen además de la relación descrita en cuanto al posicionamiento estratégico del hospital, la estructura de inteligencia requerida para poder realizar el enfoque propuesto (la cual es de nivel I) y permitiría eliminar de forma razonable los usos ineficientes que se dan a los recursos de la unidad, además de que dicha estructura de inteligencia es concordante con la realidad del hospital y de la unidad (dado la cantidad de información con la cual se cuenta, la estructura organizacional de la unidad y del hospital, entre una serie de otros factores volvería bastante complejo adecuar otra estructura de inteligencia superior).

Entre los principales problemas del servicio de imagenología, destacan los siguientes:

- *Ausencia de análisis de capacidad de especialistas:* No existe actualmente una noción (cuantitativamente justificada) por parte de la unidad respecto de si se cuenta con la cantidad de especialistas adecuados para la modalidad CT, lo cual se agrava si se considera que existe una empresa (externa a la unidad) especializada¹¹ en la revisión de exámenes radiológicos de scanner.
- *Deficiente planificación de producción de informes:* Existe una amplia gama de elementos a considerar para poder asignar un examen a un especialista determinado, entre dichos elementos, destacan (como se mencionó anteriormente) factores clínicos, carga de trabajo del especialista, nivel de desempeño de este y nivel de demanda de el examen particular que se está asignando, todos los elementos mencionados son evaluados de forma subjetiva por el coordinador usando su experiencia como base para la toma una decisión con respecto a la asignación de exámenes. Al igual que en el proceso anterior no existe una formalización de este proceso. Por último, cabe mencionar que el uso intensivo de la experiencia en este proceso tiene una relación directa con un deficiente proceso de monitoreo y control tanto de exámenes como de informes, dado que este debería ser un insumo para el proceso de planificación de la producción de los informes.
- *Deficiente monitoreo y control de producción de informes:* Los insumos de información para hacer un adecuado monitoreo y control que existen son mínimos, dado que existe un sistema de información transaccional que mantiene una consolidación de datos inadecuada para un correcto análisis, siendo utilizado para analizar si algún paciente específico se realizó algún examen y en qué estado se encuentra este examen (si ha sido revisado o no por algún especialista), a la anterior fuente de información se suman los reportes realizados por la unidad de imagenología, los cuales se realizan entre intervalos de tiempo demasiado

¹¹ La empresa especializada en la revisión de exámenes radiológicos es ITMS (International Telemedical Systems)

amplios, en gran medida por el enorme tiempo que le toma a la unidad realizar dichos reportes, dado la calidad de datos con la que esta cuenta y la carencia de personal idóneo para un manejo adecuado de dichos datos para transformarlos en una fuente de información útil en forma eficiente.

- *Ausencia de análisis de capacidad de exámenes:* Al igual que para los especialistas, no existe actualmente una noción (cuantitativamente justificada) por parte de la unidad, respecto de si se cuenta con el equipo tanto físico como médico para dar respuesta a la demanda por exámenes.
- *Deficiente monitoreo y control de la producción de exámenes:* Como se mencionó en la descripción de este proceso antes, actualmente no existe una claridad en un nivel operacional respecto de la cantidad de exámenes ni de la cantidad de segmentos producidos por el equipo de scanner, esto último es vital para saber la carga real de trabajo del equipo de scanner. Además de lo anterior, este proceso es relevante en cuanto es un insumo para toda la actividad de planificación y control de la producción de informes.

4.5 Cuantificación de la Problemática Detectada

Es pertinente recordad el árbol de problemas presentado anteriormente en el presente trabajo, para dar en esta sección un mayor detalle de sus causas y consecuencias.

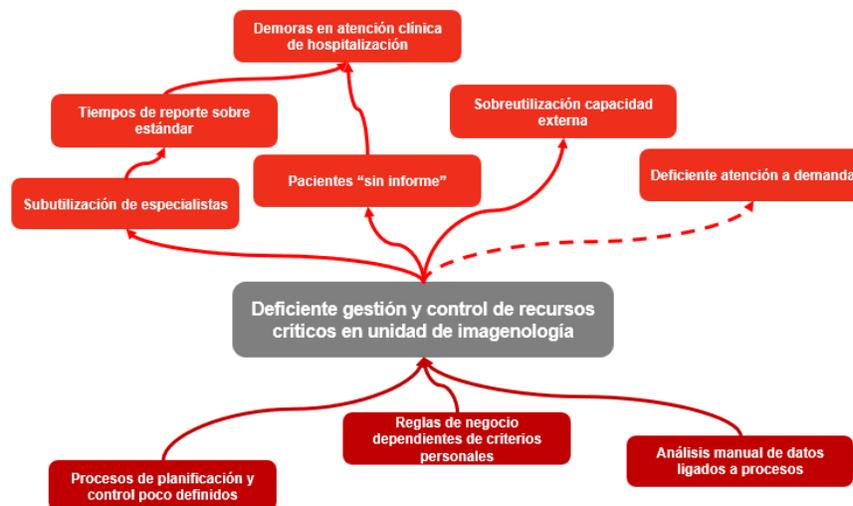


Ilustración 27: Árbol de problemas.

La problemática detectada guarda relación con una “deficiente gestión y control de recursos críticos en la unidad de imagenología” (al centro, en la ilustración mostrada anteriormente), estando debajo sus posibles causas y arriba sus posibles consecuencias, es pertinente aclarar que con recursos críticos se hace referencia a los recursos utilizados en los procesos de toma e interpretación de imágenes presentados en la Ilustración 3. A continuación, se describirán brevemente las causas y consecuencias de la problemática presentada anteriormente, se presentará también una justificación tanto cualitativa como cuantitativa, considerando para esta última las consecuencias de la problemática mostrada anteriormente.

Entre las causas de la problemática mencionada, se tienen las siguientes.

- *Procesos de planificación y control poco definidos:* En general todos los procesos ligados a la planificación y control tanto para la toma como para la interpretación de imágenes están vagamente definidos, lo anterior debido a que la unidad de imagenología dedica la mayor parte de su tiempo a la operativa asociada a la toma de imágenes.
- *Reglas de negocio dependientes de criterios personales:* Las decisiones ligadas a los procesos de planificación y control mencionados en el párrafo anterior se basan fuertemente en el criterio que tenga el(la) coordinador(a) de la unidad.
- *Análisis manual de datos ligados a procesos:* La unidad de imagenología genera un procesamiento manual de los datos de variados de sus sistemas, para posteriormente generar reportes solicitados por la subdirección de apoyo diagnóstico terapéutico. Dicho procesamiento demora entre uno y dos meses, el retraso en la generación de información útil para la toma de decisiones genera también dificultades para realizar un adecuado control de los procesos tanto de toma como de interpretación de imágenes.

Antes de entrar en el detalle de las causas de la problemática, cabe mencionar que la cantidad de pacientes atendidos por la unidad el año 2018 fue de 1750 (con una desviación de 117 pacientes) y en la siguiente tabla se muestra la distribución de los pacientes por cada línea de servicio para el año 2018.

Tabla 3: Resumen distribución de pacientes por línea de servicio.

Líneas de Servicio	Promedio	Desviación Estándar
Ambulatorio	22,8%	2,3%
Hospitalizados	16,2%	1,8%
Urgencia	61,1%	3,2%

Se puede apreciar en la tabla anterior que urgencias no solo es relevante desde un punto de vista clínico, sino que también lo es en cuanto a la cantidad de pacientes atendidos por la unidad, seguidos de las líneas de atención ambulatoria y de hospitalizados.

En cuanto a las consecuencias de la problemática detectada, se encuentran las siguientes.

- *Subutilización de especialistas:* En la siguiente ilustración se muestra la utilización de las distintas etiquetas¹² para cada especialista de la unidad¹³ ligado a la modalidad CT de forma exclusiva, categorizados por tipo de contrato (primera columna) considerando todo el año 2018.

¹² Por razones de confidencialidad, todos los nombres de los(as) especialistas han sido reemplazados por etiquetas.

¹³ Considera la carga de trabajo que los(las) especialistas tuvieron comparada con la carga de trabajo esperada considerando los contratos de estos(as).

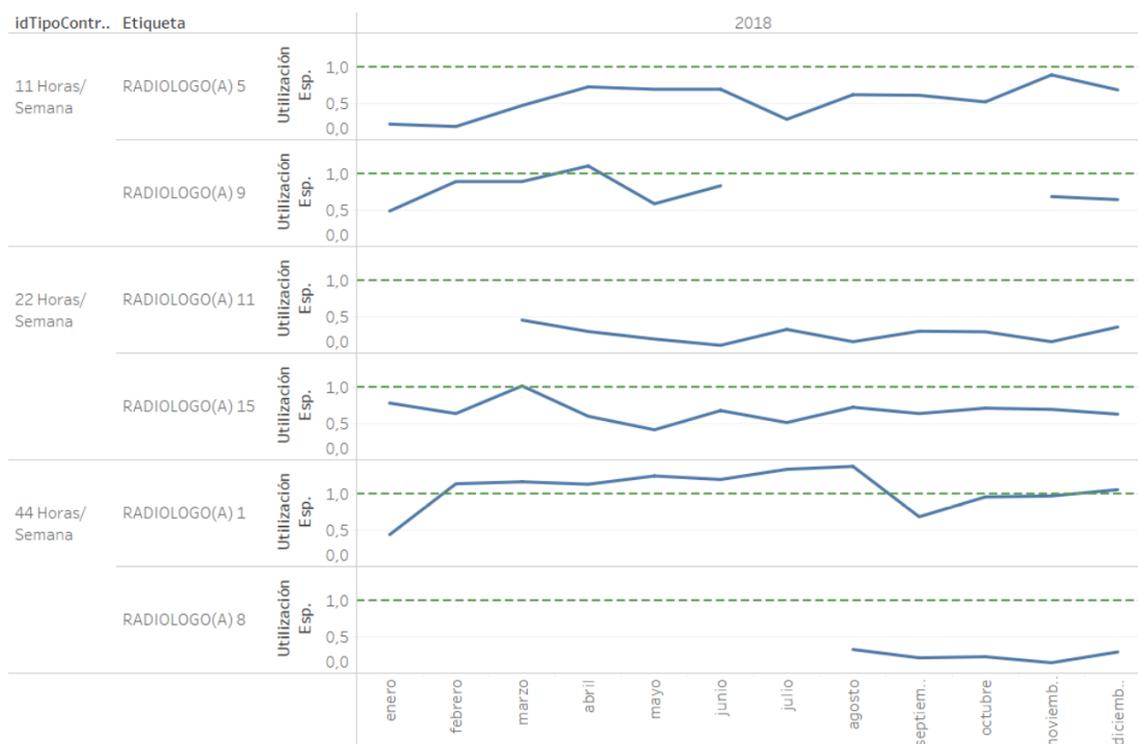


Ilustración 28: Utilización especialistas unidad de imagenología modalidad CT, año 2018.

Como se mencionó anteriormente, se muestra en la Ilustración 28 las tasas de utilización¹⁴ para los(as) especialistas de dedicación exclusiva para CT en la unidad, ellos(as) representan el 58% de los(as) radiólogos(as) de la unidad. Se puede apreciar que salvo contadas excepciones (radiólogo(a) 1), los médicos no llegan a una tasa de utilización del 100% (marcada con una línea verde punteada) y de hecho sus desempeños no se adecúan a lo esperado por la unidad. A continuación, se muestra una tabla resumen para los(as) especialistas que da más luces respecto al desempeño de estos(as).

Tabla 4: Resumen desempeño especialistas, periodo 2018.

Etiqueta	Tasa de Utilización Promedio Mensual	Desviación Mensual Tasa Utilización
Radiólogo(a) 9	77%	20%
Radiólogo(a) 5	55%	22%
Radiólogo(a) 15	67%	15%
Radiólogo(a) 11	27%	11%
Radiólogo(a) 8	24%	7%
Radiólogo(a) 1	107%	27%

La tabla anterior da cuenta de que en promedio los(as) especialistas de la unidad no se adecúan al desempeño esperado por la unidad (más de un 75% de utilización con una

¹⁴ Los periodos donde el(la) especialista presente algún vacío significa que en dicho periodo no se desempeñó en la unidad de imagenología del HDS, por lo tanto, dichos periodos no se consideran en el análisis de sus respectivos desempeños.

desviación menor o igual al 5%), salvo en algunos casos y no del todo (para los(as) radiólogos(as) 1 y 9, aunque con desviaciones demasiado altas), llegando incluso algunos(as) especialistas a tener desempeños preocupantes (como es el caso de los radiólogos(as) 8 y 11).

- *Sobreutilización de capacidad externa:* Dada la forma en que se realiza la gestión de los recursos críticos en la unidad de imagenología, se genera una utilización excesiva de la capacidad externa contratada por la unidad (ITMS) para la interpretación de imágenes. A continuación, se muestra la tasa de utilización de la capacidad externa contratada para el periodo comprendido entre enero de 2018 y mayo del 2019.



Ilustración 29: Tasa utilización ITMS, periodo enero 2018 - mayo 2019.

Se puede apreciar en la Ilustración 29 una sobreutilización considerable, más aún si se considera que la utilización siempre es superior al 100% (referenciado con una línea verde punteada) en todo el periodo analizado. Existe una clara tendencia al alza en el año 2018, posteriormente en el año 2019, dicha tendencia al alza se comienza a revertir (producto de mejoras en la gestión que en parte se deben al presente proyecto). En la siguiente ilustración se muestra en un resumen del desempeño de ITMS en los años 2018 y 2019.

Tabla 5: Resumen desempeño ITMS, periodo 2018.

Periodos	Tasa de Utilización Promedio Mensual	Desviación Mensual Tasa Utilización
2018	166%	32%
2019	155%	52%

Si bien ambos periodos no son directamente comparables, se puede apreciar que en ambos años hay una sobreutilización de ITMS en promedio y en el año 2019 existe una desviación considerable que probablemente se debe a la rápida disminución en la utilización de ITMS.

La sobreutilización de la ITMS también tiene consecuencias económicas serias para la unidad, las cuales se verán en más detalle en la sección 8 del presente informe, relativa a la evaluación económica del proyecto.

Tiempos de reporte especialistas sobre estándar: Hace referencia a la diferencia entre la fecha de entrega de un informe y la fecha de toma del examen asociada a dicho informe para cada uno de los(as) pacientes de la unidad, en días laborales¹⁵. En la siguiente ilustración se muestran diagramas de caja y bigote para la métrica descrita en el año 2018 para las tres líneas de la unidad.

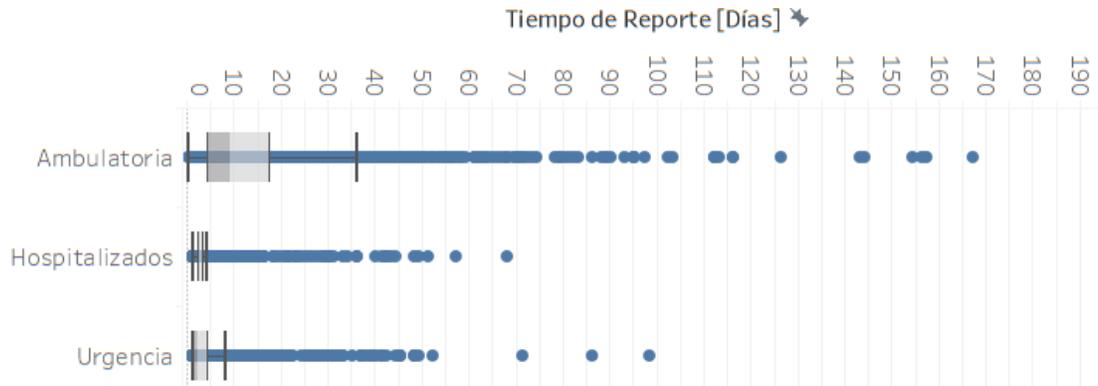


Ilustración 30: Diagrama de caja y bigote para tiempos de reporte por línea de servicio, año 2018.

En la ilustración anterior se puede apreciar la distribución de los tiempos de reporte de los(as) especialistas, una primera cuestión que resalta tiene relación con los outliers que presenta la métrica descrita anteriormente, los cuales dan cuenta de validaciones de informes¹⁶ bastante tardías, lo cual no debería suceder. A continuación, se muestra una tabla resumen de la Ilustración 30.

Tabla 6: Resumen tiempos reporte especialistas por línea de servicio.

Cuartiles	Líneas de Servicio		
	Ambulatoria	Hospitalizados	Urgencia
Máximo	36 días	4 días	8 días
Q3	17 días	3 días	4 días
Mediana	9 días	2 días	2 días
Q1	4 días	2 días	1 días
Mínimo	0 días	1 días	1 días

¹⁵ Se mide el desempeño de los especialistas en días laborales, puesto que formalmente, estos(as) trabajan de lunes a viernes. No obstante, existe también una métrica de tiempos de reporte que mide el total de días de diferencia entre la entrega del informe y la toma del examen asociado, la cual mide el impacto real de dicho tiempo en los pacientes. La métrica mencionada se mostrará en la sección 4.5, relativa a la cuantificación de la problemática.

¹⁶ Proceso mediante el cual, un especialista da por cerrado la revisión del algún examen, quedando este con su informe listo para el paciente y/o médico que lo haya solicitado.

Lo establecido por la unidad como tiempos de reporte máximos para las líneas de atención ambulatoria, atención hospitalizados y atención de urgencia, son de 10, 3 y 1 días respectivamente. En la Tabla 6 se puede apreciar que los tiempos de reporte definidos por la unidad no se cumplen en un sentido estricto (resaltándose en rojo hasta que cuartil se cumple aproximadamente el tiempo de reporte definido por la unidad), aunque se tiene que la mediana del tiempo de reporte en las líneas si cumplen con los plazos establecidos por el servicio. No obstante, lo anterior sigue siendo bastante deficiente, sobre todo para la línea de urgencia, dado que es la línea de servicio con mayor prioridad. Se puede mencionar que existe un 25% de pacientes para las líneas de atención ambulatoria y de urgencia, los cuales tienen tiempos de reporte críticos. Por último, existe una mayor dispersión en los tiempos de reporte para la atención de urgencia que para la atención de hospitalizados, lo cual no se ajusta al nivel de prioridad que posee cada una de las líneas de servicio mencionadas.

- *Pacientes "sin informe"*: Existe una fracción de los exámenes realizados en la unidad (en la modalidad CT) que quedan sin un informe asociado, lo anterior va en contra de los estándares del servicio y genera serios problemas en la relación de imagenología con las líneas de servicio que provee, sobre todo con la línea de atención de hospitalizados. En la siguiente tabla se muestra un resumen de la fracción de pacientes "sin informe" del total atendido para cada línea de servicio de forma mensual, considerando el año 2018.

Tabla 7: Resumen pacientes "sin informe" por línea de servicio, año 2018.

	Pacientes "Sin Informe" Promedio Mensual	Desviación Mensual Pacientes "Sin Informe"
Ambulatoria	11,13%	4,1%
Hospitalizados	50,44%	5,3%
Urgencia	61,10%	2,6%

Es pertinente aclarar que para el caso de la atención de urgencia existen problemáticas asociadas a la data con la que se trabajó, dadas sus características particulares no se hace de forma consistente un cierre de las interpretaciones realizadas por los(las) especialistas, lo cual deja al paciente en apariencia "sin informe" aun cuando la realidad no es así. Lo anterior fue una revelación importante para el servicio de imagenología, el cual está en un proceso de corrección de esta mala práctica.

Considerando la tabla anterior, el fenómeno de pacientes "sin informe" no se da demasiado para los pacientes en la atención ambulatoria, lo cual se debe probablemente a que estos activamente se ocupan de poder recibir su informe una vez se realizan su correspondiente examen. Considerando lo explicado anteriormente, es la línea de atención de hospitalizados la que genera preocupación dada la cantidad de pacientes sin informe que presentó durante el año pasado.

- *Demoras en atención clínica de hospitalización*: Este punto solo se pudo evaluar cualitativamente y se basa en variadas entrevistas a personal de las salas de hospitalización (enfermeras(os) a cargo de las salas, médicos residentes a cargo de las salas y médicos de

distintas especialidades), las cuales constantemente genera reclamos contra la unidad de imagenología en cuanto a las demoras que esta presenta, lo cual genera dificultades debido a que los informes de imagenología son insumos relevantes en el proceso de análisis clínico realizado por el personal mencionado (sobre todo para médicos residentes y especialistas). Cabe mencionar que lo anterior no es contradictorio con los tiempos de reporte analizados anteriormente para la línea de atención de hospitalizados, si se considera la cantidad de pacientes “sin informe” que presenta dicha línea de atención.

- *Deficiente atención de la demanda:* Esta es una consecuencia indirecta de la problemática detectada, dado que una mejor utilización de los recursos podría generar una mejor atención de la demanda, no obstante, existen problemas estructurales en el servicio de imagenología que hacen que este no pueda atender toda la demanda que recibe como se mostró en la Ilustración 4 del presente trabajo.

CAPÍTULO 5: PROPUESTA DE REDISEÑO DE PROCESOS

Los antecedentes mostrados en la sección anterior dan cuenta de que los macroprocesos de gestión de la producción de los informes y de los exámenes presentan serias deficiencias. Esto se refleja en la falta de elementos tecnológicos que den un sustento adecuado, en la falta de indicadores y otras herramientas que permitan llevar un monitoreo y planificación efectivos de la atención y de la gestión. Siendo resultado de esta situación un uso inadecuado de recursos críticos de la unidad y una calidad de servicio no adecuada bajo los estándares de esta. Por ende, se propone un rediseño que abarque ambos macroprocesos mencionados, el cual involucre elementos organizacionales y elementos de soporte que permitan realizar una gestión adecuada ambos.

En la presente sección, se dará cuenta de la propuesta de rediseño que tiene como objetivo intentar revertir la situación presentada en el párrafo anterior, en concordancia con el objetivo general y objetivos específicos planteados en el presente informe.

5.1 Direcciones de Cambio y Alcance

En cuanto al alcance del presente proyecto de tesis, con respecto a los procesos a ser rediseñados (o de plano, diseñados), residen en los macroprocesos de “gestión de la producción de informes” y “gestión de la producción de exámenes”, en cuanto al primero, serán intervenidas todas sus actividades y con respecto al segundo, se diseñarán y rediseñarán los procesos de “análisis de capacidad” y “monitoreo y control de exámenes” respectivamente.

El Hospital del Salvador ha mostrado una intención en cuanto a realizar un uso eficiente de los recursos, lo cual se puede apreciar en su posicionamiento estratégico y en algunos de los objetivos declarados en su mapa estratégico (Balanced Scorecard), lo anterior es coherente con la situación actual de la salud en el país donde las necesidades son múltiples y mayores día a día, y los recursos son limitados (Cid Pedraza, 2013). Lo anterior es particularmente cierto para la unidad de imagenología del hospital, ya que a nivel mundial esta área se ha vuelto cada vez más demandada, siendo un insumo clínico tremendamente relevante en la gestión clínica de los pacientes además de que ha sido objeto de un vertiginoso cambio tecnológico en los últimos veinte años (European Society of Radiology 2009, 2010).

Por lo mencionado anteriormente, se desea que, con la ayuda del proyecto realizado, la unidad de imagenología del HDS pueda ir en la dirección de “innovación de sus procesos de control y planificación de producción que le permitan tomar decisiones considerando información objetiva y la experiencia”, además de las consideraciones clínicas que toman.

