

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA - IZTAPALAPA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
POSTGRADO EN INGENIERÍA BIOMÉDICA

**Propuesta para la Creación de Centros Autosuficientes de
Imágenes Médicas para Establecimientos de la
Caja Costarricense del Seguro Social**

que presenta:

Alfonso Rosales López

para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias (Ingeniería Biomédica)

Asesora de tesis:

Dra. Martha Refugio Ortiz Posadas

Aprobada por:

Dra. María Teresa García González

Dra. Martha Refugio Ortiz Posadas

M. en I. Ana Bertha Pimentel Aguilar

México D.F.
28 de Abril 2010

DEDICATORIA

Con todo mi cariño dedico este trabajo a dos grandes personas que influyen día a día en mi vida: mis abuelos. Quiero ser justo, pues de ellos trato de imitar los principios de esfuerzo, honestidad y responsabilidad por la vida; indudables características que los describen a la perfección.

A mis padres, ya que son los principales responsables de haber transmitido las enseñanzas de los abuelos, pero sobre todo por ser los pilares de mi constante aprendizaje. Les agradezco todo el sacrificio y trabajo que han tenido que hacer desde el día en que inicié este proyecto. Gracias por haberme brindado su apoyo incondicional.

Por último dedico este esfuerzo a mis herman@s, ya que a pesar de todos los años que llevo fuera de la casa, lograron que nunca me sintiera así. Gracias por todas las muestras de apoyo y ánimo que me dieron; gracias por haber estado siempre disponibles a responderme un chat, correo o llamada.

Con gran cariño,
Alfonso RLM.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por haber otorgado el apoyo económico para la realización de los estudios de maestría y de este trabajo de tesis.

De manera muy especial agradezco a la Dra. Martha Refugio Ortiz Posadas por haberme asesorado desde la concepción de la idea inicial del proyecto de maestría y hasta la culminación de esta tesis. Gracias por haber sido mi guía académico durante los últimos meses y por todas las enseñanzas que me supiste transmitir.

Agradezco la colaboración del personal del Área de Gestión de Equipamiento de la Dirección de Administración de Proyectos Especiales de la Caja Costarricense del Seguro Social, porque sin su apoyo no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

Gracias a vos Gisella, porque llegaste en un momento en que me brindaste mucho más apoyo del que puedes imaginar. Te agradezco que hayas podido soportar los momentos más estresantes y demandantes de tiempo; agradezco tantas enseñanzas que me supiste transmitir y que nunca hubiera aprendido en ningún libro; en fin te agradezco por haberme acompañado durante estos últimos meses. De todo corazón, espero que la culminación de tus proyectos de vida sean igualmente exitosos.

Agradezco a la familia Ríos-López por su apoyo incondicional desde mi llegada a este país; tío Lázaro y tía Cacha, muchas gracias por todas las enseñanzas que he aprendido con ustedes. A la familia LópezMalo-Rosales les agradezco el que me hayan acogido como un miembro más de su familia.

A mi familia mexicana: Adriana, Brenda, Charles, Fabián, Fernando, Gabriela, Rodrigo, Yaneth-Alexa y muchos más, les agradezco por haberme acogido como un miembro más de sus respectivas familias. Gracias por haberme brindado de forma honesta un abrazo, consejo o la simple compañía; gracias por haber estado conmigo cada vez que los necesitaba. Gracias herman@s, los llevaré conmigo esté donde esté.

Finalmente, quiero agradecer las enseñanzas que me supieron transmitir los profesores del postgrado en Ingeniería Biomédica de la UAM-Iztapalapa, de manera especial a la profesora Fabiola Martínez por haber participado en mi desarrollo dentro de la especialidad de Ingeniería Clínica y la Gestión de Tecnologías en Salud.

Alfonso RLM.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	V
ÍNDICE DE ANEXOS.....	V
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
- CAPÍTULO I -.....	9
IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA DE CONCENTRACIÓN DE LOS SERVICIOS DE IMAGINOLOGÍA EN LA CAJA COSTARRICENSE DEL SEGURO SOCIAL	
1.1 – Servicios de Salud en Costa Rica.....	11
1.1.1 – Aspectos Geográficos.....	11
1.1.2 – Aspectos Demográficos.....	11
1.1.3 – Sistema Nacional de Salud de Costa Rica.....	14
1.1.4 – Caja Costarricense del Seguro Social.....	14
1.1.5 – Red de Establecimientos de la Caja Costarricense del Seguro Social.....	15
1.2 – Capacidad Tecnológica de los Servicios de Imagenología en la Caja Costarricense del Seguro Social.....	20
1.2.1 – Capacidad Tecnológica de la Red Noroeste.....	23
1.2.2 – Capacidad Tecnológica de la Red Este.....	24
1.2.3 – Capacidad Tecnológica de la Red Sur.....	26
1.2.4 – Capacidad Tecnológica de los Hospitales de Alta Especialidad.....	27
1.3 – Demanda de los Servicios de Imagenología.....	28
1.3.1 – Análisis Demográfico.....	29
1.3.2 – Análisis Epidemiológico.....	30
1.3.2.1 – Mortalidad por tumores.....	31
1.3.2.2 – Mortalidad por enfermedades del sistema circulatorio.....	35
1.3.2.3 – Mortalidad por enfermedades del sistema respiratorio.....	36
- CAPÍTULO II -.....	41
MODELO DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE CONCENTRACIÓN DE LOS SERVICIOS DE IMAGINOLOGÍA DE LA CAJA COSTARRICENSE DEL SEGURO SOCIAL	
2.1 – Formalización del Problema.....	43
2.1.1 – Selección de Variables.....	44
2.1.2 – Generación y Procesamiento de la Información.....	44
2.1.3 – Diseño del Clasificador.....	46

2.1.4 – Prueba y Validación del Clasificador.....	48
2.1.5 – Evaluación e Interpretación de los Resultados.....	48
2.1.6 – Retroalimentación.....	49
2.2 – Modelo Matemático para la Estimación del Acceso a los Servicios de Imaginología.....	49
2.3 – Método para la Estimación del Acceso a los Servicios de Imaginología.....	50
2.3.1 – Selección de Variables.....	51
2.3.2 – Generación de los Indicadores Parciales.....	53
2.3.3 – Procesamiento de los Indicadores Parciales.....	56
2.3.3.1 - <i>Complemento de los indicadores parciales</i>	56
2.3.3.2 - <i>Factor de relevancia de los indicadores parciales</i>	58
2.3.4 – Generación del Indicador Global: <i>Acceso a los Servicios de Imaginología</i>	60
2.3.5 – Escala Cualitativa del Indicador Global.....	61
2.4 – Centro Autosuficiente de Imágenes Médicas.....	62
2.4.1 – Definición de un Centro Autosuficiente de Imágenes Médicas.....	62
2.4.2 – Recursos Tecnológicos.....	63
2.4.3 – Procedimiento para la Estimación Teórica de los Recursos Tecnológicos.....	63
2.4.4 – Recursos Humanos.....	64
2.4.5 – Procedimiento para la Estimación Teórica de los Recursos Humanos.....	66
2.4.6 – Recursos de Infraestructura.....	68
2.4.7 – Estudios de Diagnóstico.....