A continuación, se describen las variables de cambio propuestas por la metodología de ingeniería de negocios aplicadas al presente proyecto.

5.1.1 Variable Estructura de la Institución y Mercado

Tabla 8: Variable de Estructura de la Institución y Mercado.

Estructura de la Institución y Mercado	Actual	Propuesto
Servicio Integral al cliente	No	No
Lock-In sistémico	No	No

Integración con proveedores	No	No
Estructura Interna: Centralizada o Descentralizada	Descentralizada	Descentralizada
Toma de Decisiones: Centralizada o Descentralizada	Descentralizada	Avanzar en Centralización

5.1.2 Variable Anticipación

Tabla 9: Variable de Anticipación.

Anticipación	Actual	Propuesto
Planificación de operaciones	No	Planificación basada en métricas relevantes para la unidad.
Planificación de Insumos	No	No
Uso de modelos predictivos	No	No

5.1.3 Variable Mantenimiento Consolidada del Estado

Tabla 10: Variable de Mantenimiento Consolidada del Estado.

Mantenimiento Consolidado de Estado	Actual	Propuesto
Datos Propios	Sí	Sí
Integración con datos de otros sistemas del Hospital	No	No
Integración con Datos de Sistemas de Otras Organizaciones	No	No

Si bien existe una consolidación de los datos asociados a la toma de exámenes y la producción de informes para el scanner de la unidad en el sistema PACS, dicha data no está en un formato adecuado, además de presentar la “suciedad” típica de un sistema en operación. Se propone la transformación de datos actuales y almacenamiento de estos en una base de datos.

5.1.4 Variable Integración de Procesos Conexos

Tabla 11: Variable de Integración de Procesos Conexos.

Integración de Procesos Conexos	Actual	Propuesto
Proceso Aislado	Sí	No
Todos o la mayor parte de los procesos de un Macroproceso	Sí	Sí
Dos o más macros interactúan	No	No

La parte relevante de esta variable tiene relación con que apunta a una integración entre los procesos de “gestión de la producción de exámenes” y “gestión de la producción de informes”.

5.1.5 Variable de Prácticas de Trabajo

Tabla 12: Variable de Prácticas de Trabajo.

Prácticas de Trabajo	Actual	Propuesto
Lógica de Negocios Automatizada o Semiautomatizada	No	Sí
Lógica de Apoyo a Actividades Tácitas	No	Sí
Procedimientos de Comunicación e Integración	Sí	Sí
Lógica y Procedimientos de Medición de Desempeño y Control	No	Sí

Se generará una lógica de negocios semiautomatizada que apoyará todos los procesos definidos en el alcance de la propuesta de rediseño. Además de generar lógicas y procedimientos para la medición del desempeño y control para los procesos de monitoreo y control tanto de exámenes como de informes.

5.1.6 Variable de Coordinación

Tabla 13: Variable de Coordinación.

Coordinación	Actual	Propuesto
Reglas	Informales	Formales, con apoyo computacional
Jerarquía	Bajo uso	Bajo uso
Colaboración	Sí	Sí
Partición	No	No

El punto más relevante de esa variable se relaciona al levantamiento y posterior formalización de reglas mediante apoyo computacional para todos los procesos mencionados en el alcance de la propuesta de rediseño.

5.2 Rediseño Detallado de Procesos TO BE

5.2.1 Rediseño Detallado IDEF0

En la siguiente ilustración se muestra la propuesta de rediseño, en cuanto al diseño de los macroprocesos considerando IDEF0. Para los macroprocesos de “gestión de la producción de informes” y “gestión de la producción de exámenes”, destacando las actividades y los flujos de información relevantes que se generarán con el rediseño.

5.2.1.1 Gestión de la Producción de Exámenes

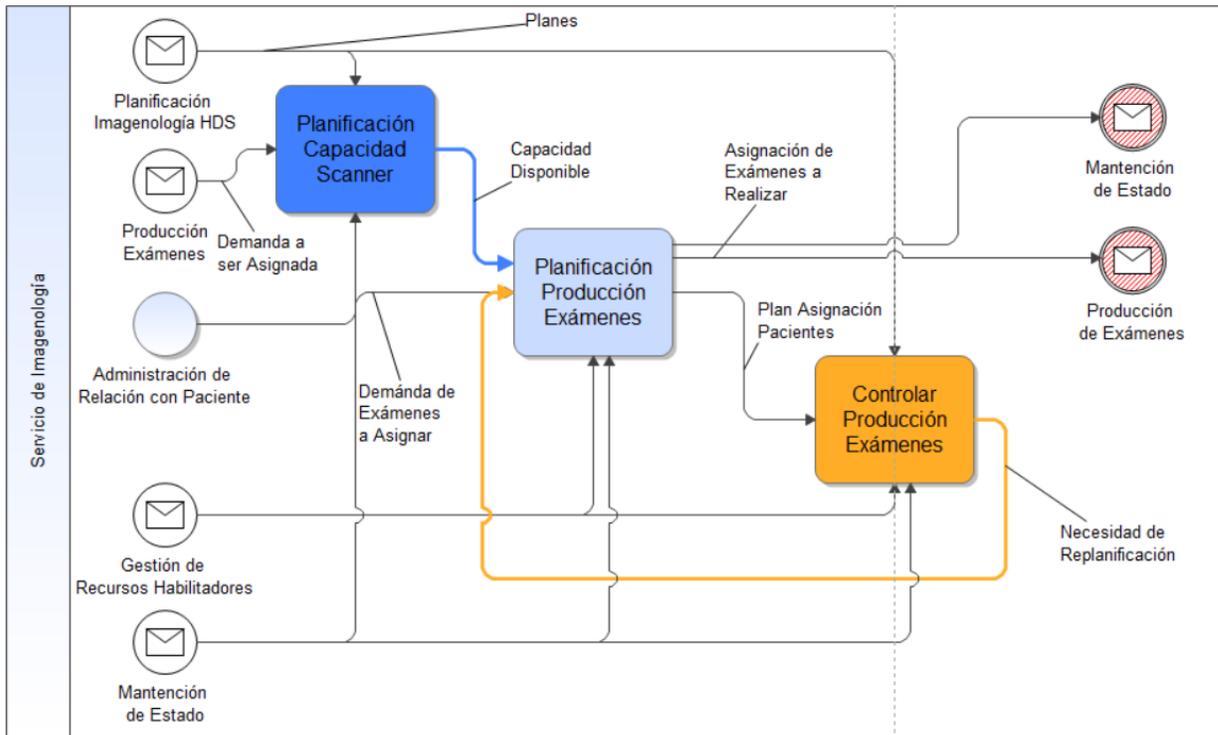


Ilustración 31: Propuesta de rediseño, gestión de la producción de exámenes.

Se destacan en color naranja los procesos que serán sujeto de rediseño y los flujos relevantes de estos, que afectarán a las demás actividades.

Se resaltan en color azul los procesos que serán sujeto de diseño y los flujos relevantes de estos, que afectarán a las demás actividades.

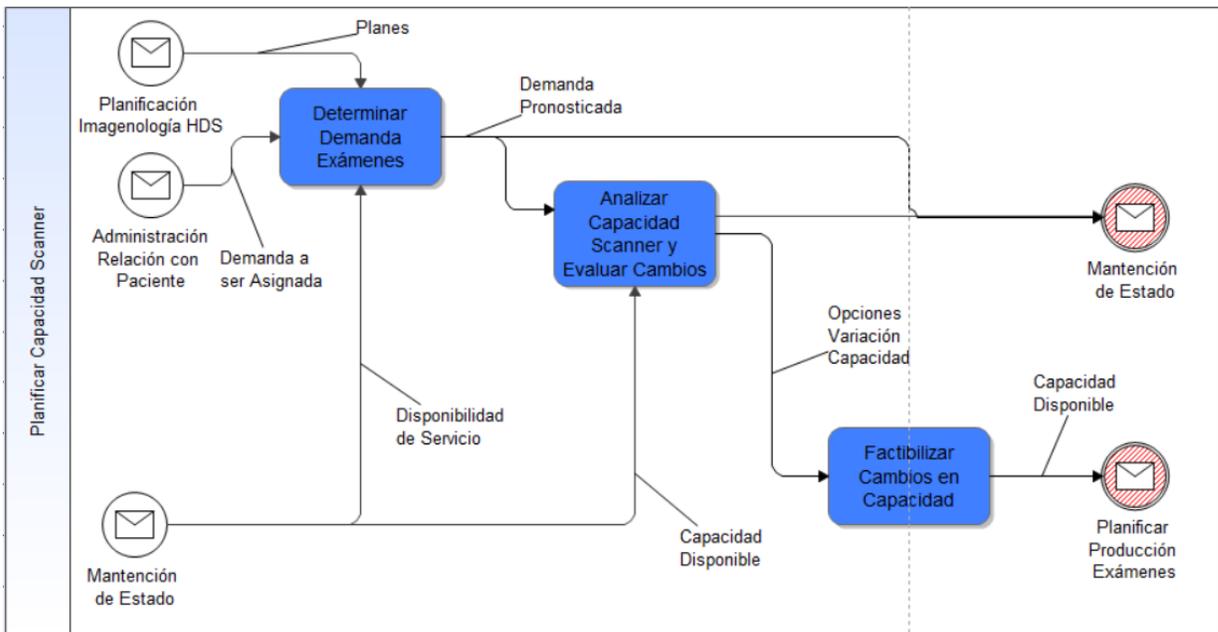


Ilustración 32: Propuesta de diseño, planificación de capacidad scanner.

Para poder realizar de forma adecuada la planificación de la capacidad del scanner, se deben realizar las siguientes actividades.

- *Determinar Demanda Exámenes:* Mediante la aplicación de modelos, se pronosticará la demanda por exámenes que posee la modalidad, se darán más detalles de esta actividad en la sección de diseño detallado BPMN del presente trabajo.
- *Analizar Capacidad Scanner y Evaluar Cambios:* Se ejecutan modelos que permitan ajustar la capacidad del scanner que permitan dar respuesta a la demanda pronosticada en la actividad anterior.
- *Factibilizar Cambios en Capacidad:* Considerando las alternativas derivadas de la actividad anterior, el coordinador de la unidad en conjunto con el equipo médico del scanner deben tomar una decisión respecto de cuál sería la mejor alternativa.

5.2.1.2 Gestión de la Producción de Informes

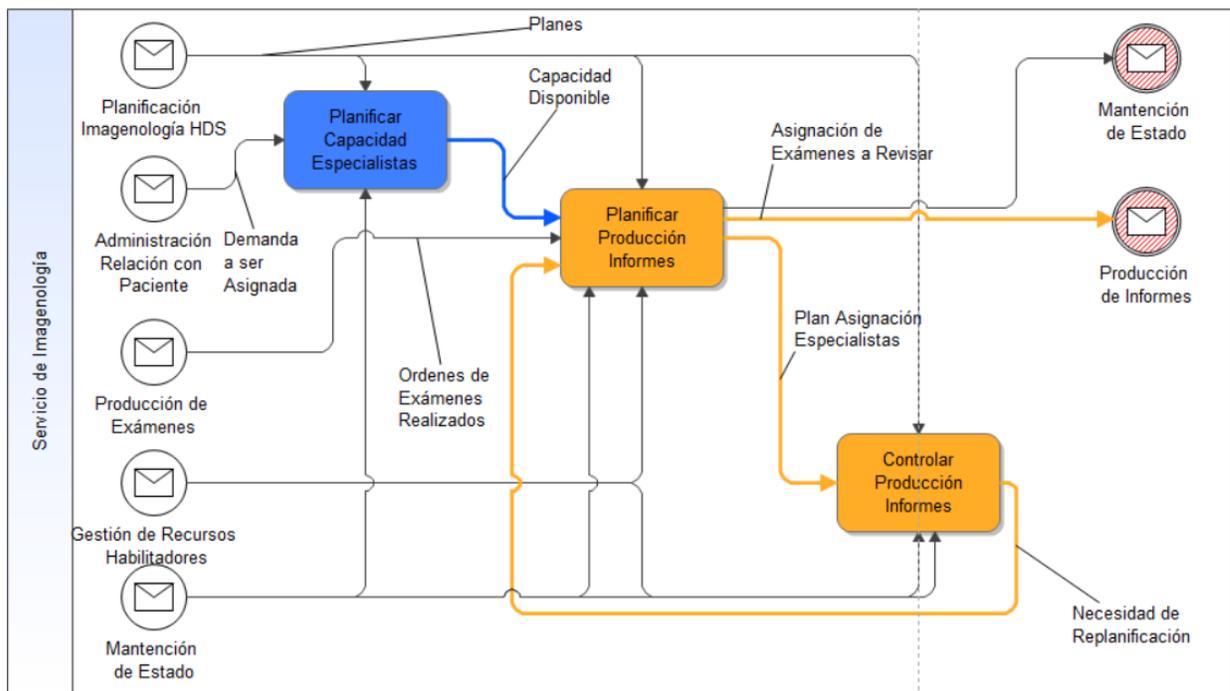


Ilustración 33: Propuesta de rediseño, planificación de producción informes.

Se destacan en color naranja los procesos que serán sujeto de rediseño y los flujos relevantes de estos, que afectarán a las demás actividades.

Se resaltan en color azul los procesos que serán sujeto de diseño y los flujos relevantes de estos, que afectarán a las demás actividades.

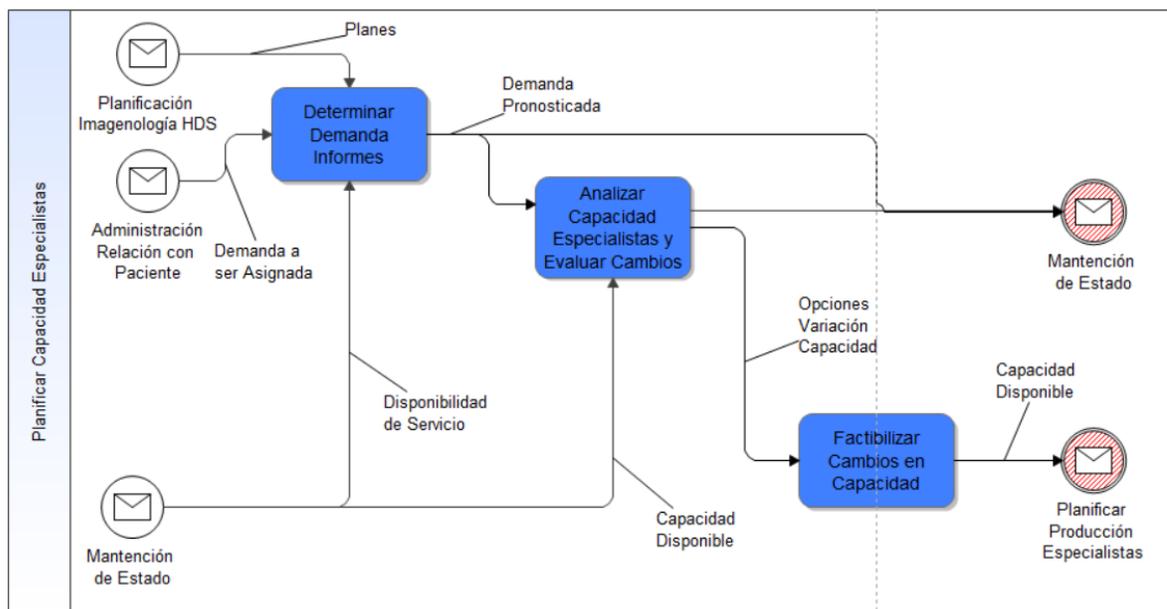


Ilustración 34: Propuesta de diseño, planificación de capacidad especialistas.

Para poder realizar de forma adecuada la planificación de la capacidad de especialistas, se deben realizar las siguientes actividades.

- *Determinar Demanda Informes:* Mediante la aplicación de modelos, se pronosticará la demanda por informes que posee la modalidad de scanner. Esta tiene la siguiente particularidad, si bien en principio se podría ligar a la demanda por exámenes, en cuanto a que cada examen debería poder contar con su informe, no obstante, en general el scanner no da abasto con dicha demanda, por ende, la demanda por informes está más ligada a la producción del scanner que a la demanda a la cual este está sometido. Se darán más detalles de esta actividad en la sección de diseño detallado BPMN del presente trabajo.
- *Analizar Capacidad Especialistas y Evaluar Cambios:* Se ejecutan modelos que permitan ajustar la capacidad de los(as) especialistas, que permitan dar respuesta a la demanda pronosticada en la actividad anterior.
- *Factibilizar Cambios en Capacidad:* Considerando las alternativas derivadas de la actividad anterior, el coordinador de la unidad en conjunto con los(as) especialistas y el(la) jefe(a) de la unidad deben tomar una decisión respecto de cuál sería la mejor alternativa

En la siguiente ilustración se mostrará la propuesta de rediseño para la actividad “planificación de producción de especialistas”, la cual fue sujeta de rediseño.

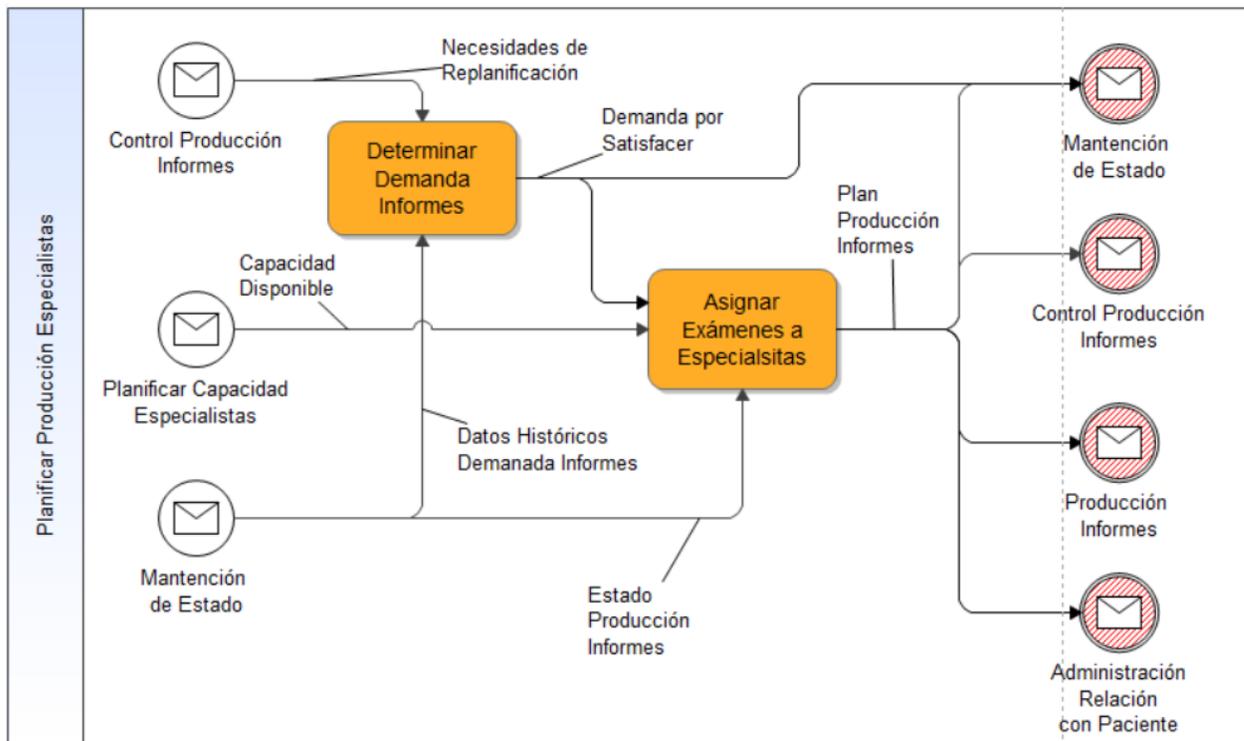


Ilustración 35: Propuesta rediseño, planificación producción especialistas.

Para poder realizar de forma adecuada la planificación de producción de especialistas, se deben realizar las siguientes actividades.

- *Determinar Demanda Informes*: Mediante la aplicación de modelos, se pronosticará la demanda por informes que posee la modalidad de scanner, con un horizonte de tiempo menor que en caso de la determinación de la demanda para el análisis de capacidad de los(as) especialistas. Se darán más detalles de esta actividad en la sección de diseño detallado BPMN del presente trabajo.
- *Asignar Exámenes a Especialistas*: Los exámenes son distribuidos entre los distintos especialistas de la unidad, considerando reglas de negocio elaboradas en conjunto con la unidad (estas emplean distintos criterios, tanto clínicos como administrativos, la capacidad disponible y la demanda de informes estimada en la actividad anterior).

5.2.2 Rediseño Detallado BPMN

A continuación, se muestra el detalle de las actividades que compondrán los procesos descritos en el rediseño detallado IDEF0 mostrado en la sección anterior.

5.2.2.1 Gestión de la producción de exámenes

Los procesos relevantes para los macroprocesos descritos en la sección anterior, relacionados a la producción de exámenes, son los de “planificación de la capacidad de scanner” y “monitoreo y control de la producción de exámenes”, el detalle en BPMN de la propuesta de rediseño para dichos procesos se muestra a continuación.

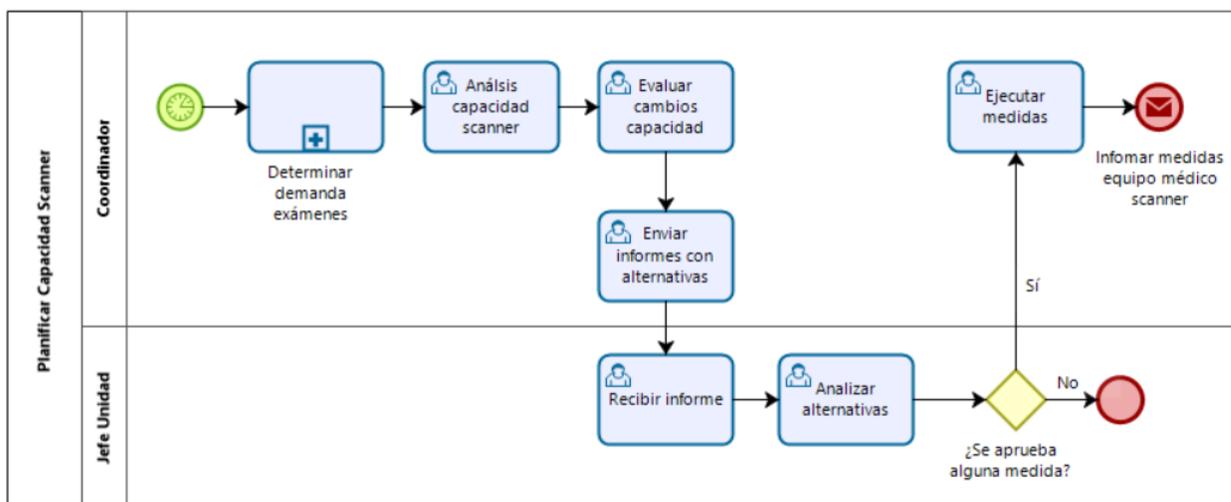


Ilustración 36: Propuesta rediseño, planificar capacidad de scanner.

Los procesos relevantes de la actividad mostrada en la ilustración anterior se mencionan a continuación.

- *Determinar Demanda Exámenes:* Subproceso que realiza pronóstico de la demanda por exámenes para las tres líneas de servicio a las que se ve sometida la unidad, se dan más detalles de este subproceso en la Ilustración 37.
- *Análisis Capacidad Scanner:* Se realiza una comparación entre la demanda a la que está sometida la unidad y la capacidad de resolución que esta posee.
- *Evaluar Cambios en Capacidad:* Se realizan un primer análisis que tiene como objetivo identificar si la unidad cuenta con la capacidad suficiente para atender la demanda, en caso negativo se realiza una evaluación de que tan crítica es la diferencia entre la demanda por exámenes y la capacidad de la unidad para resolver dicha demanda, lo anterior considerando reglas de negocio definidas (que toman en cuenta la prioridad de las líneas de servicio).

Un segundo análisis de tipo “what if”, evalúa los posibles cambios que se podrían realizar a la capacidad del scanner para poder responder de forma más adecuada a la demanda a la que este enfrenta.

- *Analizar Alternativas:* El(la) jefe(a) de la unidad es quien decide finalmente si se aplican a no las alternativas recomendadas por el proceso anterior.
- *Ejecutar Medidas:* El(la) coordinador(a) es quien ejecuta las medidas autorizadas en el proceso anterior.

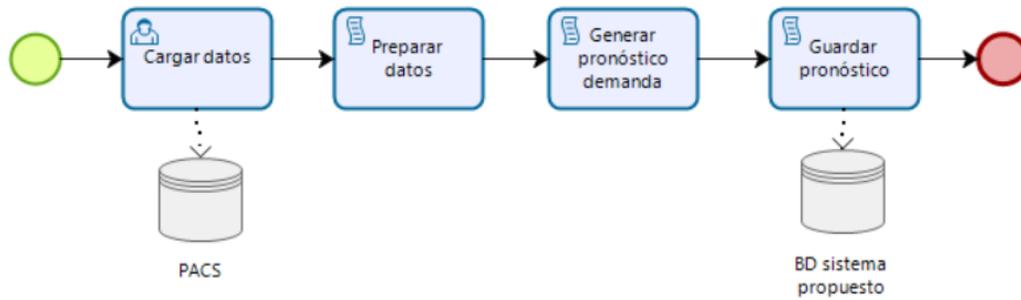


Ilustración 37: Propuesta rediseño, subproceso determinar demanda exámenes.

En la ilustración anterior se muestra el detalle del subproceso “determinar demanda exámenes”, se puede mencionar que el proceso de “preparar datos” es importante en cuanto los datos originales de la unidad presentan bastante “suciedad”, por lo cual no sería adecuado realizar un pronóstico con dicha calidad de datos. En cuanto al proceso “guardar pronóstico”, este se realiza para poder obtener el desempeño de los modelos ejecutados para el pronóstico, con la anterior se pueden comparar sus resultados con la realidad.

En la siguiente ilustración, se muestra la propuesta de rediseño para la actividad de monitoreo y control de los exámenes.

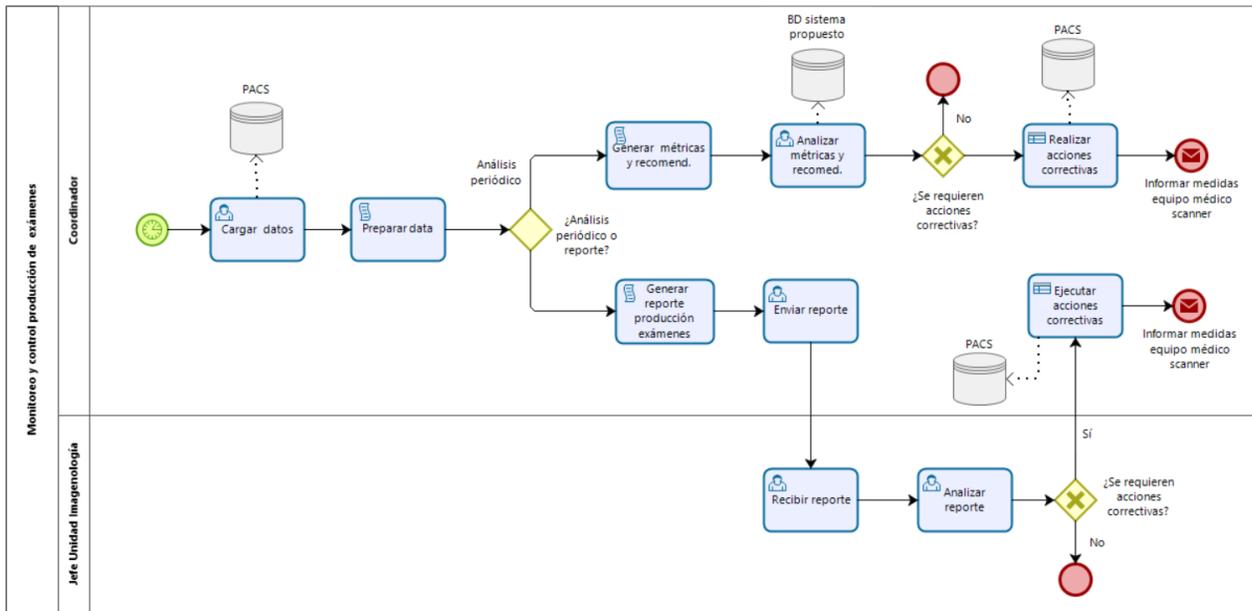


Ilustración 38: Propuesta rediseño, monitoreo y control de exámenes

La propuesta de rediseño mostrada en la ilustración anterior considera que una vez al día, se da comienzo a la preparación de la data, proceso que realiza el sistema propuesto con ayuda del coordinador, la cual genera todos los campos y consolidaciones necesarios para el correcto cálculo tanto de métricas como para la correcta ejecución de reglas que permitan la generación de recomendaciones por parte del sistema. Luego en base a las recomendaciones del sistema, métricas y criterio experto el coordinador, este decide las acciones correctivas a realizar.

También la propuesta de rediseño considera la generación de reportes que den cuenta de la producción del equipo de scanner, lo anterior se realizará de forma mensual, lo cual es coherente con los reportes exigidos actualmente en los cuales la unidad presenta serias dificultades para entregar de forma conforme.

Las acciones correctivas se basarán en reglas de negocio definidas en conjunto con la unidad, además del criterio experto de quien tome las decisiones. Existen dos niveles en la toma de dichas decisiones, los cuales son el(la) coordinador(a) de la unidad y el(la) jefe(a) de la unidad asociados al análisis periódico y la generación de reportes de producción de exámenes respectivamente.

5.2.2.2 Gestión de la producción de informes

Los procesos relevantes para este macroproceso descrito en la sección anterior son los de “planificación de la capacidad de especialistas”, “planificación producción informes” y “monitoreo y control de la producción de informes”, el detalle en BPMN de la propuesta de rediseño para dichos procesos se muestra a continuación.

En la siguiente ilustración, se muestra la propuesta de rediseño detallada para la planificación de la capacidad de los especialistas de la unidad scanner del departamento de imagenología.

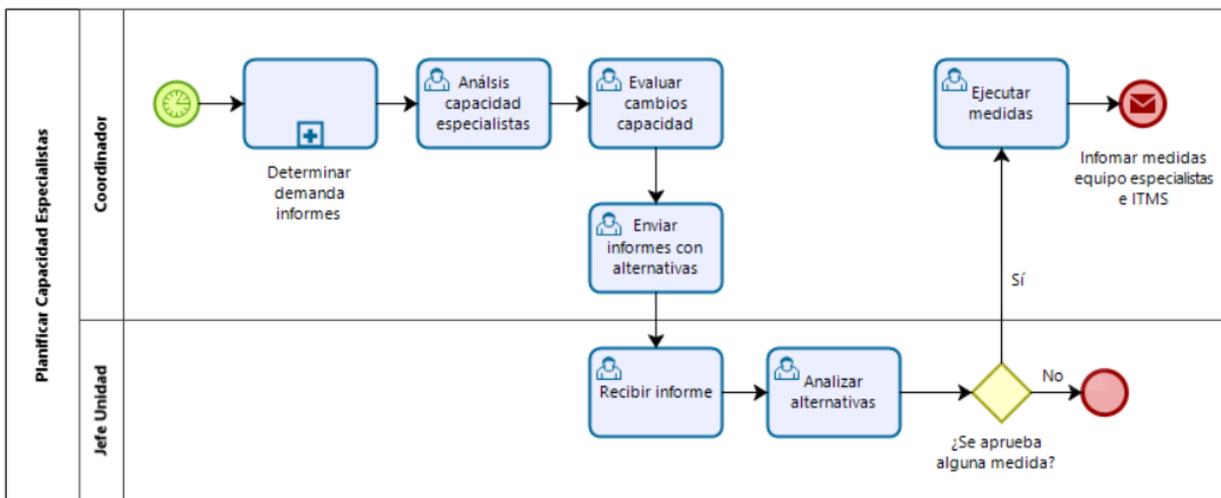


Ilustración 39: Propuesta rediseño, planificación de capacidad especialistas.

Los procesos relevantes de la actividad mostrada en la ilustración anterior se mencionan a continuación.

- *Determinar Demanda Informes:* Subproceso que realiza pronóstico de la demanda por informes para las tres líneas de servicio a las que se ve sometida la unidad, se dan más detalles de este subproceso en la Ilustración 40.
- *Análisis Capacidad Especialistas:* Se realiza una comparación entre la demanda por informes a la que están sometidos los(las) especialistas y la capacidad de resolución que estos poseen.
- *Evaluar Cambios en Capacidad:* Se realizan un primer análisis que tiene como objetivo identificar si los(as) especialistas cuentan con la capacidad suficiente para atender la

demanda por informes, en caso negativo se realiza una evaluación de que tan crítica es la diferencia entre dicha demanda y la capacidad para resolver la mencionada demanda, lo anterior considerando reglas de negocio definidas (que toman en cuenta la prioridad de las líneas de servicio).

Un segundo análisis, de tipo “what if”, evalúa los posibles cambios que se podrían realizar a la capacidad de los(las) especialistas para poder responder de forma más adecuada a la demanda por informes.

- *Analizar Alternativas:* El(la) jefe(a) de la unidad es quien decide finalmente si se aplican a no las alternativas recomendadas por el proceso anterior.
- *Ejecutar Medidas:* El(la) coordinador(a) es quien ejecuta las medidas autorizadas en el proceso anterior.

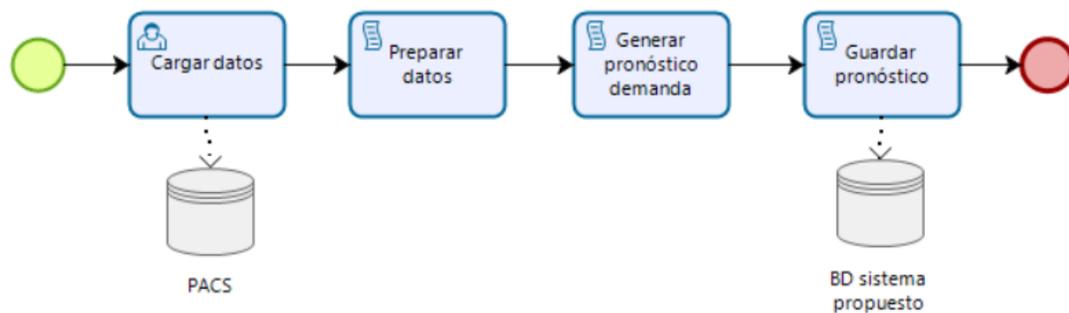


Ilustración 40: Propuesta rediseño, subproceso determinar demanda informes.

En la ilustración anterior se muestra el detalle del subproceso “determinar demanda informes”, este es muy parecido a la actividad “determinar demanda exámenes”, no obstante, esta demanda se pronostica en base a la producción del scanner, no a la demanda que enfrenta este último.

Se puede mencionar que el proceso “preparar datos” es importante en cuanto los datos originales de la unidad presentan bastante “suciedad”, por lo cual no sería adecuado realizar un pronóstico con dicha calidad de datos. En cuanto al proceso “guardar pronóstico”, este se realiza para poder obtener el desempeño de los modelos ejecutados para el pronóstico, con lo anterior se pueden comparar sus resultados con la realidad.

En la siguiente ilustración se muestra la propuesta de rediseño detallada para la planificación de la producción de los especialistas.

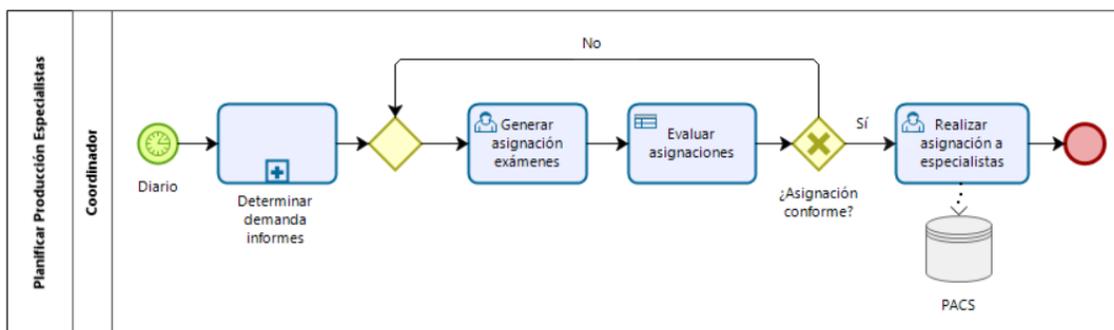


Ilustración 41: Propuesta rediseño, planificación de la producción de especialistas.

Los procesos más relevantes de la actividad mostrada en la ilustración anterior se muestran a continuación.

- *Determinar Demanda Informes:* Este proceso es igual al mostrado en la actividad de la Ilustración 39.
- *Generar Asignación Exámenes:* Tomando en cuenta la información del proceso anterior, considera criterios tanto clínicos como administrativos para poder distribuir los exámenes entre los distintos especialistas (incluyendo ITMS) de la unidad.
- *Evaluar Asignaciones:* El(la) coordinador(a) realiza una evaluación de la asignación realizada en el proceso anterior y decide si aprobarlo o rechazarlo basado en reglas de negocio definidas, cualquier tipo de imprevisto que pudiera afectar a los especialistas y su criterio experto.
- *Realizar Asignaciones a Especialistas:* Una vez aprobada la asignación de exámenes, el(la) coordinador(a) debe realizar la asignación definitiva de exámenes a los(las) especialistas mediante el apoyo del sistema PACS.

A continuación, se muestra la propuesta de rediseño detallada para el monitoreo y control especialistas de la unidad scanner del departamento de imagenología.

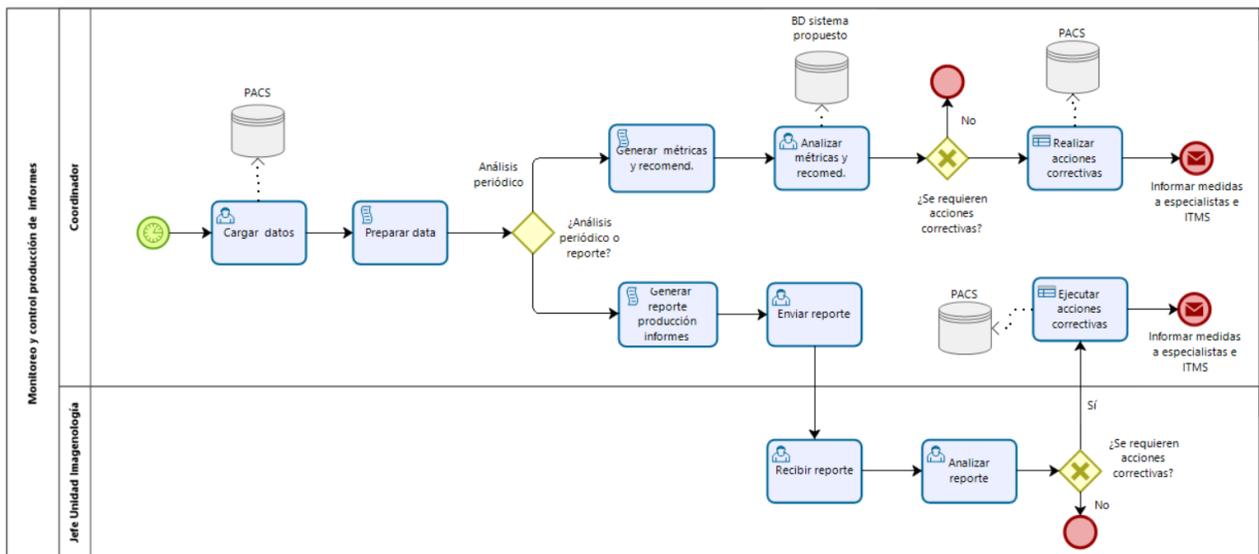


Ilustración 42: Propuesta rediseño, monitoreo y control producción informes

Proceso muy similar en forma al monitoreo y control de exámenes propuesto en la Ilustración 38, no obstante, las recomendaciones y métricas están orientadas hacia los informes. En cuanto a los reportes, estos también están asociados a los informes, haciendo énfasis en mostrar el desempeño de los(las) especialistas.

5.3 Diseño de Lógica de Negocios

Para la generación de la lógica de negocios se considera en primer lugar la metodología del modelo de cinco fases del proceso de creación de conocimiento organizacional aplicada al presente proyecto y al alcance definido para este.

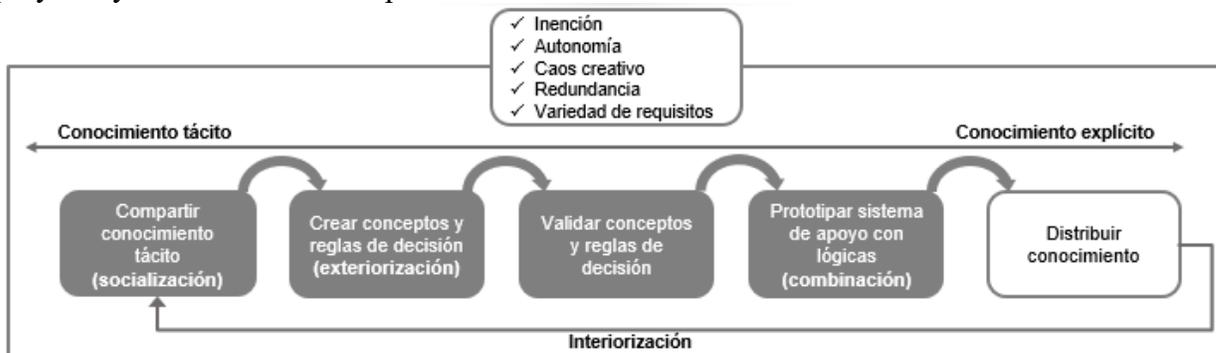


Ilustración 43: Metodología cinco fases definida para el proyecto¹⁷.

En la ilustración anterior se puede apreciar un resumen de la metodología utilizada, aplicada al proyecto, se debe recordar que la etapa de distribución de conocimiento no se encuentra dentro del alcance del proyecto. En la siguiente ilustración, se mostrarán una descripción de las etapas de *socialización*, *exteriorización* y *combinación*.

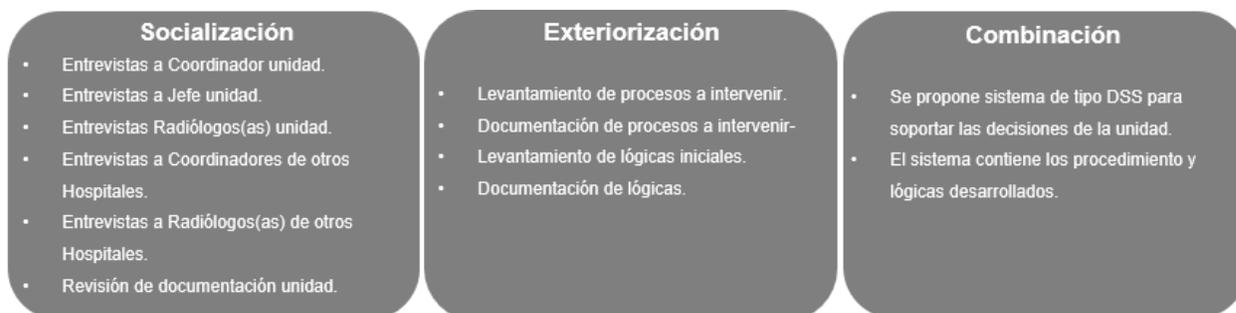


Ilustración 44: Detalle etapas de socialización, exteriorización y combinación.

A continuación, se describirán las lógicas de negocio descritas de forma general en la sección 5.2.2 del presente informe. Estas lógicas se dividirán en las relativas a pronósticos de demanda, análisis de capacidades y por último, las ligadas a monitoreo y control. También se considerarán las lógicas anteriores para los procesos de toma e interpretación de imágenes.

5.3.1 Predicción de Demanda

Esta lógica cuenta con dos partes relevantes (tal como se vio en la Ilustración 40) comunes en estructura para las dos actividades relevantes de la unidad (toma e interpretación de imágenes). Dichas partes relevantes son, la preparación de datos y la generación de pronósticos, estas se describirán en detalle a continuación.

- *Preparar datos:* En general cualquier pronóstico de demanda cuantitativo requiere datos de calidad para poder realizarse, independiente del modelo que se desee utilizar.

Los datos utilizados para la generación de pronósticos se obtuvieron desde distintas bases de datos que maneja el sistema PACS, dicho sistema permite la entrega de un consolidado de datos, las cuales se dividen en dos, uno relacionado a la producción de exámenes y otro ligado a la producción de informes, ambos consolidados son entregados en formato xlsx y se describen a continuación.

Tabla 14: Tabla de datos “exámenes”.

Exámenes		
Nombre Variable	Descripción Variable	Tipo de dato
Tipo	Línea de servicio a la que pertenece paciente.	STRING
Fecha Examen	Fecha en la que se realizó el examen.	DATETIME
ID Paciente	RUT paciente.	STRING
Nombre	Nombre de paciente.	STRING
Edad	Edad de paciente.	INT
Sexo	Sexp de paciente.	CHAR
Descripción	Descripción de examen que se realizó paciente.	STRING
Proc.	Sala hospitalizados HDS u otro lugar de procedencia de paciente.	STRING
Mod.	Modalidad de exámenes (CT, DX o US).	STRING
Médico	Radiólogo(a) asignado a examen tomado a paciente, para revisión de este.	STRING
Estado	Estado en que se encuentra examen (Validado, Validado Parcialmente o Nuevo).	STRING
Origen	Base de datos desde donde proviene información.	STRING

El consolidado de datos ligado a informes, tiene las mismas variables que el consolidado ligado a exámenes, más otras variables, estas son las que se muestran y describen en la siguiente tabla.

Tabla 15: Tabla de datos “informes”.

Informes		
Nombre Variable	Descripción Variable	Tipo de dato
IDInforme	Identificador único de informes.	INT
Fecha Validación	Fecha en la que examen pasó a estado Validado.	DATETIME
Informe	Descripción de examen que revisó radiólogo(a).	STRING
Médico	Nombre radiólogo(a) asignado a examen.	STRING
CodFonasa	Código fonasa asociado a prestación.	STRING
Prestacion	Descripción de prestación asociada a examen tomado a paciente.	STRING
Médico Solicitante	Médico que solicitó examen.	STRING
Indica Patología Grave	Indica si paciente presenta patología de gravedad.	BINARY
Patología grave	Descripción de patología grave de paciente.	STRING

La variable *descripción* es particularmente importante, esta muestra qué examen se realizó a algún paciente, dicha descripción contiene una o más *prestaciones* (otra variable) separadas por el carácter “/” (con algunas excepciones), dichas prestaciones representan

los segmentos específicos del cuerpo al cual se le tomaron imágenes. A continuación, se muestran ejemplos de la variable descripción.

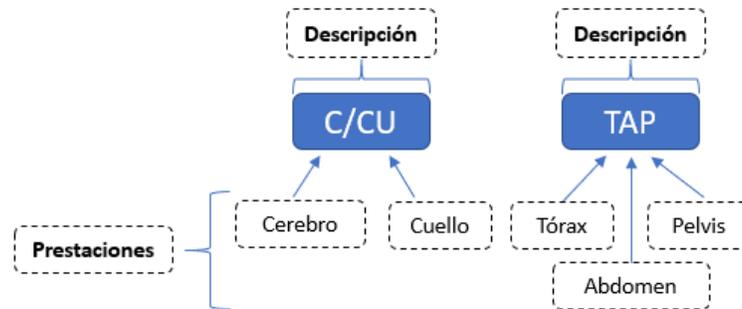


Ilustración 45: Ejemplos variables descripción y prestaciones.

Con respecto a la variable *prestación*, esta también es importante ya que cada una pertenece a un macrosegmento del cuerpo, los cuales fueron definidos con la ayuda de criterio experto y se muestran a continuación.

Tabla 16: Descripción macrosegmentos¹⁸.

Macrosegmento	Segmentos
Cuerpo	Tórax; Abdomen; Pelvis; Pielografía; Urografía; Extremidades Inferiores; Extremidades Superiores; Cuello; Entre otras.
Neuro	Cerebro; Oídos; Columna (Cervical, Dorsal, Lumbar); Paranasales; Maxilofacial; Orbitas; Entre otras.

Los macrosegmentos que se mostraron anteriormente son necesarios para definir las asignaciones a los radiólogos(as), debido a que estos(as) en general no revisan exámenes con cualquier tipo de segmentos, sino que más bien están habilitados para la revisión de uno segmentos pertenecientes a uno de los macrosegmentos mostrados.

La preparación de los datos considera una limpieza general de estos, tomando en cuenta los múltiples problemas que traía la data, tanto de exámenes como de informes, especialmente en cuanto a inconsistencias en prácticamente todas las variables (múltiples entradas que significaban lo mismo, presencia innecesaria de caracteres particulares, valores aparentemente nulos, entre otras). Además, se realizan diversas transformaciones para los posteriores pronósticos y cálculos de métricas (siendo el más relevante, la descomposición de la variable *descripción* en sus múltiples prestaciones en la data asociada a exámenes). Finalmente, en la preparación de datos, se realiza un cruce de los datos asociados a los exámenes y a los informes, para el cálculo de métricas relevantes (se detallarán estas más adelante).

- *Generación de pronósticos:* A continuación, se muestra el esquema general que siguen los pronósticos de demanda (lo cual es el detalle de la actividad similar mostrada en la Ilustración 37 e Ilustración 40).

¹⁸ Se incluyeron las prestaciones más comunes y fueron clasificadas en sus respectivos macrosegmentos.

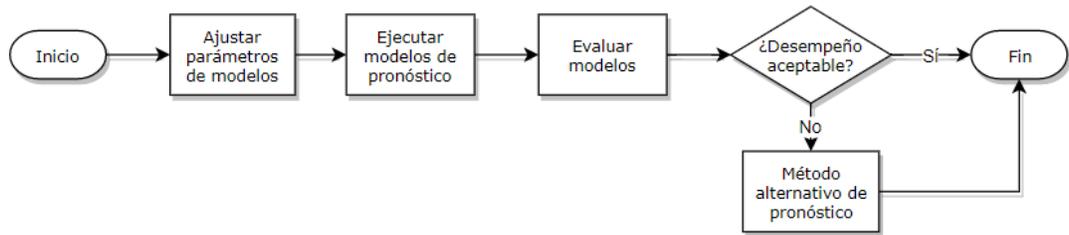


Ilustración 46: Esquema general pronósticos de demanda.

La definición de aceptable, se limita las métricas de desempeño de los modelos, en caso de que sean demasiado altas, se considera que no hubo un desempeño aceptable. Con lo cual se recurrirá a métodos alternativos de pronóstico, específicamente al uso de criterio experto.

En caso de que el modelo escogido para el pronóstico sean de tipo ARIMA, se seguirá el siguiente esquema para la predicción de la demanda.

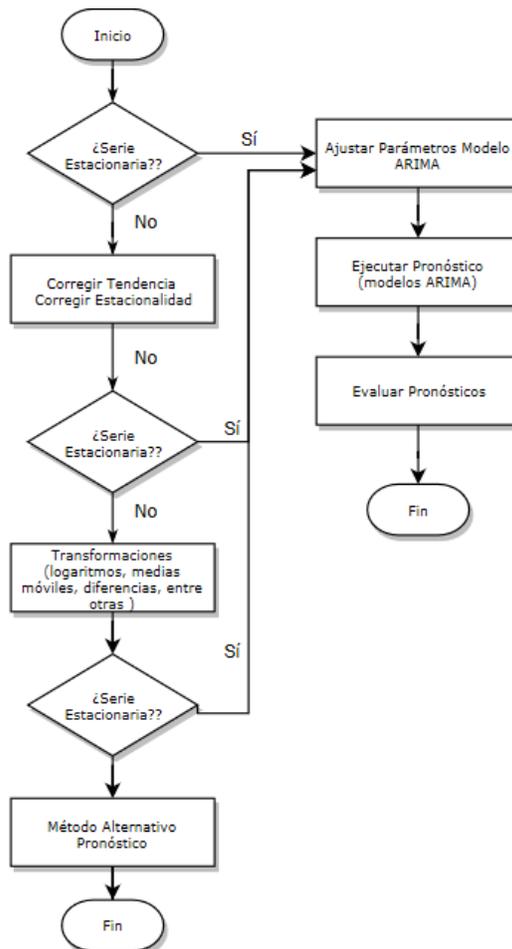


Ilustración 47: Esquema genérico para generación de pronósticos mediante modelos ARIMA.

A continuación, se detallarán las etapas mostradas en la ilustración anterior.

- *Verificar estacionariedad serie:* La condición estacionaria es necesaria para poder ejecutar los modelos ARIMA, la verificación de dicha condición se hace mediante una prueba de Dickey-Fuller aumentada.
- *Correcciones a serie (corregir tendencia, corregir estacionalidad):* En general las series de tiempo asociadas a la toma e interpretación de imágenes presentan tendencia y estacionalidad, por lo cual se hace necesario corregirlas para lograr estacionariedad en dichas series de tiempo.
- *Transformaciones a serie:* Para las series de tiempo analizadas, en general algunas transformaciones permiten lograr estacionariedad (sobre todo las logarítmicas), por lo cual se realizan si es que la serie no es estacionaria a pesar de las correcciones realizadas en la etapa anterior.
- *Ajustar parámetros modelo ARIMA:* Se deben ajustar los parámetros del modelo ARIMA, los cuales son el orden del modelo autorregresivo (p), el grado de diferenciación del modelo (d) y por último el orden del modelo de medias móviles (q). Para lograr lo mencionado anteriormente, se recurre al criterio de información de Akaike, además de las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial.
- *Ejecutar Modelo ARIMA:* Se realizan los ajuste y pronósticos del modelo ARIMA con los parámetros seleccionados en la etapa anterior.
- *Evaluar pronósticos:* La evaluación de los pronósticos realizados se hace mediante las métricas MAPE y RSME.
- *Método alternativo pronóstico:* Se debe recurrir a algún método alternativo en caso de que las serie no sea estacionaria después de aplicar todas las etapas anteriores.

Antes de entrar en el detalle de los pronósticos tanto para la toma como para la interpretación de las imágenes, cabe aclarar algunos supuestos que se utilizaron para la realización de estos. Dichos supuestos se basaron tanto en la literatura relacionada y la opinión experta de los(as) miembros de la unidad.

- La demanda para la línea de urgencia es igual a la producción del scanner para dicha línea de servicio (Reveco , 2011).
- La demanda para la línea de hospitalizados es igual a la producción del scanner para dicha línea de servicio.

- Por los puntos expuestos anteriormente, la principal causa de la diferencia entre la demanda y la producción agregadas de la unidad tiene relación con la demanda de la línea ambulatoria.
- Se realizarán pronósticos a seis meses en el futuro, lo anterior se considera suficiente en cuanto la unidad realiza una evaluación general de su desempeño de forma semestral, teniendo en dichas evaluaciones un mayor poder para generar acciones correctivas. Se utilizarán los datos hasta junio del año 2018 como conjunto de entrenamiento y el resto de dicho año será para testear los modelos (por lo que se asumirá como el “futuro”).

5.3.1.1 Predicción Demanda Exámenes

Considerando los supuestos presentados anteriormente, la única demanda relevante a calcular es la demanda por exámenes proveniente de la línea de atención ambulatoria.

Para dar un contexto inicial, en la siguiente ilustración se muestra la demanda para la atención abierta de la unidad a lo largo del tiempo¹⁹, para el periodo comprendido entre los años 2014 y 2018.



Ilustración 48: Demanda atención abierta unidad, periodo 2014-2018.

Se pueden apreciar a priori, cierta estacionalidad (baja demanda entre los meses de diciembre y febrero, alta demanda en los meses de invierno, leve baja en la demanda en el periodo agosto-septiembre que repunta nuevamente en el periodo octubre-noviembre). Para mostrar explícitamente la posible tendencia y estacionalidad de la demanda por atención ambulatoria de la unidad, en la siguiente ilustración se muestra la descomposición de dicha demanda.

¹⁹ Esta demanda se mide en cantidad de pacientes.

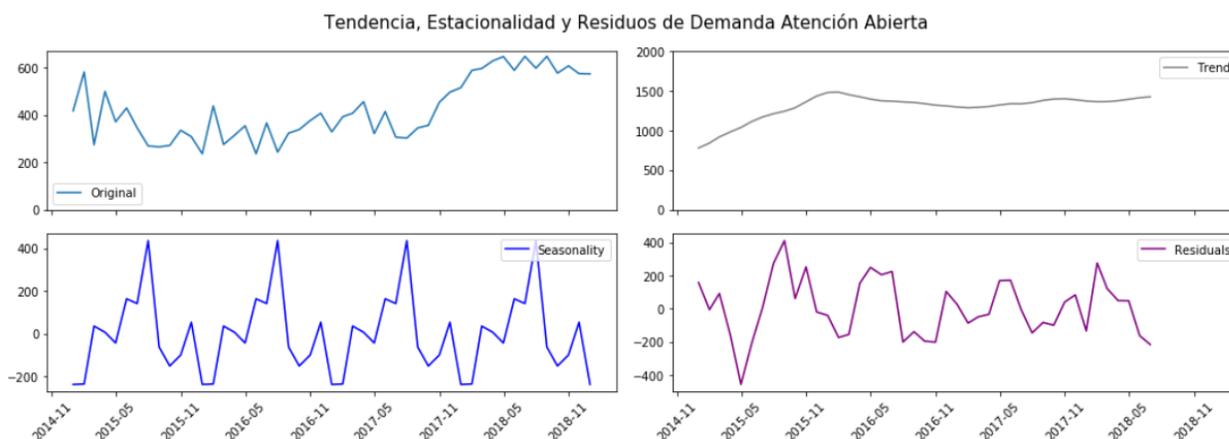


Ilustración 49: Descomposición demanda atención abierta.

Se puede apreciar en la ilustración anterior de forma más clara la estacionalidad, además se puede apreciar de mejor forma una tendencia creciente hasta fines del año 2015 que después tiende a estabilizarse.

Considerando el esquema presentado en la Ilustración 46, a continuación, se muestra la tabla con la evaluación de los modelos considerados.

Tabla 17: Resumen métricas desempeño pronóstico.

Métrica Desempeño	ARIMA(1,1,0) ²⁰	Holt Winters ²¹
MAPE	13,21%	10,14%
MAE [%]	2,12%	1,80%
RSME	205,43	189,43
RSME [%]	2,37%	2,18%

Se puede apreciar en la tabla anterior, que el modelo Holt Winters²² presenta un mejor desempeño en términos generales. En la siguiente ilustración se muestra el pronóstico realizado.

²⁰ El mejor ajuste del modelo ARIMA se logró con los parámetros mostrados.

²² Con los siguientes parámetros, nivel inicial 2709,85; lambda=0; nivel alisamiento = 0,80; alisamiento estacional=0; pendiente de alisamiento= 8.29

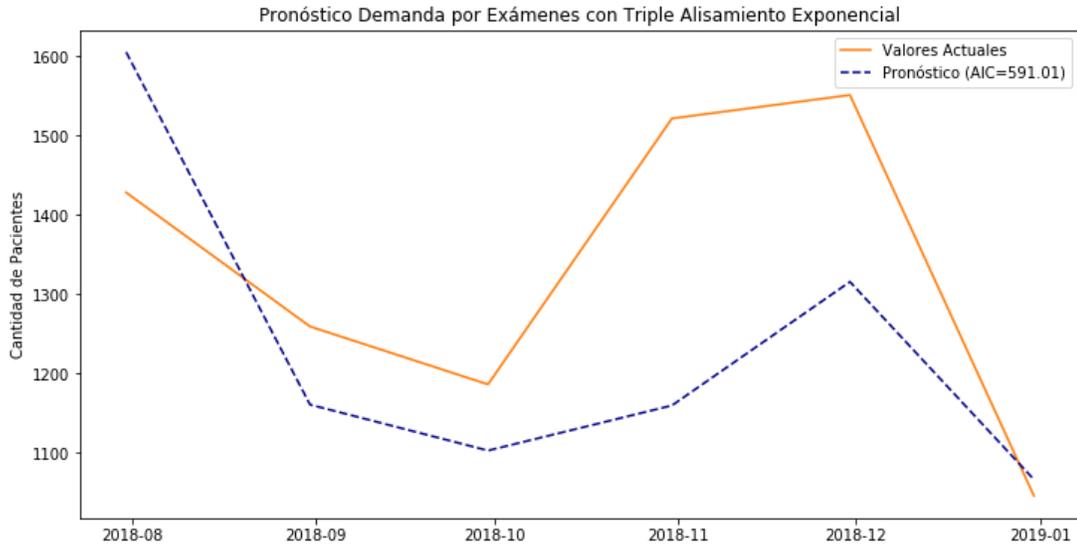


Ilustración 50: Pronóstico demanda por exámenes, atención abierta unidad.

5.3.1.2 Predicción Demanda Informes

Para llevar a cabo la presente lógica se deben pronosticar las producciones para las tres líneas de servicio de la unidad, dado que dicha producción provee de segmentos para que los(as) radiólogos(as) puedan revisar.

- *Producción de Urgencia:* A continuación, se muestran los resultados de los modelos utilizados para realizar el pronóstico de la demanda por informes de la línea de urgencia.

Tabla 18: Resumen métricas desempeño pronóstico.

Métrica Desempeño	ARIMA(1,2,1)	Holt Winters
MAPE	3,75 %	8,59%
MAE [%]	0,62%	1,44%
RSME	71,11	161,19
RSME [%]	0,71%	1,61%

Se puede apreciar que el modelo ARIMA es el que presenta mejor desempeño, a continuación, se muestra el pronóstico de la demanda por informes de urgencia.

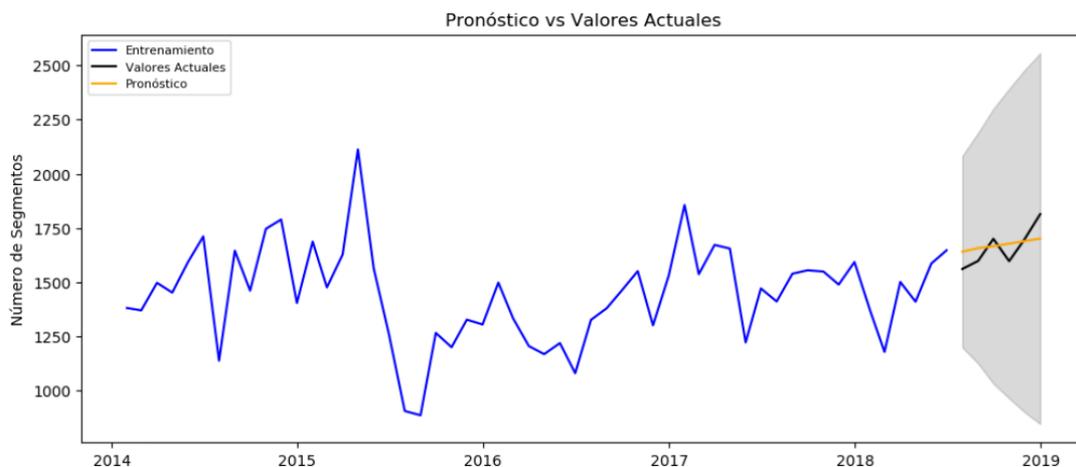


Ilustración 51: Pronóstico ARIMA(1,2,1) vs Valores Reales, producción urgencia.

- *Producción Atención Hospitalizados:* A continuación, se muestran los resultados de los modelos utilizados para realizar el pronóstico de la demanda por informes de la línea de hospitalizados.

Tabla 19: Resumen métricas desempeño pronóstico.

Métrica Desempeño	MAPE(1,1,0)	Holt Winters
MAPE	7,22%	24,50%
MAE [%]	1,17%	4,01%
RSME	49,58	165,70
RSME [%]	1.38 %	4,63%

Se puede apreciar que el modelo ARIMA es el que presenta mejor desempeño, a continuación, se muestra el pronóstico de la demanda por informes de la línea de hospitalizados.

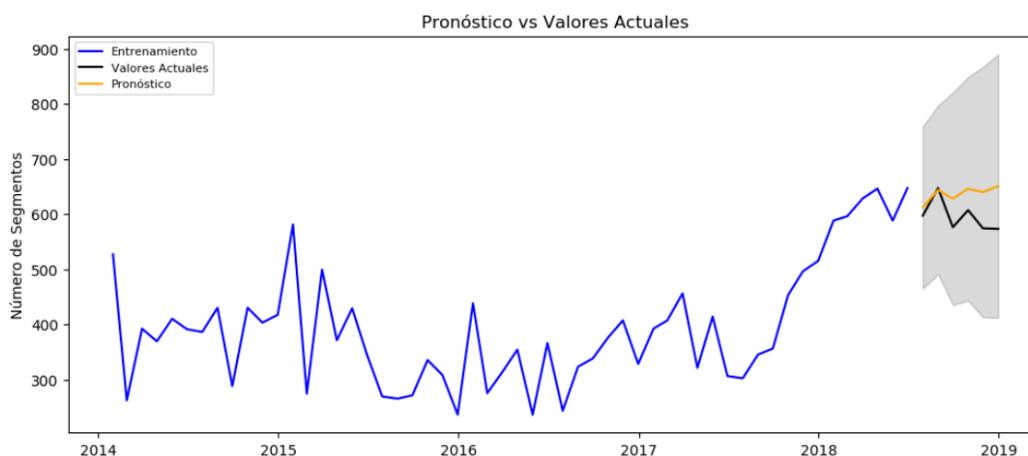


Ilustración 52: Pronóstico ARIMA(1,1,0) vs Valores Reales, producción hospitalizados.

- *Producción Atención Abierta:* A continuación, se muestran los resultados de los modelos utilizados para realizar el pronóstico de la demanda por informes de la línea de ambulatoria.

Tabla 20: Resumen métricas desempeño pronóstico.

Métrica Desempeño	MAPE(1,1,1)	Holt Winters
MAPE	6,88%	10,03%
MAE [%]	1,17%	1,76%
RSME	69,99	91,29
RSME [%]	1,68%	2,19%

Se puede apreciar que el modelo ARIMA, es el que presenta mejor desempeño, a continuación, se muestra el pronóstico de la demanda por informes de la línea de atención ambulatoria.

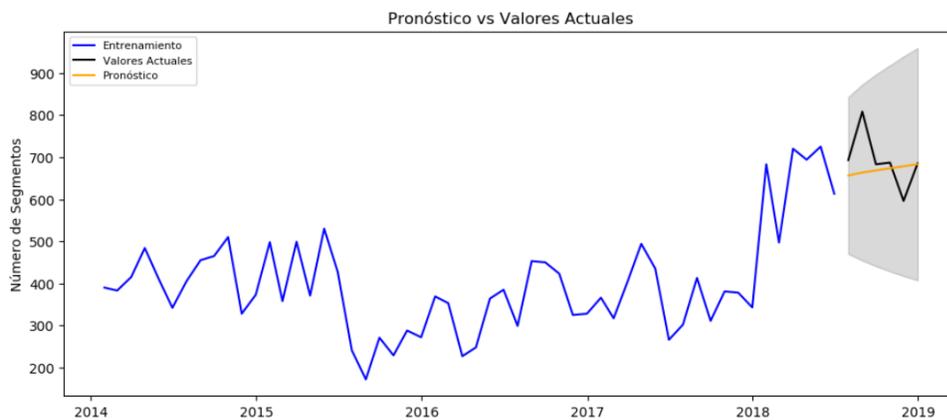


Ilustración 53: Pronóstico ARIMA(1,1,1) vs Valores Reales, producción ambulatoria.

5.3.2 Análisis de Capacidad

Una vez se han realizado los pronósticos de demanda, detallados en la sección anterior, se puede dar comienzo a los análisis de capacidad tanto para la toma como la interpretación de imágenes. A continuación, se detallan dichos análisis de capacidad.

5.3.2.1 Análisis de Capacidad Toma de Imágenes

En la siguiente ilustración, se muestra el diagrama de flujo que resume las actividades a seguir para realizar los análisis de capacidad para el scanner de la unidad.

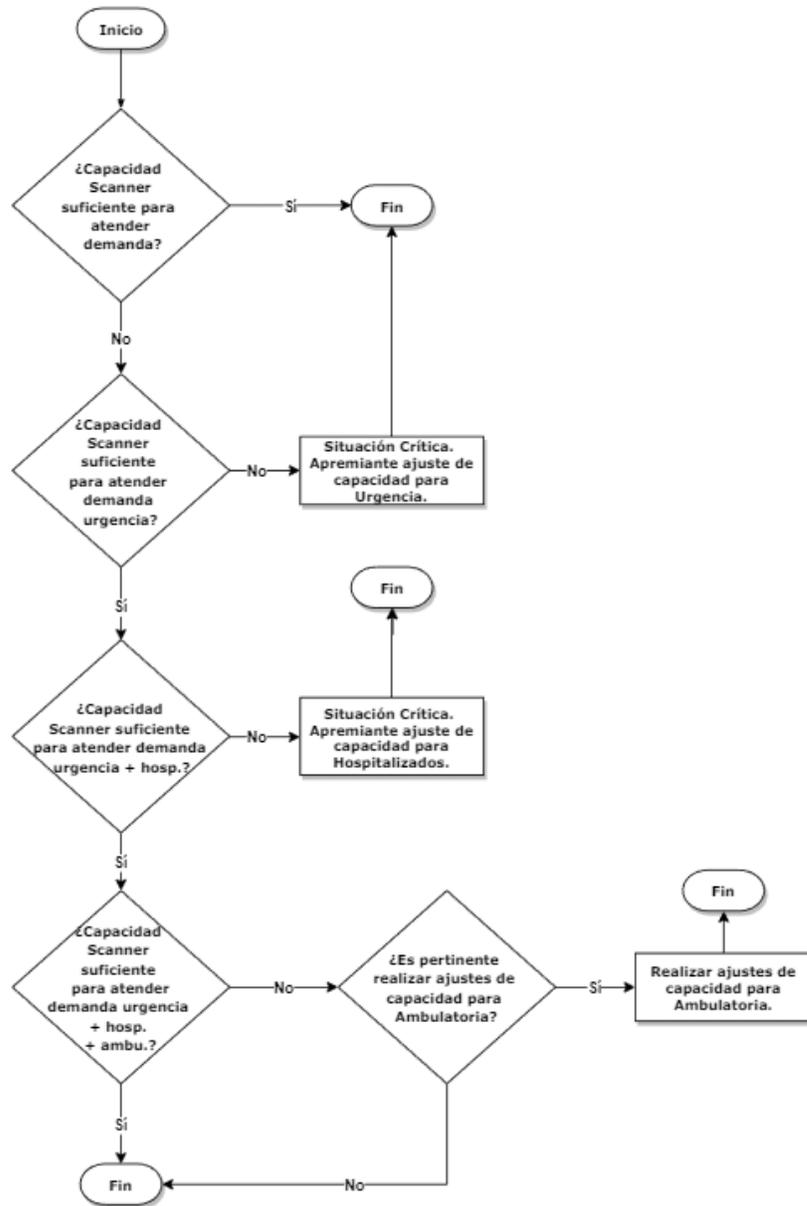


Ilustración 54: Diagrama de flujo, análisis de capacidad para toma de imágenes.

Se debe aclarar que, cuando en la ilustración anterior se menciona la demanda (sea agregada o por línea de servicio), se está haciendo referencia a la demanda por exámenes a la cual está sometida la unidad de imagenología del HDS (que es distinta a la demanda a la cual están sometidos(as) los(as) radiólogos(as) de la unidad, la cual vendría siendo la demanda por informes, que está íntimamente ligada a la producción del scanner).

Para la demanda proveniente de líneas de servicio de urgencia y de hospitalizados, no puede existir una falta de capacidad, lo anterior por razones de criterio clínico. Para la línea de atención ambulatoria, en cambio, se debe hacer una evaluación respecto de la pertinencia o no de un ajuste en la capacidad del scanner (considerando que tiene la menor prioridad clínica).

A continuación, se muestra el análisis para el scanner considerando un horario hábil²³, debido a que es el más relevante en cuanto a la producción de toda la unidad (tanto por criterio experto como por uno cuantitativo si se considera que en promedio un 70% de la producción se concentró en dicho horario). La producción del scanner de la unidad se midió considerando la cantidad de pacientes atendidos por bloque horario, tomando en cuenta una producción estándar de 6²⁴ pacientes por hora según el criterio experto de la unidad. En la siguiente tabla se muestra el pronóstico de la demanda por exámenes y la fracción de dicha demanda que podría ser atendida por la unidad de scanner.

Tabla 21: Demanda pronosticada por exámenes, fracción cubierta por scanner²⁵.

Meses	Demanda por Exámenes Pronosticada	Fracción Cubierta por Scanner
Julio	1461	135%
Agosto	1288	119%
Septiembre	1252	116%
Octubre	1284	119%
Noviembre	1338	124%
Diciembre	1239	115%

Se puede apreciar que la capacidad del scanner no sería suficiente para poder atender la demanda por exámenes, debido fundamentalmente a la demanda por exámenes proveniente de la atención ambulatoria. Siguiendo el esquema mostrado en la Ilustración 54, se procederá a mostrar la situación presentada en la Tabla 21, para las líneas de urgencia y urgencia más hospitalizados.

Tabla 22: Demanda por exámenes de urgencia pronosticada, fracción cubierta por scanner.

Meses	Demanda por Exámenes Urgencia Pronosticada	Fracción Cubierta por Scanner
Julio	664	61%
Agosto	645	60%
Septiembre	636	59%
Octubre	632	59%
Noviembre	631	58%
Diciembre	630	58%

Tabla 23: Demanda por exámenes de urgencia más hospitalizados pronosticada, fracción cubierta por scanner.

²³ Para efecto de la unidad, este comienza a las 8:00 horas y termina a las 18:00 horas (incluyendo ambas).

²⁴ Para efectos de un servicio adecuado, 1 paciente cada 10 minutos es la producción estándar, si bien el equipo podría perfectamente atender más pacientes, no es óptimo si se considera la calidad de la atención ofrecida (y generaría un sesgo en las mediciones de las sobreutilizaciones y subutilizaciones del scanner).

²⁵ Es pertinente recordar que tanto la demanda pronosticada como la capacidad del scanner, esta enmarcadas dentro del horario hábil del scanner.

Meses	Demanda por Exámenes Urgencia + Hospitalizados Pronosticada	Fracción Cubierta por Scanner
Julio	916	85%
Agosto	910	84%
Septiembre	895	83%
Octubre	898	83%
Noviembre	894	83%
Diciembre	898	83%

Considerando las dos tablas mostradas anteriormente, la brecha entre la capacidad del scanner y la demanda se debe a la demanda por exámenes asociada a la atención ambulatoria, por lo cual se debe evaluar si es pertinente la realización de ajustes de capacidad. Considerando la fracción disponible para atender demanda ligada a la atención ambulatoria además de la prioridad clínica de esta, la decisión sería negativa en cuanto a realizar algún ajuste de capacidad para el scanner.

Por completitud se describirán el foco de las medidas recomendadas para realizar los ajustes de capacidad para el caso de scanner.

- Incluir personal flotante, en particular tecnólogos(as) médicos.
- Aumentar los tiempos de atención del scanner (tanto en días hábiles como no hábiles).
- Mostrar cuellos de botella críticos para poder realizar mejoras mediante estandarización de los procesos.

Las recomendaciones anteriores se enmarcan en el marco teórico visto, respecto del manejo de capacidad, además de tener en consideración que un aumento de capacidad vía nuevos equipos es realmente complejo de poder llevar a cabo en la unidad, dado el contexto de salud pública donde esta se encuentra.

5.3.2.2 Análisis de Capacidad Interpretación de Imágenes

En la siguiente ilustración, se muestra el diagrama de flujo que resume las actividades a seguir para realizar los análisis de capacidad para los(as) especialistas de la unidad.

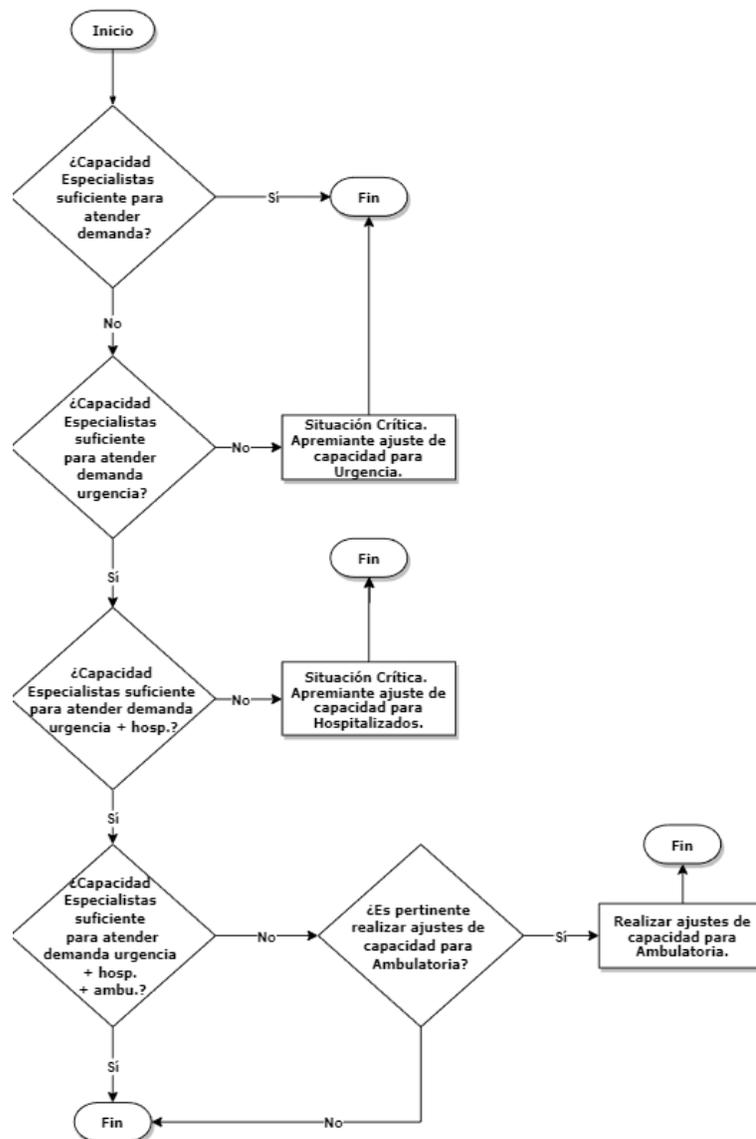


Ilustración 55: Diagrama de flujo, análisis de capacidad para interpretación de imágenes.

La ilustración anterior es muy similar a la Ilustración 54, no obstante, la diferencia fundamental de esta lógica con la relacionada a scanner es que, para la presente sección, cuando se menciona la demanda se hace referencia a la demanda por informes.

A continuación, se mostrará la capacidad²⁶ de revisión de segmentos por parte de los(as) especialistas de la unidad de dedicación exclusiva.

²⁶Se entiende por capacidad la cuota que tiene contratada cada especialista, no haciendo referencia al desempeño real de los(as) especialistas.

Tabla 24: Capacidades especialistas dedicación exclusiva CT.

Etiqueta Especialistas	Tipo de Contrato	Revisa Neuro	Revisa Cuerpo	Capacidad Mensual
RADIOLOGO(A) 8	44 Horas/Semana	Sí	No	468
RADIOLOGO(A) 1	44 Horas/Semana	No	Sí	468
RADIOLOGO(A) 15	22 Horas/Semana	No	Sí	240
RADIOLOGO(A) 11	22 Horas/Semana	No	Sí	240
RADIOLOGO(A) 9	11 Horas/Semana	No	Sí	120
RADIOLOGO(A) 5	11 Horas/Semana	Sí	No	120
RADIOLOGO(A) 0	Capacidad Externa	Sí	Sí	360

Lo anterior sumado a la capacidad de los especialistas de dedicación no exclusiva a CT²⁷, permite calcular la capacidad total de revisión de segmentos por parte de la unidad, lo cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 25: Capacidad de revisión de segmentos de la unidad.

Macrosegmento	Capacidad Mensual
Neuro	648
Cuerpo	1332

La tabla anterior no considera la capacidad contratada en ITMS²⁸, esta se puede destinar a ambos macrosegmentos, dependiendo de la demanda.

En la siguiente tabla se muestra la demanda por informes pronosticada²⁹, además de la respectiva división³⁰ de dicha demanda en segmentos pertenecientes a cuerpo y neuro, por último, las fracciones de la demanda por informes cubiertas por la unidad (en principio, sin considerar la capacidad de ITMS), tanto para neuro como cuerpo.

Tabla 26: Resumen demanda por informes cubierta por unidad.

Meses	Demanda por Informes Pronosticada	Fracción Neuro Pronosticada	Fracción Neuro Cubierto por Unidad	Fracción Cuerpo Pronosticada	Fracción Cuerpo Cubierto por Unidad
Julio	2975	1339	206%	1636	123%
Agosto	3022	1360	210%	1662	125%
Septiembre	3079	1386	214%	1694	127%
Octubre	3135	1411	217%	1724	129%
Noviembre	3193	1437	221%	1756	132%
Diciembre	3252	1463	225%	1789	134%

Se puede apreciar las siguientes problemáticas en la tabla anterior.

²⁷ Los(as) cuales tienen fracciones de sus cuotas correspondientes a CT.

²⁸ La cual es de 360 segmentos pertenecientes a cualquiera de los dos tipos de macrosegmento.

²⁹ Hay que recordar que la demanda por informes se mide en cantidad de segmentos.

³⁰ La distribución de segmentos de tipo cuerpo y neuro es bastante estable, para el año 2018 fue de 55% (en promedio mensual) para cuerpo y de un 45% (en promedio mensual) para neuro, con desviaciones del 2.1% y 1.8% respectivamente. La distribución anterior coincide con el criterio experto de la unidad y fue la usada para descomponer el pronóstico para el año 2019 de la demanda agregada para informes.

- La unidad está prácticamente al límite de su capacidad, para atender la demanda por informes ligada al macrosegmento cuerpo.
- Existe un problema estructural en cuanto a la capacidad de la unidad para la revisión de segmentos de tipo neuro.
- La capacidad contratada por ITMS no es suficiente para lograr solucionar la brecha existente entre la demanda por informes y la capacidad de revisión de segmentos de la unidad, a priori solo podría dar una solución para la demanda asociada al macrosegmento cuerpo.

En la siguiente tabla, se muestra lo mismo que en la Tabla 26, aunque para la línea de urgencia, con esta se analizará la capacidad de la unidad para responder a la demanda de dicha línea de servicio (siguiendo el esquema planteado en la Ilustración 55).

Tabla 27: Resumen demanda por informes de urgencia cubierta por unidad.

Meses	Demanda por Informes Urgencia Pronosticada	Fracción Neuro Pronosticada Urgencia	Fracción Neuro Cubierto por Unidad	Fracción Cuerpo Pronosticada Urgencia	Fracción Cuerpo Cubierto por Unidad
Julio	1613	726	112%	887	67%
Agosto	1566	705	109%	861	65%
Septiembre	1545	695	107%	850	64%
Octubre	1535	691	107%	844	63%
Noviembre	1531	689	106%	842	63%
Diciembre	1530	688	106%	841	63%

De la tabla mostrada anteriormente, se pueden sacar las siguientes conclusiones.

- Existe capacidad por parte de la unidad para dar respuesta a la demanda por informes ligada al macrosegmento cuerpo de la línea de urgencia.
- La unidad no cuenta con la capacidad suficiente para dar respuesta a la demanda por informes ligada al macrosegmento cuerpo de la línea de urgencia. No obstante, la capacidad contratada a ITMS permite solucionar a priori la brecha mencionada.

La siguiente tabla muestra los mismos resultados de la tabla anterior, aunque considerando las líneas de servicio de urgencia y ambulatoria.

Tabla 28: Resumen demanda por informes de urgencia y hospitalizados cubierta por unidad.

Meses	Demanda por Informes Urgencia + Hospitalizados Pronosticada	Fracción Neuro Pronosticada Urgencia + Hospitalizados	Fracción Neuro Cubierto por Unidad	Fracción Cuerpo Pronosticada Urgencia + Hospitalizados	Fracción Cuerpo Cubierto por Unidad
Julio	2225	1001	154%	1224	92%
Agosto	2210	994	153%	1215	91%
Septiembre	2172	978	151%	1195	90%
Octubre	2181	981	151%	1200	90%
Noviembre	2171	977	151%	1194	90%
Diciembre	2180	981	151%	1199	90%

De la tabla mostrada anteriormente, se pueden sacar las siguientes conclusiones.

- Existe capacidad por parte de la unidad para dar respuesta a la demanda por informes ligada al macrosegmento cuerpo de la línea de urgencia.
- La unidad no cuenta con la capacidad suficiente para dar respuesta a la demanda por informes ligada al macrosegmento neuro de la línea de urgencia. No obstante, la capacidad contratada a ITMS permite solucionar a priori la brecha mencionada, aunque, a diferencia del caso anterior, la capacidad disponible de ITMS luego de cubrir las brechas sería en promedio un 6,5%.

Considerando lo mostrado anteriormente, se tendría que la unidad sería capaz a priori de atender la demanda proveniente de las líneas de servicio de urgencia y de hospitalizados, no así la proveniente de la línea de atención ambulatoria. Antes de dar paso a las recomendaciones respecto de cómo abordar la brecha para la demanda de atención ambulatoria, se describirán las recomendaciones genéricas para los ajustes de capacidad en la interpretación de imágenes³¹ (comenzando con las más inmediatas para terminar con las que más tomen tiempo).

- Si existe alguna brecha entre demanda por informes y capacidad de revisión de segmentos que no pueda ser cubierta por la capacidad de la unidad más el apoyo de ITMS, se calculará dicha brecha y se recomendará la contratación del faltante a ITMS (en el caso que la brecha se de en las líneas de urgencia y/u hospitalizados).
- Se recomendará seguir el desempeño de los(as) radiólogos(as), dado que su producción real dista de la capacidad de revisión mostrada en los análisis anteriores.
- Se analizará la distribución de macrosegmentos para la demanda por informes, con el fin de recomendar que el reparto de cuotas de especialistas para cada macrosegmento sea un reflejo de la distribución mencionada. Mediante la vía que el personal de la unidad estime conveniente, esto es, podría ser mediante la ampliación de la cuota de ITMS, la ampliación de la cuota de radiólogos(as) de la unidad o la contratación de personal especialista adicional.
- Se evaluará la ampliación de las cuotas contratadas a los(as) radiólogos(as) de la unidad, por la brecha de capacidad y macrosegmento en donde esta se concentre.
- Se evaluará la contratación de radiólogos(as) para que puedan cubrir la brecha de capacidad y macrosegmento en donde esta se concentre. Para esta recomendación, la brecha en cuestión se debe mantener por un año al menos.

La primera recomendación sería contratar una cuota de aproximadamente 900 segmentos que existen de brecha (pronosticada a los primeros 6 meses del año 2019) a ITMS, aunque esta debe ser evaluada por la unidad, pues se trata de cubrir una brecha que afecta directamente a la atención ambulatoria. Una segunda recomendación sería que, de los segmentos mencionados, aproximadamente 750 se asignaran a neuro y los restantes 150 a cuerpo.

³¹ Discutidas con personal de la unidad

5.3.3 Métricas de Monitoreo y Control

El monitoreo y control, tanto en la toma como en la interpretación de las imágenes es importante para la unidad, debido a los siguientes aspectos.

- La producción de los(as) radiólogos(as) dista bastante de sus capacidades teóricas, salvo contadas excepciones. Para ilustrar el punto anterior, en la siguiente tabla se muestra la demanda por informes cubierta por la unidad, si se consideran los rendimientos de los especialistas de dedicación exclusiva para CT del 2018.

Tabla 29: Resumen demanda por informes pronosticada, cubierta por unidad.

Meses	Demanda por Informes Pronosticada	Fracción Neuro Pronosticada	Fracción Neuro Cubierto por Unidad	Fracción Cuerpo Pronosticada	Fracción Cuerpo Cubierto por Unidad
Julio	2975	1339	384%	1636	186%
Agosto	3022	1360	390%	1662	189%
Septiembre	3079	1386	397%	1694	193%
Octubre	3135	1411	404%	1724	196%
Noviembre	3193	1437	412%	1756	200%
Diciembre	3252	1463	419%	1789	203%

Considerando la tabla anterior, es fundamental elevar las tasas de utilización de los especialistas, con lo cual un correcto monitoreo y control del desempeño tanto estos(as) así como en general, sumado a una adecuada gestión y comunicación permitiría una utilización más eficiente de los recursos y abordar de mejor manera las demandas tanto por exámenes como por informes que enfrenta la unidad.

A continuación, se describirán las métricas de monitoreo y control³² tanto para la toma como para la interpretación de imágenes.

Tabla 30: Resumen métricas toma de imágenes.

Métricas Toma de Imágenes			
Nombre Indicador	Definición Indicador	Descripción	Uso
<i>Utilización Scanner_T</i>	$\frac{\sum_{t \in T} [seg. tomados]_t}{\sum_{t \in T} [seg. estándar]_t}$ $t \in T$	Indica que tan bien (o mal) se está usando el scanner en cuanto a los segmentos que este podría producir.	Sirve para analizar cómo se está usando recurso scanner desde perspectiva de producción de segmentos.
<i>Rendimiento Scanner_{T,l}</i>	$\frac{\sum_{t \in T} [prod. seg.]_{t,l}}{\sum_{t \in T} [demanda seg.]_{t,l}}$ $t \in T, l \in L$	Sirva para analizar como está la producción del scanner respecto de la demanda para cada línea de servicio.	Sirve para analizar si scanner podría dar abasto para satisfacer demanda de líneas de servicio.
<i>Rendimiento Scanner_T</i>	$\frac{\sum_{t \in T} [tiempo en uso]_t}{\sum_{t \in T} [tiempo disponible]_t}$ $t \in T, l \in L$	Indica que tan bien (o mal) se está usando el scanner en cuanto al tiempo en que este se encuentra activo.	Sirve para analizar cómo se está usando recurso scanner desde perspectiva de tiempo de uso.

³²Se presentan en su máximo nivel de detalle.

Tabla 31: Resumen métricas interpretación de imágenes.

Métricas Interpretación de Imágenes			
Nombre Indicador	Definición Indicador	Descripción	Uso
<i>Utilización Especialista</i> _{T,r}	$\frac{\sum_{t \in T} [seg. revisados]_{t,r}}{\sum_{t \in T} [cuota seg.]_{t,r}}$ $t \in T, r \in R$	Indica que tan bien (o mal) se está desempeñado un especialista, en cuanto a los segmentos que este podría revisar.	Sirve para analizar el desempeño del recurso especialista, desde perspectiva de producción de segmentos.
<i>Tiempo Reporte Promedio</i> _{T,l,r}	$\frac{\sum_{t \in T, e \in E} [f. val - f. ex]_{e,t,l,r}}{\sum_{t \in T, e \in E} \mathbf{1}_{t,e,l,r}}$ $t \in T, l \in L, r \in R, e \in E$	Da cuenta del tiempo promedio transcurrido en días (laborales) entre la fecha de validación y de examen, para cada uno de los estudios.	Sirve para analizar el desempeño de los especialistas y la calidad del servicio entregado por la unidad.
<i>Tiempo Espera Promedio</i> _{T,l,r}	$\frac{\sum_{t \in T, e \in E} [f. act - f. ex]_{e,t,l,r}}{\sum_{t \in T, e \in E} \mathbf{1}_{t,e,l,r}}$ $t \in T, l \in L, r \in R, e \in E$	Da cuenta del tiempo promedio transcurrido en días (laborales) entre la fecha de validación y de examen, para cada uno de los estudios.	Se utiliza para analizar posibles atrasos en las revisiones de segmentos por parte de especialistas o por un problema de asignación.
<i>Tasa Asignación</i> _{T,l}	$\frac{\sum_{t \in T} [seg. nuevos]_{t,l}}{\sum_{t \in T} [seg. asignados]_{t,l}}$ $t \in T, l \in L$	Indica el estado de la asignación de los segmentos a los especialistas, para su revisión.	Indica el desempeño de la coordinación en la asignación de los segmentos a los especialistas.

5.3.4 Asignación de Exámenes a Especialistas

Esta lógica pertenece al proceso de interpretación de imágenes, específicamente a la actividad relacionada la planificación de la producción de los especialistas que se mostró en la Ilustración 41. En la siguiente ilustración se puede ver un diagrama de flujo correspondiente a la lógica de asignación de exámenes a especialistas.

de hospitalizados, salvo por el valor de TE obviamente) o se esperará hasta que exista capacidad de resolución del segmento dentro de la unidad.

- La asignación de segmentos siempre se realiza al especialista habilitado para la revisión de dicho segmento que tenga la menor utilización.

CAPÍTULO 6: PROPUESTA DE APOYO TECNOLÓGICO

En la presente sección se describe el diseño del soporte tecnológico requerido para dar apoyo a la solución propuesta.

6.1 Especificación de Requerimientos

6.1.1 Requerimientos Funcionales

A continuación, se describen los requerimientos funcionales que ha de cumplir la herramienta de apoyo tecnológico desarrollado para dar soporte a las lógicas definidas en el capítulo anterior.

- El sistema debe ser capaz de procesar archivos de tipo Excel (xlsx, xls).
- El sistema debe consumir automáticamente archivos cargados y almacenarlos en una base de datos.
- El sistema debe determinar las demandas tanto de exámenes como de informes.
- El sistema debe generar la asignación de exámenes a especialistas.
- El sistema debe generar las recomendaciones de ajustes de capacidad tanto para scanner como especialistas.
- El sistema debe calcular las métricas de desempeño (para exámenes e informes) establecidas según los parámetros seleccionados.
- El sistema debe poder generar reportes de producción para exámenes e informes según parámetros indicados.
- El sistema debe permitir en todo momento la exportación datos o imágenes (en formato xlsx y png).

6.1.2 Requerimientos No Funcionales

En cuanto a los requisitos no funcionales, estos se dividen en las siguientes categorías:

- *Usabilidad:* El sistema de ser fácil de usar para el coordinador, lo anterior medido por una encuesta especialmente diseñada para ello.
- *Performance:*
 - El sistema se debe poder ejecutar en los computadores de la unidad de imagenología.
 - El tiempo de procesamiento total del sistema no debe superar los 5 minutos.

6.2 Arquitectura Tecnológica

En cuanto a la herramienta de apoyo tecnológico, esta se basa en un DSS. En la siguiente ilustración se muestra una primera aproximación de la arquitectura de software de la herramienta mencionada.

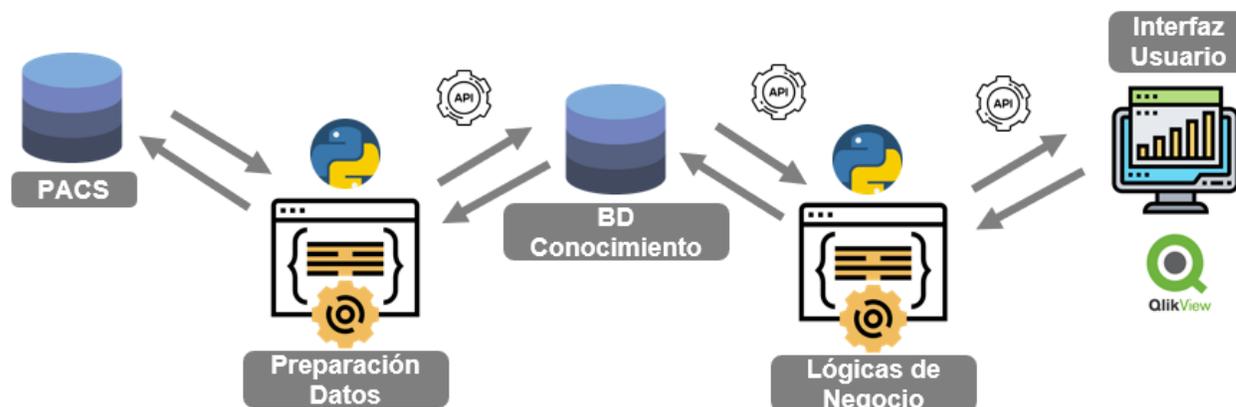


Ilustración 57: Resumen arquitectura software, herramienta tecnológica.

El sistema requiere de la entrega de archivos por parte del coordinador en formato xlsx, los cuales son extraídos del sistema PACS de la unidad³³, a continuación, se describen brevemente las etapas de cada una de las partes del sistema.

- *Preparación Datos*: Aquí se realiza una actividad transversal que inicia todos los procesos propuestos en la sección de rediseño y diseño, esta consiste en la limpieza, transformación y consolidación de los datos entregados por el sistema PACS para que las lógicas de negocio propuestas se puedan ejecutar de forma correcta, además de lo anterior crea el modelo de datos necesario para soportar las mencionadas lógicas.
- *Lógicas de Negocio*: En esta etapa se ejecutan todas las actividades descritas en la sección 5.3 del presente documento.
- *BD conocimiento*: Aquí se mantiene una consolidación de todos los datos que usa el sistema, organizados en un modelo que se describirá con mayor detalle más adelante.
- *Interfaz de Usuario*: Se ofrece al usuario un marco adecuado que permita una fácil interpretación y análisis de los resultados, además de servir como medio para que el usuario pueda modificar diversos parámetros según lo estime conveniente.

El detalle específico de los softwares usados para la herramienta de apoyo tecnológico se muestra a continuación.

- Python (3.6.4) usando la distribución Anaconda (4.4.10)
- MySQL Community Server (8.0.15)

³³ Como se mencionó en la sección relativa al alcance del proyecto este no considera una conexión directa al sistema PACS.

- QlikView Personal Edition (12.10.10000.0 SR1)

6.3 Diseño de Aplicación

6.3.1 Casos de Uso

A continuación, se muestran los casos de uso que la herramienta ha de poder cumplir, para posteriormente describir cada uno de estos.

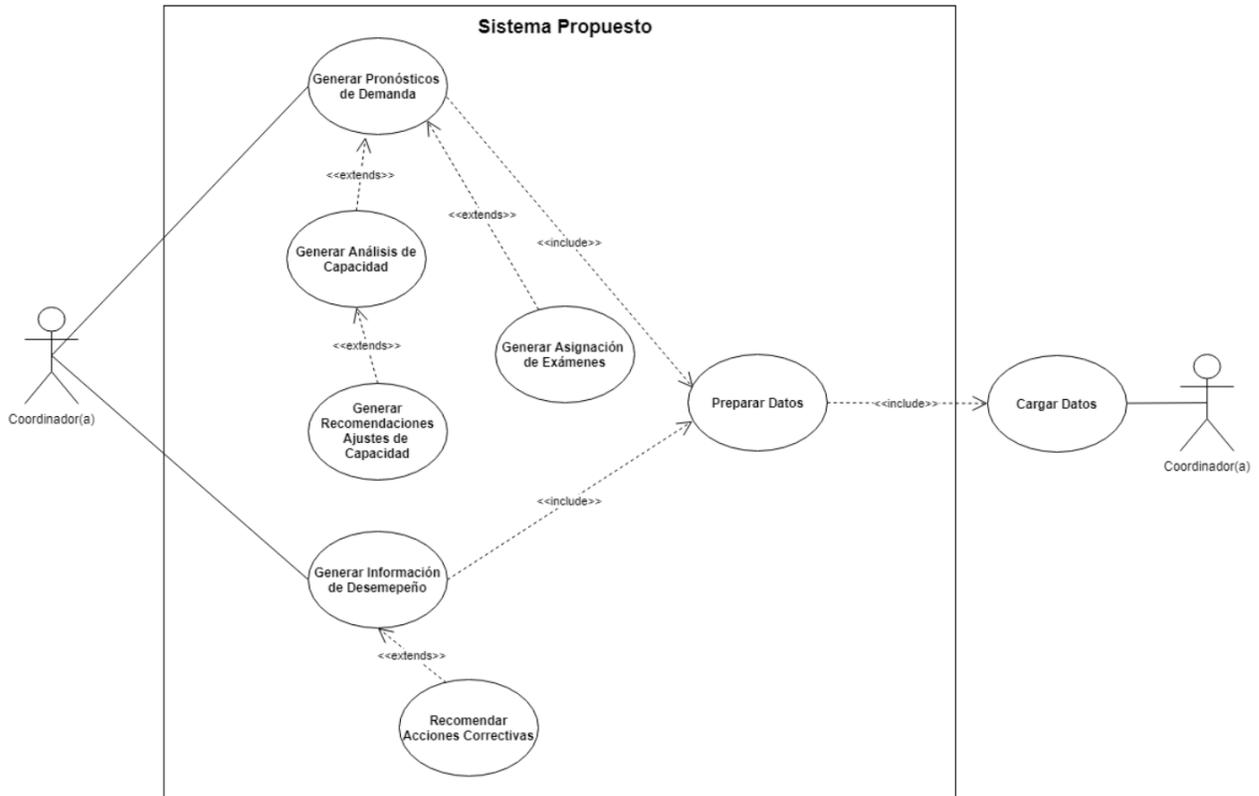


Ilustración 58: Casos de uso, sistema de apoyo tecnológico propuesto.

En las siguientes tablas se muestran en mayor detalle los casos de uso mostrados en la ilustración anterior.

Tabla 32: Caso de uso, cargar datos.

Caso de Uso	Cargar Datos
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Usuario debe haber ingresado a sistema PACS.
Escenario Principal	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Usuario debe haber descargado archivos (xlsx) asociada a exámenes e informes de sistema PACS. ▪ Usuario debe ubicar archivos “exámenes.xlsx” e “informes.xlsx” en carpeta “data original”.

Tabla 33: Caso de uso, preparar datos.

Caso de Uso	Preparar Datos
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Usuario debe haber realizado <u>Cargar Datos</u>.

Escenario Principal	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Usuario debe abrir archivo en “script.ipynb” ubicada en carpeta “scripts” con aplicación Jupyter Notebook. ▪ Usuario debe ejecutar “script.ipynb”.
----------------------------	---

Tabla 34: Caso de uso, gestión información desempeño.

Caso de Uso	Generar Información de Desempeño³⁴
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Usuario debe haber ejecutado <u>Preparar Datos</u>.
Escenario Principal	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El sistema despliega visualización de variables y métricas relevantes. ▪ El sistema despliega filtros de selección de variables y métricas relevantes. ▪ Usuario puede seleccionar valores de filtros que estime conveniente.

Tabla 35: Caso de uso, recomendar acciones correctivas.

Caso de Uso	Recomendar Acciones Correctivas
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Usuario debe haber realizado <u>Generar Información de Desempeño</u>.
Escenario Principal	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema debe recomendar acciones correctivas en base a filtros seleccionados.

Tabla 36: Caso de uso, generar pronósticos de demanda.

Caso de Uso	Generar Pronósticos de Demanda
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Usuario debe haber realizado <u>Preparar Datos</u>.
Escenario Principal	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema debe ajustar parámetros de modelos candidatos. ▪ Sistema debe ejecutar modelos de pronóstico. ▪ Sistema debe evaluar mejor modelo de pronóstico. ▪ Sistema deben entregar pronóstico de demanda.

Tabla 37: Caso de uso, generar análisis de capacidad.

Caso de Uso	Generar Análisis de Capacidad
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Usuario debe haber realizado <u>Generar Pronósticos de Demanda</u>.
Escenario Principal	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema ejecuta reglas de negocio para análisis de capacidad. ▪ Sistema genera escenarios de relación demanda capacidad, basados en parámetros entregados por usuario.

Tabla 38: Caso de uso, generar recomendaciones de ajustes de capacidad.

Caso de Uso	Generar Recomendaciones de Ajuste de Capacidad
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Usuario debe haber realizado <u>Generar Análisis de Capacidad</u>.
Escenario Principal	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema debe generar recomendaciones para ajustes de capacidad.

³⁴ Este caso de uso está ligado a la actividad de monitoreo y control de la producción de exámenes e informes.

Tabla 39: Caso de uso, recomendar asignación de exámenes a especialistas.

Caso de Uso	Recomendar Asignación de Exámenes a Especialistas
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Usuario debe haber ejecutado Generar <u>Pronósticos de Demanda</u>.
Escenario Principal	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema ejecutan reglas de negocio para realizar asignaciones de exámenes a especialistas. ▪ Usuario debe poder evaluar pronósticos realizados. ▪ Sistema debe guardar recomendaciones de ajuste realizados.

Todos los casos de uso mostrados (salvo el de recomendar asignación de exámenes a especialistas) se aplican tanto a la toma como interpretación de imágenes, con los consiguientes cambios en las lógicas ejecutadas.

6.3.1 Diagrama de datos

Como se explicó en la sección correspondiente a la lógica de negocios, se construyó un modelo de datos que soportará las lógicas desarrolladas, siendo la respectiva componente de datos del DSS. En la siguiente ilustración se muestra el modelo de datos construido.

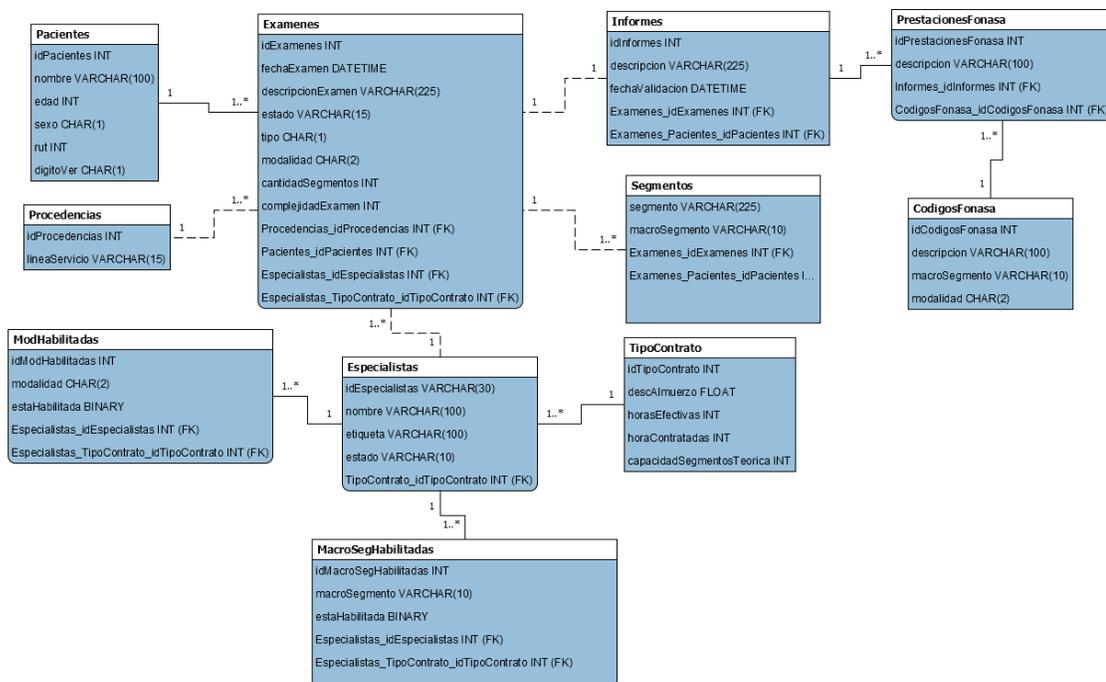


Ilustración 59: Diagrama E-R, componente de datos DSS.

6.3.2 Diagrama de despliegue

A continuación, se mostrará el diagrama de despliegue de la herramienta realizada, en dicho diagrama se muestran las distintas interacciones entre las diversas componentes de dicha herramienta.

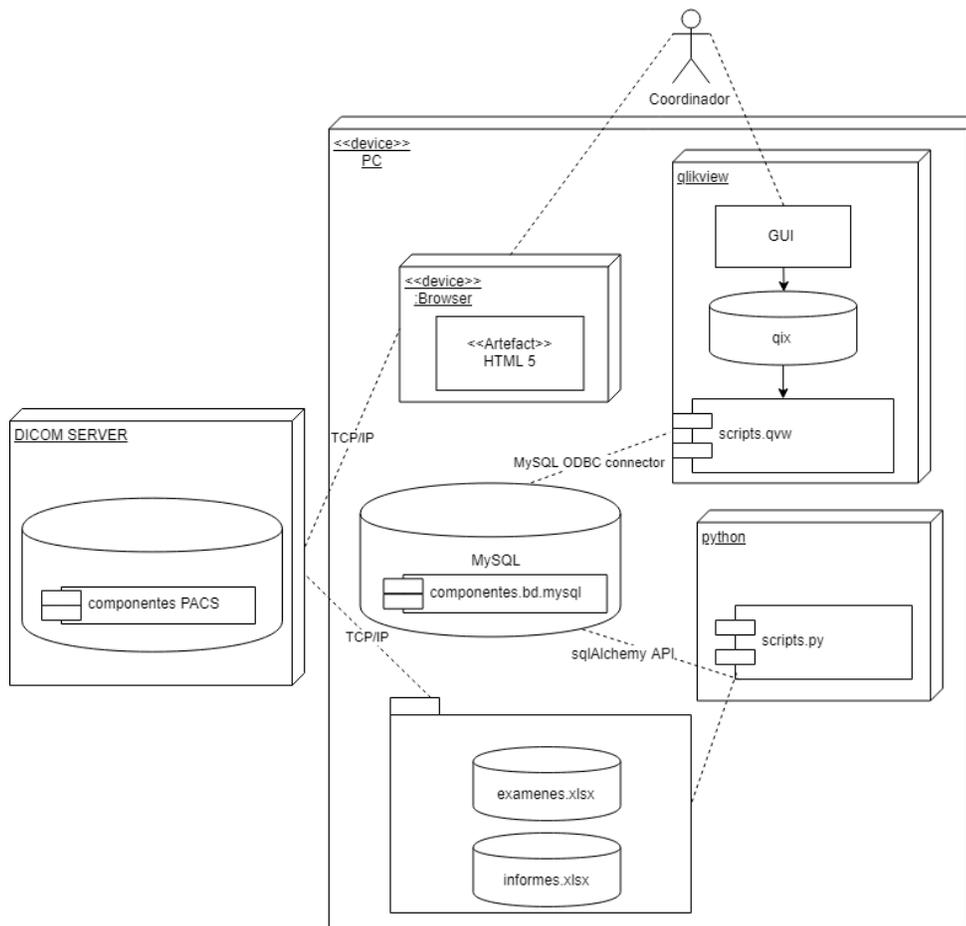


Ilustración 60: Diagrama de despliegue.

Se hará uso del sistema de carpetas de la estación a intervenir, donde el(la) coordinador(a) almacenará la información extraída desde el sistema de gestión de la información que manejan (PACS).

6.3.3 Prototipo desarrollado

En la presente sección se expondrán algunas de las vistas de la herramienta de apoyo desarrollada.



Ilustración 61: Menú principal del sistema de apoyo tecnológico propuesto.

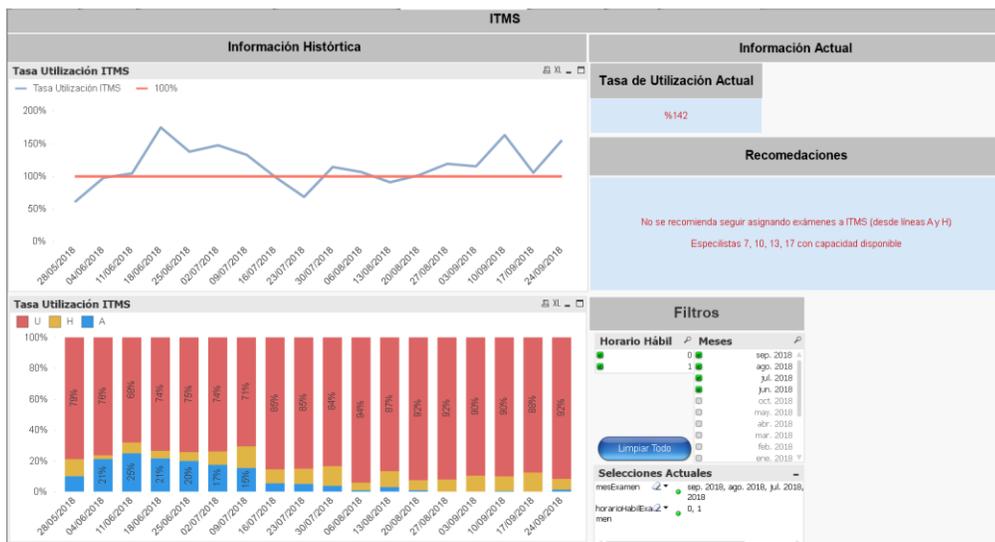


Ilustración 62: Vista de métricas ITMS.

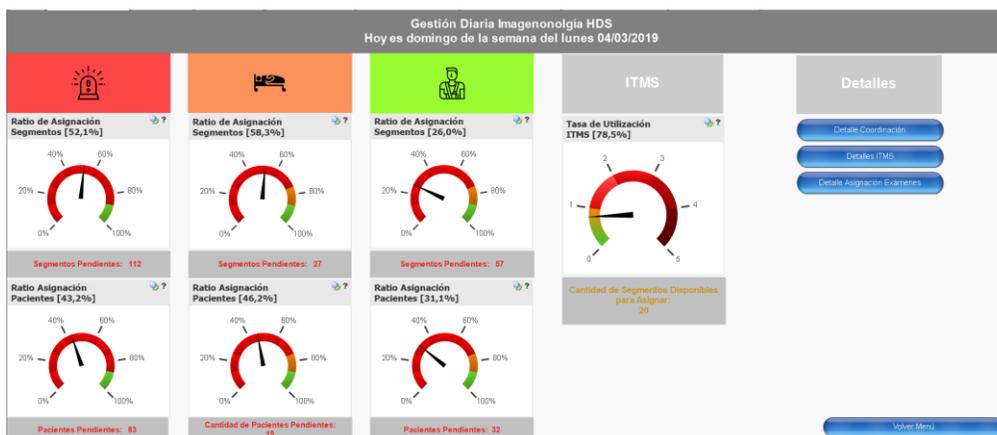


Ilustración 63: Métricas relevantes, producción de exámenes e informes.

tipo	etiqueta	rutPaciente	fechaExamen	Asignar
A	RADIOLOGO(A) 13	7202477	2018-09-16 11:39:00	Asignar
A	RADIOLOGO(A) 13	18246083	2018-09-16 10:04:00	Asignar
A	RADIOLOGO(A) 10	4595089	2018-09-16 09:31:00	Asignar
A	RADIOLOGO(A) 10	24282104	2018-09-16 09:24:00	Asignar
A	RADIOLOGO(A) 13	6258256	2018-09-15 10:52:00	Asignar
A	RADIOLOGO(A) 10	5498243	2018-09-15 10:10:00	Asignar
A	RADIOLOGO(A) 13	9619148	2018-09-15 09:54:00	Asignar
A	RADIOLOGO(A) 10	9529782	2018-09-15 09:44:00	Asignar
A	RADIOLOGO(A) 10	5433909	2018-09-15 09:31:00	Asignar
A	RADIOLOGO(A) 10	11550703	2018-09-14 14:02:00	Asignar
A	RADIOLOGO(A) 10	9617415	2018-09-14 08:10:00	Asignar
A	RADIOLOGO(A) 10	9161263	2018-09-13 10:35:00	Asignar
A	RADIOLOGO(A) 13	5783710	2018-09-13 10:13:00	Asignar
A	RADIOLOGO(A) 10	15443070	2018-09-13 10:05:00	Asignar
A	RADIOLOGO(A) 10	9166813	2018-09-11 09:35:00	Asignar
A	RADIOLOGO(A) 13	3158777	2018-09-11 08:26:00	Asignar
A	RADIOLOGO(A) 22	6457865	2018-09-11 08:03:00	Asignar

Ilustración 64: Recomendaciones de asignación de exámenes.

CAPÍTULO 7: GESTION DEL CAMBIO

7.1 Contexto de Hospital del Salvador

El HDS es uno de los hospitales públicos más grandes y complejos del país, por lo que cual presenta varias de las problemáticas asociadas al sistema público de salud, lo cual obviamente incluye a su unidad de imagenología. Algunas de estas son abordadas por el proyecto, siendo la más relevante, la alta demanda de recursos en un contexto de uso ineficiente de estos.

Asociada a las instituciones de salud y en especial las instituciones públicas se debe tener en consideración una estructura bastante jerarquizada y rígida con respecto al cambio en líneas generales. Para generar una mayor complejidad, también se debe considerar que la infraestructura tecnológica del hospital no es la ideal (lo anterior es particularmente cierto para la unidad de imagenología, la cual está prácticamente aislada del hospital, lo que dificulta una integración entre dicha área y el mismo hospital), además de la consolidación de la información de la unidad durante todo su proceso productiva.

7.2 Observación de la Implementación por Realizar

La implementación que se propone tiene asociado un cambio de paradigma en la unidad, pasando desde uno basado netamente en la experiencia hacia uno nuevo que incorpore información cuantitativa en la toma de decisiones. Lo anterior se complejiza si se considera el protocolo de implementación de proyectos de rediseño como el propuesto, lo cual implica la interacción con variadas autoridades del hospital.

Si bien es compleja la implementación de una propuesta de rediseño como la concebida en la presente tesis, cabe destacar la buena disposición por parte de la unidad de imagenología, debido en parte a un entendimiento y reconociendo las problemáticas que la unidad presentaba y eran abordadas por el proyecto.

7.3 Análisis de los Principios de Diseño

Los principios que serán analizados en los siguientes segmentos se basan en el Modelo Integral de Liderazgo y Gestión del Cambio (Olgún , Soto, & Crawford, 2016). Este modelo incorpora al análisis diferentes dominios en la realización de un plan de gestión del cambio. Dichos dominios serán analizados en lo que sigue.

7.3.1 Liderazgo y Gestión

El proyecto de tesis fue liderado por un equipo conformado dos investigadores pertenecientes al ISCI³⁵, sumado al coordinador y el jefe de la unidad de imagenología y por último, al autor de la presente tesis Francisco Arriola Gómez, quien realizó de forma íntegra la propuesta de rediseño presentada anteriormente. A continuación, se muestra una tabla que resumen los liderazgos mencionados con sus respectivos roles en el proyecto.

³⁵ Instituto de Sistemas Complejos de Ingeniería, Universidad de Chile.

Tabla 40: Liderazgos proyecto.

Nombre	Rol
Eduardo Álvarez Miranda	Investigador ISCI, encargado de proyecto
Alejandra Puente Chandia	Coordinadora de proyectos ISCI
Arturo Cisternas Gallardo	Coordinador de unidad de imagenología HDS
Sergio Hott Armando	Jefe de unidad de imagenología HDS
Francisco Arriola Gómez	Tesista de Magíster en Ingeniería de Negocios

7.3.2 Estrategia y Sentido

Dado el reconocimiento que existe en la unidad de imagenología respecto las problemáticas que poseen, en particular de la oportunidad de mejora propuesta por el proyecto, la estrategia del proceso de cambio se basó en resaltar los aspectos positivos del proyecto a implementar, en cuanto a que este generaría una disminución de las cargas de trabajo no clínico. Además de ser un complemento a la experiencia de las personas con conocimiento experto afectadas por el proyecto, lo cual las ayudaría en su toma de decisiones.

7.3.3 Cambio y Conservación

A continuación, se mencionarán los espacios de cambio y conservación que generaría el proyecto de cambio, rescatando así los aspectos positivos realizados por la unidad que no cambiarían.

7.3.3.1 Espacio de Conservación

Es relevante mencionar que la asignación de exámenes a un especialista solo define que exámenes este debería revisar, no haciendo referencia al orden ni a la prioridad de revisión, dado que lo anterior corresponde a un asunto estrictamente clínico y se considera que los especialistas son las personas más calificadas para determinar los aspectos.

7.3.3.2 Espacio de Cambio

En función del objetivo del proyecto, el gran espacio de cambio se relaciona a la incorporación de nuevas tecnologías que permitan hacer que los procesos planificación y control de exámenes e informes sean más eficientes.

Otro cambio relevante tiene relación con que la toma de decisiones ya no se realice con criterios puramente personales, para ello se ve gran disposición dado que la realización de la toma de decisiones de la forma mencionada se debía en parte a la imposibilidad de hacerlo de otra forma (sobre todo a nivel operacional).

Finalmente, se busca con el proyecto que la unidad tome conciencia de la importancia en la calidad de información puesto que luego del proyecto se verían los frutos que ello significa.

7.3.4 Organización y Estructura

Las principales entidades involucradas en el proyecto son; el Hospital del Salvador que es donde se está realizando el proyecto, el ISCI en cuanto a que fue el patrocinador del proyecto y el magister a la cual pertenece el autor del presente documento dado que este tiene un rol de validador y guía respecto de todo el trabajo realizado.

Con respecto los principales actores involucrados se consideran a los siguientes.

- *Jefe de Unidad de Imagenología HDS*
- *Jefe Unidades de Apoyo Diagnóstico y Terapéutico HDS*
- *Coordinador Unidad de Imagenología HDS*
- *Jefa de Informática HDS*
- *Subdirector Administrativo HDS*

7.3.5 Gestión Emocional

El aspecto más relevante desde la gestión emocional tiene relación con los especialistas, específicamente desde el mayor control que se generara sobre su trabajo, lo cual puede ser mal interpretado como una interferencia hacia un asunto estrictamente clínico y por ende de su exclusiva responsabilidad. Para evitar lo mencionado anteriormente, se debe dejar en claro a los especialistas que el proyecto no interfiere en asuntos clínicos y que busca ser un complemento que los ayude a justifica de mejor forma el trabajo que realizan.

7.3.6 Comunicaciones

Las conversaciones con los actores del departamento de imagenología del HDS y de otros hospitales permitieron generar diversas perspectivas que permitieron enriquecer el desarrollo del proyecto, no obstante, desde la unidad del HDS también surgieron ciertas preocupaciones que fueron abordadas.

7.3.7 Desarrollo de Habilidades

En cuanto a las habilidades para llevar a cabo el proceso de cambio, la más importante tiene relación con el análisis de información cuantitativa para la toma de decisiones, dado que antes no existía dicha información para la toma de decisiones en el departamento de imagenología. Para abordar lo anterior de la mejor forma posible, se consideran capacitaciones tanto al jefe como coordinador del departamento de imagenología, así como la entrega de trípticos al equipo encargado de la toma de exámenes.

7.3.8 Gestión de Poder

Existen cinco fuentes de poder relevantes dentro del proyecto, las cuales se detallan a continuación.

- *Coordinador unidad:* Posee un poder local fuertemente vinculado al personal que toma los exámenes, además de autoridad en temas operativos de la unidad.
- *Jefe imagenología:* También posee un poder local, no obstante, sirve como validador del trabajo realizado frente a autoridades del hospital que no están en la unidad.
- *Jefe de servicios de apoyo diagnósticos y terapéuticos* Es un validador más potente que el actor mencionado anteriormente, dado que posee más poder ya que vela por todos los servicios de apoyo del hospital.
- *Subdirector Administrativo:* Es determinante para que se apruebe el proyecto y este pueda quedar implementado en la unidad de imagenología.
- *Subdirector Médico:* El poder simbólico de este actor es bastante amplio, al punto de superar el poder derivado del cargo del actor mencionado anteriormente, dado que representa un punto de vista clínico.

7.3.9 Evaluación y Cierre

Se consideraron dos procesos de cierre, uno en el hospital y otro con el ISCI, dado que ambos fueron partes interesadas en el proyecto con parámetros distintos de evaluación dado la diferencia natural que poseen estas instituciones.

7.4 Factores Críticos del Éxito

Los factores críticos para el éxito del proyecto se detallan a continuación.

- *Apoyo a nivel estratégico de cargos directivos y jefaturas del HDS:* Donde se busca alinear los objetivos de la institución con la realidad de imagenología en conjunto con dar cuenta de los beneficios que trae consigo la incorporación del análisis cuantitativo en la toma de decisiones.
- *Relación directa con la unidad de Imagenología:* Debido a que son la unidad afectada por el rediseño, interesada en este y testigo de las bondades de este frente a los actores relevantes fuera de la unidad.
- *Constante comunicación con coordinador y especialistas de Imagenología:* Debido a que son parte esencial de la unidad en la cual se realizará el proyecto y deben comprender los beneficios que este, para lograr así el éxito del proyecto.

7.5 Plan de Gestión del Cambio

Las principales acciones por realizar para la gestión del cambio son las siguientes:

- *Reuniones a nivel de subdirección y jefaturas fuera de Imagenología:* Las cuales tienen como fin explicar los alineamientos entre los objetivos del hospital y los beneficios del proyecto propuesto.

- *Reuniones a nivel de jefatura y coordinación en Imagenología:* Las cuales tienen como fin explicar los beneficios del proyecto propuesto y como estos se alinean con los objetivos definidos por la propia unidad.
- *Reuniones de comunicación y retroalimentación Imagenología:* Con principales actores afectados de forma directa por el proyecto de rediseño, con el fin de generar las confianzas necesarias con dichos actores acerca de la calidad del trabajo realizado.
- *Muestra de pilotos de implementación final a Coordinador Imagenología:* Para la validación de las lógicas utilizadas y la mejora de estas de ser necesario.

CAPÍTULO 8: EVALUACIÓN DEL PROYECTO

En la presente sección se dará cuenta de la evaluación económica del proyecto, desde un enfoque retrospectivo y un enfoque de evaluación privada.

8.1 Análisis Retrospectivo

Se considerarán para el análisis retrospectivo datos correspondientes al periodo comprendido entre enero y octubre del año 2018, además de los siguientes supuestos que se muestran a continuación.

- El aumento en el resultado económico del proyecto proviene de la mejor utilización de recursos del hospital. Dicha eficiencia provendría de la mejora en la toma de decisiones ligadas a la asignación de exámenes a radiólogos(as) y del control de la producción de estos y de la producción de informes por parte de los especialistas.

En última instancia, el aumento de la eficiencia (o el uso adecuado de esta) en la utilización de un recurso crítico como lo son los especialistas, tendrá un impacto que se traducirá en un ahorro de costos para el hospital.

- La evaluación que se realizará será una evaluación privada que considera como agente al Hospital del Salvador, lo anterior se sustenta en lo complejo que es la cuantificación de los beneficios y costos para los otros agentes relevantes (por ejemplo, pacientes) que se incorporarían a la evaluación si se realizara una evaluación social.
- La demanda por exámenes hacia la unidad de imagenología no sufrirá cambios con la realización del proyecto, esto se sustenta en que el equipo de scanner ya se encuentra saturado y el proyecto interviene directamente la producción de informes, lo cual vendría siendo una segunda etapa luego de la producción de exámenes.
- En cuanto a la situación base optimizada que se debería tener presente para poder realizar el flujo de caja, esta no se considerará, debido a que el proyecto toma en cuenta un cambio de paradigma relevante ya que previo a este todas las decisiones relacionadas a la asignación y control de exámenes e informes se tomaban en base a criterios cualitativos, dichas decisiones se quieren complementar con información cuantitativa, por lo mencionado anteriormente, cualquier mejora de inversión mínima que se quiera realizar es compleja, lo cual se vuelve aún más difícil si considera la baja inversión que requiere el proyecto.

8.2 Definición de Beneficios y Costos

8.2.1 Beneficios Relevantes

A continuación, se identificarán y describirán los beneficios tangibles e intangibles asociados al proyecto.

8.2.1.1 Beneficios Tangibles

Los beneficios tangibles que se consideran para el proyecto son los siguientes.

- *Beneficio por reducción en estancia media:* Una adecuada utilización de los especialistas, además de un control en los tiempos de respuesta de los reportes, puede tener un impacto a la baja en estos, lo que a su vez tiene un impacto en todo el flujo clínico del paciente, debido a la importancia de los informes de la unidad como insumo de dicho flujo clínico.
- *Beneficio por ahorro en costos:* Derivados de una mejor utilización del recurso especialistas.

8.2.1.2 Beneficios Intangibles

Los beneficios intangibles que se consideran para el proyecto son los siguientes.

- *Beneficio en el flujo clínico:* Es conocido que un uso eficiente de la unidad de imagenología puede generar impactos en el flujo clínico de los pacientes, en cuanto a que los informes de la unidad son un recurso valioso para dicho flujo.

El beneficio que se considerará para el proyecto está asociado al ahorro de costos relacionado a la mejor utilización de recursos críticos, el otro beneficio tangible asociado a la estancia media no se tendrá en consideración debido a que la trazabilidad asociada a los pacientes en el hospital es muy precaria (no se cuenta con un registro clínico electrónico implementado) lo cual hace bastante difícil poder estimar el beneficio. Tampoco se considerará el beneficio intangible identificado debido a que por naturaleza su cuantificación es extremadamente compleja.

8.2.2 Costos Relevantes

A continuación, se identificarán y describirán los costos tangibles e intangibles asociados al proyecto, cabe mencionar que por costos se entienden los gastos asociados al proyecto durante su operación.

8.2.2.1 Costos Tangibles

El costo tangible que se identificó fue el siguiente.

- *Mantenimiento de software:* Se considera una cantidad de horas de personal de la unidad de informática del hospital, que permitan realizar una mantención del software que quedará operativo de la unidad de imagenología del hospital.

8.2.2.2 Costos Intangibles

El costo intangible que se identificó fue el siguiente.

- *Resistencia al cambio:* El sector salud es bastante complejo por múltiples razones, entre las que destaca la resistencia al cambio frente a proyectos como el que se busca implementar en la unidad.

Solo se considerará el costo tangible asociado, dado la dificultad en la cuantificación del costo intangible descrito.

8.2.2.3 Inversión

A continuación, se identificarán los elementos asociados a la inversión, los cuales son los gastos que han de realizarse antes de la implementación del proyecto, para posteriormente añadir la cuantificación de los beneficios y costos relevantes identificados anteriormente.

La principal componente de la inversión tiene relación con la componente de recursos humanos asociada al proyecto, la cual se describe a continuación.

Tabla 41: Componentes de Inversión.

Concepto	Sueldo Mensual	Horas Destinadas Proyecto	Costo Total
Coordinador Imagenología	\$1.200.000	72	\$480.000
Jefe Unidad Imagenología	\$2.000.000	36	\$400.000
Capacitaciones - Coordinador	\$1.200.000	16	\$106.667
Capacitaciones - Jefe Unidad	\$2.000.000	16	\$177.778
Ingeniero de Negocios	\$360.000	1260	\$1.440.000
		Total	\$2.604.444

El proyecto tiene considerada una duración de seis meses de desarrollo y un mes de pruebas piloto.³⁶ En cuanto a los ítems asociados a el coordinador y jefe de la unidad, dan cuenta de las horas que estas personas invirtieron en el proyecto (tres horas y una hora y media semanales durante la fase de desarrollo por parte del coordinador y jefe respectivamente), durante las cuales se tuvo conocimiento de los procesos productivos seguidos en imagenología, el lenguaje técnico propio del campo radiológico y uno de los aspectos más relevantes, el cual tiene relación con la ayuda brindada para poder realizar una formalización de algunos criterios de decisión realizados en la asignación de exámenes a especialistas y en otros ámbitos relacionados a la producción de los exámenes e informes en la unidad de imagenología. Los sueldos mensuales considerados para el coordinador (tecnólogo médico mención imagenología) y el jefe de servicio (médico radiólogo) fueron consultados a dichos especialistas.

Para la fase de piloto, se consideran capacitaciones a los principales actores involucrados en el proyecto, los cuales son el coordinador y jefe de la unidad, se consideraron cuatro horas semanales durante el mes que dura la fase piloto del proyecto.

Finalmente, para el desarrollo del proyecto en su conjunto se consideró un ingeniero de negocios para los siete meses durante los cuales se desarrolló el proyecto.

No se considera inversión en infraestructura tecnológica, dado que se aprovechará la capacidad ociosa de la infraestructura tecnológica existente en el hospital, en cuanto a elementos de software cabe mencionar que solo se utilizaran software de licencia gratuita para el desarrollo del proyecto.

En cuanto a los costos del proyecto, se muestra la estructura de estos a continuación.

³⁶ Dichas pruebas se han realizado durante el presente mes, con un prototipo que dejaba fuera bastantes aspectos de la implementación final, razón por la cual se consideró un análisis retrospectivo

Tabla 42: Estructura Costos.

Concepto	Sueldo Mensual	Horas Destinadas Proyecto	Costo Total
Mantenición - Profesional TI	\$1.200.000	96	\$640.000

Cabe mencionar que los costos mostrados anteriormente son anuales y consideran dos horas a la semana.

En cuanto a la distribución que los costos tendrían a lo largo de los años sería la que se muestra a continuación, durante el primer año se considera el doble de tiempo disponibles para la mantención como una forma de representar la dificultad que podría existir al comienzo en la operación del proyecto, dado el cambio que este representaría para la unidad.

Tabla 43: Estructura de Costos en el Tiempo.

Concepto/Año	1	2	3
Costos Mantención	\$1.280.000	\$640.000	\$640.000

Uno de los objetivos del proyecto es la mejor utilización del recurso de especialista (la capacidad externa del servicio cuenta como un especialista más), por lo que el objetivo es lograr disminuir el exceso de exámenes asignados a ITMS a la mitad, lo anterior generaría un ahorro mensual de \$ 1.020.000, lo que anualmente generaría un ahorro de \$12.240.000. A continuación, se muestra la distribución que tendrían los beneficios mencionados en el periodo de evaluación del proyecto.

Concepto/Año	1	2	3
Ahorro por Costos	\$6.120.000	\$12.240.000	\$12.240.000

Tabla 44: Estructura de Beneficios en el Tiempo.

Durante el primer año se castigan los ahorros obtenidos por ahorro de costos en la mitad, como una forma de representar que el cambio no sería inmediato, debido al cambio de paradigma generado con el proyecto.

8.3 Flujo de Caja

En cuanto al periodo de evaluación, se consideró un horizonte de tres años debido a dos razones principales, la primera tiene relación con que el proyecto es uno tecnológico, y la segunda se relaciona a que en aproximadamente tres años se tiene considerada la evaluación y probable implementación del sistema RIS en la unidad.

En cuanto al financiamiento, este será costado en su totalidad por el ISCI (Instituto de Sistemas Complejos de Ingeniería), ya que bajo la tutela de este se está realizando el proyecto en el hospital, con lo cual no existe deuda en el financiamiento del proyecto.

Con respecto a los impuestos primera categoría, debido a que el Hospital del Salvador es un hospital público se encuentra exento de dicho impuesto.

En cuanto a la tasa de descuento, esta se calculó utilizando la metodología de CAPM.

$$E(R_i) = R_f + \beta_i * (E(R_m) - R_f)$$

Ilustración 65: Fórmula CAPM

Donde $E(R_i)$ representa la tasa de descuento para la empresa i que en este caso es el hospital, R_f es la rentabilidad libre de riesgo, que es calculada con la rentabilidad de instrumentos de largo plazo del Banco Central, $E(R_m)$ es la esperanza de la rentabilidad del mercado, calculada con la rentabilidad promedio del IPSA en un intervalo largo de tiempo y β_i es el coeficiente de riesgo sistemático para la organización i . Para este parámetro se calculó apalancando el beta de la industria, con la razón de deuda patrimonio del hospital. La fórmula utilizada fue:

$$\beta_{apalancado} = \beta_{desapalancado} * (1 + \frac{D}{P} * (1 - t))$$

Ilustración 66: Fórmula beta apalancado.

Reemplazando todo, se obtuvo lo siguiente³⁷.

$$\beta_{apalancado} = 0.88 * (1 + 0.5 * 1) = 1.32$$

Finalmente reemplazando $\beta_{apalancado}$ en la ecuación de CAPM se tiene lo siguiente.

$$E(R_{HDS}) = 2.45\% + 1.32(10.3\% - 2.45\%) = 12.81\%$$

Lo cual es una tasa de descuento del 12.81% anual real.

Finalmente, el flujo de caja del proyecto (utilizando la tasa anteriormente calculada) se muestra a continuación.

Tabla 45: Flujo de Caja del Proyecto.

Concepto/Año	0	1	2	3
(+) Ahorro costos ITMS		\$6,120,000	\$12,240,000	\$12,240,000
Total Ingresos		\$6,120,000	\$12,240,000	\$12,240,000
(-) Mantención de Software		-\$960,000	-\$480,000	-\$480,000
Total Costos Operacionales		\$1,280,000	\$640,000	\$640,000
Resultado Operacional		\$7,400,000	\$12,880,000	\$12,880,000
(-) Inversión	-\$2,604,444			
Flujo Proyecto	\$ -2.604.444	\$ 7.400.000	\$ 12.880.000	\$ 12.880.000
Flujo descontado	\$ -2.604.444	\$ 6.561.447	\$ 10.126.321	\$ 8.978.827

Los indicadores de rentabilidad se muestran en la siguiente tabla.

³⁷ El beta desapalancado se obtuvo de http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html.

Tabla 46: Indicadores de Rentabilidad del Proyecto.

VAN	\$ 23.062.151
TIR	327%

Ambos indicadores dan cuenta de que el proyecto es rentable.

8.4 Análisis de Sensibilidad

La variable más relevante para la viabilidad del proyecto, según lo mostrado anteriormente, tiene relación con el ahorro de costos dada la mejor utilización del recurso ITMS (trasladando el exceso de segmentos de este especialista a la capacidad ociosa de los especialistas de la unidad).

Tomando lo anterior en consideración, se muestra el siguiente análisis de sensibilidad en el que se hace variar el ahorro por costos en ITMS, cabe mencionar que la distribución de los ahorros se mantiene, esto es, que en el primer año se castiguen los ahorros a la mitad se mantiene y sobre la mencionada distribución se aplican los escenarios de sensibilidad (como ejemplo, en el caso de un escenario del 30% significa que todos los beneficios son multiplicados por un factor de 0.3).

Tabla 47: Escenarios Análisis de Sensibilidad.

VAN	TIR	Indicador Sensibilidad	Escenario
\$ 6.554.528	126%	30%	
\$ 11.270.991	188%	50%	Pesimista
\$ 17.166.571	259%	75%	
\$ 23.062.150	327%	100%	Esperado
\$ 28.957.730	392%	125%	
\$ 34.853.309	456%	150%	Optimista
\$ 40.748.888	519%	175%	

De la tabla anterior se pueden apreciar tres escenarios, siendo el esperado el mostrado en el flujo de caja anterior, además de lo mencionado se puede ver que dado lo costoso que es la sobreutilización de la capacidad externa de la unidad y la baja inversión que se debe realizar en el proyecto hacen que incluso un escenario pesimista sea rentable.

CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES

En la presente sección se entregarán las principales conclusiones del presente proyecto de tesis, considerando el trabajo realizado, los métodos utilizados y los desafíos futuros.

9.1 Trabajo Realizado

El departamento de imagenología del Hospital del Salvador es fundamental para una adecuada atención de salud que cumpla con los lineamientos estratégicos del hospital, sobre todo los relacionados a la brindar una atención de calidad, debido a que los informes radiológicos son un insumo clínico muy importante para una adecuada atención clínica de los(as) pacientes.

El proyecto fue especialmente complejo, lo anterior si se considera el avance tecnológico y envejecimiento de la población ha ido generando una tendencia al alza respecto de la demanda por servicios imagenológicos, tanto en Chile como en el resto del mundo. Además de las dificultades inherentes asociadas a los hospitales públicos, como lo son la rigidez frente al cambio y las carencias en cuanto a calidad de datos.

El fin del proyecto realizado se orientaba hacia una mejora en el control y la gestión de los recursos scanner y radiólogos(as) de la modalidad CT, la más relevante tanto cualitativa como cuantitativamente de la unidad de imagenología del HDS. Considerando el fin mencionado, se rediseñaron (y en algunos casos diseñaron) actividades ligadas a los dos macroprocesos relacionados a los recursos críticos de scanner y especialistas, los cuales eran la toma de imágenes e interpretación de imágenes respectivamente. Con un foco puesto en los pronósticos de demanda, gestión de capacidad y monitoreo y control asociados a los macroprocesos mencionados. Finalmente se diseñó una herramienta de apoyo basada en tecnologías de información que dio un soporte a los rediseños (y diseños de procesos) realizados.

Los objetivos específicos definidos para poder cumplir con el fin último del proyecto (objetivo general), se cumplieron (fueron descritos de forma general en el párrafo anterior).

Considerando el contexto de salud pública donde se trabajó, se consideró un plan de gestión del cambio para ayudar a la implementación del proyecto. Finalmente se generó una justificación económica del mismo, basada en los beneficios por virtuales ahorros de costos que brindaría el proyecto.

9.2 Métodos Utilizados

Esta sección engloba los análisis relacionados a todas las metodologías utilizadas para el desarrollo del proyecto de tesis.

La metodología base para el desarrollo del proyecto fue la ingeniería de negocios, la cual fue de gran utilidad, pues permitió la detección el área donde desarrollar el proyecto, además de los procesos relevantes a intervenir de dicha área y un marco referencial de cómo intervenir dichos procesos, todo lo anterior se justificó estratégicamente en una primera instancia y cuantitativamente en una segunda instancia.

Considerando la problemática detectada, la gestión basada en conocimiento fue fundamental, pues se descubrió que una de las causas de la problemática era precisamente una deficiente gestión del conocimiento, sumada a una mala formalización de este y reglas de negocio poco o directamente no claras. Considerando lo anterior, se formalizó el conocimiento y se definieron reglas de negocio que permitieron dar una primera solución a la problemática detectada.

En cuanto a las lógicas relacionadas a los pronósticos de demanda y los análisis de capacidad, tanto para la toma como interpretación de imágenes, estas permitieron la detección de variados “insights” relevantes para la unidad, los cuales se mencionan a continuación.

- Deficiente desempeño en general de los(as) radiólogos(as) de la unidad, salvo contadas excepciones. Lo anterior tanto para la dimensión de carga de trabajo (cantidad de segmentos revisados) y tiempos de reporte.
- Al punto anterior se suma una sobreutilización de la capacidad de interpretación de imágenes contratada en ITMS
- Carencia estructural de la unidad en cuanto a la capacidad de resolución de segmentos pertenecientes al macrosegmento neuro.
- Falta de capacidad de la unidad para atender de forma adecuada la demanda proveniente de la atención ambulatoria, lo anterior se da tanto en la toma como interpretación de imágenes.
- Preocupante nivel de pacientes sin informe en la línea de atención de hospitalizados.

En cuanto a los pronósticos de demanda tanto para la toma como para la interpretación de imágenes, se obtuvieron ajustes aceptables, a pesar de la simplicidad de los modelos utilizados, lo cual da un espacio de mejora interesante.

La gestión del cambio para gran parte de los proyectos representa una porción importante para su éxito. Es por lo anterior que se consideró al personal que se vería impactado directamente impactado por el proyecto, así como también se tomó en cuenta al personal que utilizaría la herramienta de apoyo generada. Se generó también una narrativa que logró seducir a los actores relevantes del proyecto, lo anterior principalmente se dio dentro de la unidad de imagenología.

9.3 Desafíos Futuros

Si bien el objetivo general y los objetivos específicos del proyecto se cumplieron, ello no quita que queden espacios de mejora para poder llevar a cabo en un futuro.

Hay diversas consideraciones que se utilizaron para elaborar tanto los métodos predictivos de demanda en la atención. En cuanto a los métodos de pronóstico, los relacionados a las líneas de urgencia y de hospitalizados. Además del espacio natural relativo a la utilización de otros modelos para realizar los pronósticos, como los relacionados a minería de datos (específicamente técnicas de aprendizaje supervisado), además de que esos nuevos modelos pudieran incorporar componentes causales (las cuales explícitamente fuera en las técnicas utilizadas para el presente trabajo), los cuales generarían un mejor entendimiento de la demanda (ya sea en la actividad de toma o de interpretación de imágenes). En cuanto a los análisis de capacidad, se realizaron bastantes

supuestos también, sobre todo ligados a las capacidades estándar, tanto del equipo de scanner como de los(as) radiólogos(as).

Un futuro desafío sería abordar de forma integral los supuestos realizados en el presente trabajo como parte integral de un virtual modelo, especialmente los relacionados a los análisis de capacidad. Para poder realizar esto último, sería ideal contar con una estructura de datos mayor a la actual, específicamente poder contar con las siguientes variables (basado en el trabajo de (Hofman , 2014)).

- *Fecha solicitud examen:* Esta en conjunto con la fecha del examen y la fecha de validación, permiten dar una trazabilidad completa de los exámenes.
- *Hora de toma/salida de examen:* Dichas variables permiten calcular cuanto tarda cada examen en ser realizado, lo cual genera una distribución más adecuada para determinar la utilización real del scanner.
- *Pacientes no presentes:* Da cuenta de que pacientes no se presentaron a su correspondiente examen, cabe mencionar que lo anterior puede suceder tanto en las líneas de atención ambulatoria como de hospitalizados, aunque con mayor frecuencia en la primera.
- *Fecha de asignación de segmento a especialistas:* Permite calcular el tiempo que tarda un especialista en revisar algún segmento, lo cual permite calcular de mejor forma la utilización real de este.

No se sugiere complejizar la lógica de asignación de exámenes a especialistas, utilizado métodos de optimización ligados programación lineal o “job scheduling”, dado que los tiempos de reporte y las tasas de utilización particularmente bajos (en general) de la unidad son un problema local del hospital, e incluso podría ser extensible a los hospitales públicos, no obstante, donde se ha dado solución a la problemática, con tasas de utilización aceptables y tiempos de reporte que no superan el día para ninguna de las líneas de servicio han sido mediante el adecuado monitoreo, control y planificación de las actividades de la unidad, apoyados por una buena consolidación de datos.

En cuanto a la implementación de algún proyecto en el futuro, se debe considerar el siguiente círculo vicioso que se daba en la unidad y en el hospital en general, el cual si bien el proyecto intento ayudar a solucionar (a nivel de la unidad), aún está presente de cierta forma, el cual comienza con problemáticas en la infraestructura tecnológica y en la calidad de los datos, para posteriormente, debido a una falta de análisis de la demanda de la unidad y la capacidad de esta para atender dicha demanda (problemática a la que el presente proyecto busco ayudar a solucionar), se genera una percepción de sobrecarga por parte del personal de imagenología en todas sus áreas, lo que si bien es correcto de cierta forma, es subjetivo y percibido solo por el personal de la unidad y no por otros actores del hospital que tienen el poder de realizar cambios importantes en la unidad y aún menos por personal externo al hospital, que tiene el poder de autorizar los fondos para factibilizar los cambios profundos en la unidad.

CAPÍTULO 10: BIBLIOGRAFÍA

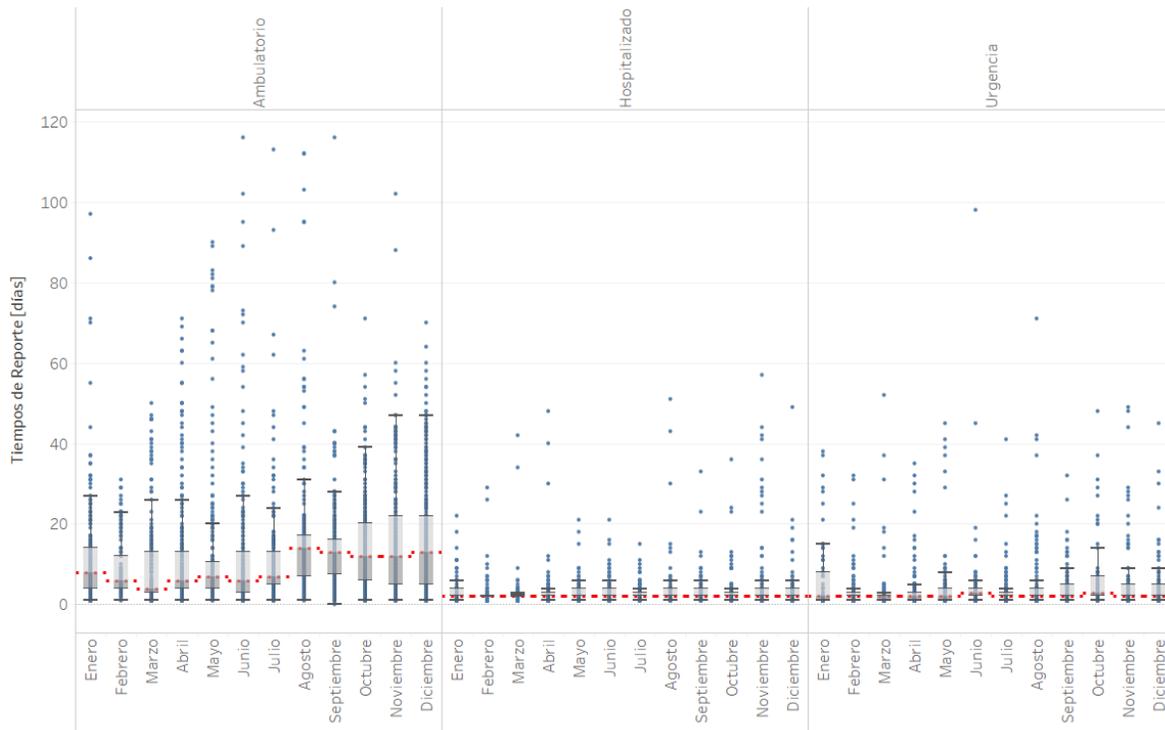
- Akerkar , R., & Sajja, P. (2010). *Knowledge-Based Systems* .
- Barros Vera , O. (1996). *Reingeniería de Procesos de Trabajo*. Santiago : DOLMEN EDICIONES
- Barros Vera , O. (2000). *Rediseño de Procesos de Negocios Mediante el Uso de Patrones*. Santiago : Dolmen.
- Barros Vera , O. (2010). *Ingeniería de Negocios, Diseño Integrado de Servicios, sus Procesos y Aplicaciones TI*. Santiago.
- Barros Vera , O. (2013). *Business Engineering and Service Design with Applications for Health Care Institutions* . New York : Business Expert Press.
- Bitran , G., & Mondschein, S. (1997). Managing the Tug-of-War Between Supply and Demand in Service Industries. *European Management Journal*, 5(5), 523-536.
- Bozdogan, H. (1987). Model selection and Akaike's Information Criterion (AIC): The general theory and its analytical extensions. *Psychometrika*, 52(3), 345-370.
- Brockwell, P. J., & Davis, R. A. (2002). *Introduction to Time Series and Forecasting* (Second ed.). Springer.
- Cheung, Y. W., & Lai, K. S. (1995). Lag order and critical values of the augmented Dickey–Fuller test. *Journal of Business & Economic Statistics*, XIII(3), 277-280.
- Choplin , R. (1992). "Picture archiving and communication systems: an overview. *RadioGraphics*}, 127-129.
- Cid Pedraza, C. (Octubre de 2013). *Problemas y Desafíos para un Financiamiento Solidario de la Salud* . Obtenido de <http://www.epes.cl/wp/wp-content/uploads/Presentaci%C3%B3n-Camilo-Cid-Pedraza.pdf>
- Colaboración Técnica Banco Mundial - Gobierno de Chile. (2010). Estudio de brechas de Oferta y Demanda de Médicos Especialistas en Chile. *Series de Cuadernos de Redes*(31).
- DIGERA . (2015). *Mapa de Procesos de Atención de Salud* . Santiago.
- DIGERA . (2018). *INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN ESTABLECIMIENTOS AUTOGESTIONADOS EN RED*.
- European Society of Radiology 2009. (2010). The future role of radiology in healthcare. *Insights into Imaging*.
- FILIP , F.-C. (s.f.). Theoretical Research on the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). *Recent Advances in Manufacturing Engineering* .
- Gattini , C. (Agosto de 2015). *Observatorio Chileno de Salud Pública (OCHISAP)*. Obtenido de Servicio de Salud Metropolitano Oriente : <http://www.ochisap.cl/images/SS/12%20SS%20Metropolitano%20Oriente.pdf>
- Genesis, Consulting & Capital. (2013). *Plan Estratégico 2013 - 2017*. Santiago.
- Gutiérrez Loyola, S. (2013). *MONITORÉO Y GESTIÓN DE PACIENTES EN LA ATENCIÓN DE URGENCIA EN EL HOSPITAL EXEQUIEL GONZÁLEZ CORTÉS*. Santiago.
- Hand , D., Mannila , H., & Smyth, P. (2001). *Principles of Data Mining* .
- Hand, D., Heikki , M., & Smyth, P. (2001). *Principles of Data Mining* (Primera ed.). APERBACKSHOP UK IMPORT.
- Hax, A. (2010). *El modelo Delta* .
- Hofman , L. (2014). *Capacity management at the radiology department of Isala*.
- Hospital del Salvador . (2008). *Cuenta Pública Participativa* . Santiago.
- Hospital Del Salvador . (2017). *Cuenta Pública Participativa Hospital Del Salvador*. Santiago.
- Hospital del Salvador . (2017). *Estadísticas: Hospital del Salvador*. Obtenido de <http://www.hsalvador.cl/>: <http://www.hsalvador.cl/index.php/Estadisticas/>

- Hospital Del Salvador. (2018). *Hospital Del Salvador*. Obtenido de Visión: <http://www.hsalvador.cl/index.php/vision/>
- Hospital Del Savador. (2018). *Hospital Del Salvador* . Obtenido de Misión : <http://www.hsalvador.cl/index.php/mision/>
- McEnery, K. W. (2018). *Reference Guide in Information Technology for the Practicing Radiologist*. American College of Radiology.
- Munner Umar , M., Mehmood, A., & Song , H. (2015). A Survey on State-of-the-Art Knowledge-based System Development and. *Smart Computing Review* , 498-508.
- Nonaka , I. (1991). *The Knowledge-Creating Company*.
- Observatorio Chileno de Salud Pública (OCHISAP). (s.f.). *Esuela de Salud Pública, Los Servicios de Salud del S.N.S.S*. Obtenido de <http://www.ochisap.cl/index.php/los-servicios-de-salud-del-s-n-s-s>
- Olguín , E., Soto, & Crawford. (2016). *Modelo Integral de Liderazgo y Gestión del Cambio*.
- Reveco , C. (2011). *Pronóstico Y Análisis de Demanda de la Sala de Urgencia del Hospital Luis Calvo Mackenna y Metodología para el Cálculo de Recursos Críticos*. Santiago.
- Rüdiger , W., & Hipp , J. (2000). *CRISP-DM: Towards a Standard Process Model for Data Mining*.
- Sarwar, A., Boland , G., Monks, A., & B. Kruskal, J. (2015). Metrics for Radiologist in the Era of Value-Based Health Care Delivery. *RadioGraphics* , 866-878.
- Sauter, V. (2010). *Decision Support System for Business Intelligence*. New Jersey: Wiley & Sons.
- Servicio de Salud Metropolitano Oriente . (s.f.). *SSMO: Nuestras Redes*. Obtenido de Servicio de Salud Metropolitano Oriente.: http://ssmo.redsalud.gob.cl/?page_id=81
- Vapnik , V. N. (1995). *The Nature of Statistical Learning Theory*. Springer.

CAPÍTULO 11: ANEXOS



Anexo 1: Detalle cantidad de segmentos vencidos.



Anexo 2: Diagramas de caja y bigote, tiempos de reporte detalle.

Resultados prueba aumentada de Dickey-Fuller:

Estadísticos Test	-1.862808
p-value	0.349755
# Lags Usados	4.000000
Número de observciones usadas	55.000000
Valores Críticos (1%)	-3.555273
Valores Críticos (5%)	-2.915731
Valores Críticos (10%)	-2.595670

Anexo 3: Prueba D-F, demanda por informes urgencia (sin transformaciones) no es estacionaria.

Resultados prueba aumentada de Dickey-Fuller:

Estadísticos Test	-4.190188
p-value	0.000685
# Lags Usados	2.000000
Número de observciones usadas	56.000000
Valores Críticos (1%)	-3.552928
Valores Críticos (5%)	-2.914731
Valores Críticos (10%)	-2.595137

Anexo 4: Prueba D-F, demanda por informes urgencia (primera diferenciación) es estacionaria.

Resultados prueba aumentada de Dickey-Fuller:

Estadísticos Test	-1.219890
p-value	0.664982
# Lags Usados	3.000000
Número de observciones usadas	56.000000
Valores Críticos (1%)	-3.552928
Valores Críticos (5%)	-2.914731
Valores Críticos (10%)	-2.595137

Anexo 5: Prueba D-F, demanda por informes hospitalizados (sin transformaciones) no es estacionaria.

Resultados prueba aumentada de Dickey-Fuller:

Estadísticos Test	-4.190188
p-value	0.000685
# Lags Usados	2.000000
Número de observciones usadas	56.000000
Valores Críticos (1%)	-3.552928
Valores Críticos (5%)	-2.914731
Valores Críticos (10%)	-2.595137

Anexo 6: Prueba D-F, demanda por informes hospitalizados (primera diferenciación) es estacionaria.

Resultados prueba aumentada de Dickey-Fuller:

Estadísticos Test	-1.586294
p-value	0.490475
# Lags Usados	1.000000
Número de observciones usadas	58.000000
Valores Críticos (1%)	-3.548494
Valores Críticos (5%)	-2.912837
Valores Críticos (10%)	-2.594129

Anexo 7: Prueba D-F, demanda por informes ambulatorio (sin transformaciones) no es estacionaria.

Resultados prueba aumentada de Dickey-Fuller:

Estadísticos Test	-4.190188
p-value	0.000685
# Lags Usados	2.000000
Número de observciones usadas	56.000000
Valores Críticos (1%)	-3.552928
Valores Críticos (5%)	-2.914731
Valores Críticos (10%)	-2.595137

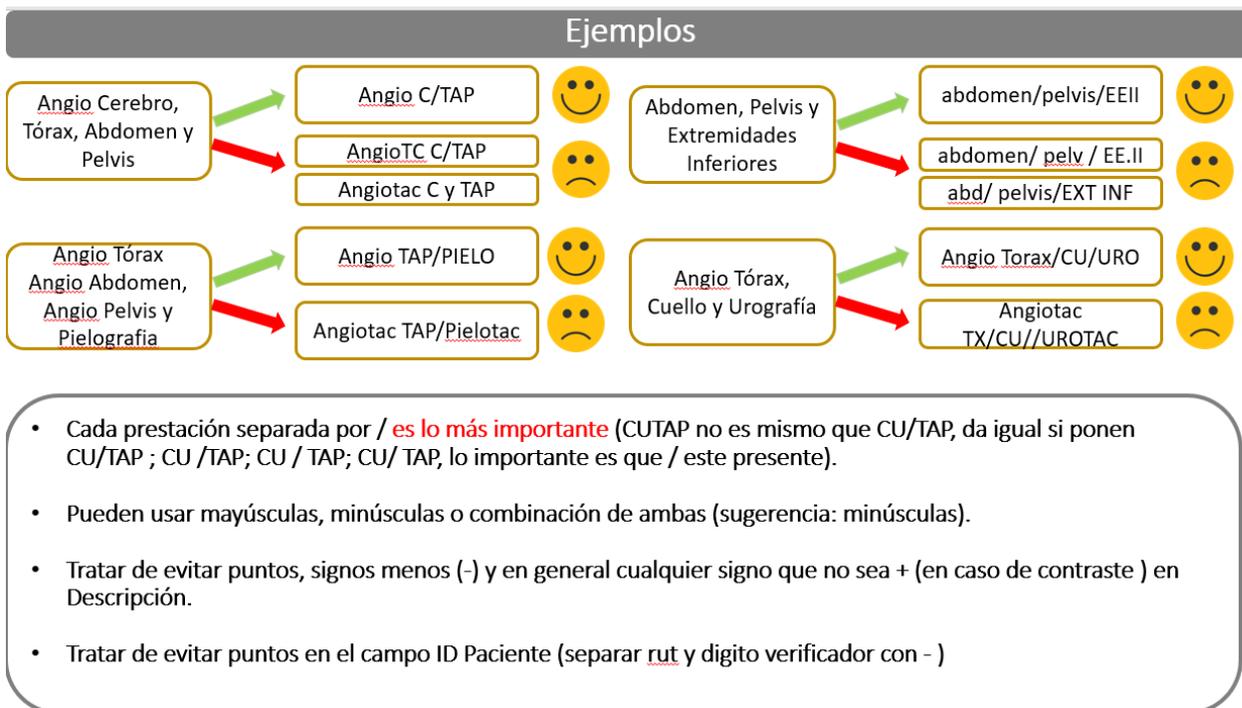
Anexo 8: Prueba D-F, demanda por informes ambulatorio (primera diferenciación) es estacionaria.

Formatos Ideales para Descripciones de Exámenes

Prestación		Forma Adecuada	Ejemplos		Casos Especiales	
CEREBRO	→	C	Angio C/TAP	Torax, Abdomen y Pelvis	→	TAP
TORAX	→	TX	Angio TAP/PIELO	CC, CD, CL	→	CT
ABOMEN	→	ABD	abd/pelv/EEII			
PELVIS	→	PELV	Angio TX/CU			
CUELLO	→	CU				
PIELOGRAFIA	→	PIELO				
ORBITAS	→	OR				
OIDOS	→	OI				
UROGRAFIA	→	URO				
MAXILO FACIAL	→	MF				
COLUMNA CERVICAL	→	CC				
COLUMNA DORSAL	→	CD				
COLUMNA LUMBAR	→	CL				
CAVIDADES PERINASALES	→	CPN				

Para Extremidades					
Prestación		Forma Adecuada	Prestación		Forma Adecuada
Extremidades Inferiores	→	EEII	Extremidades Superiores	→	EESS
Extremidad Inferior Derecha	→	EID	Extremidad Superior Derecha	→	ESD
Extremidad Inferior Izquierda	→	EII	Extremidad Superior Izquierda	→	ESI

- Cada prestación separada por / **es lo más importante** (CUTAP no es mismo que CU/TAP, da igual si ponen CU/TAP; CU/TAP; CU / TAP; CU/ TAP, lo importante es que / este presente).
- Pueden usar mayúsculas, minúsculas o combinación de ambas.



Anexo 9: Folletos para consolidación de data.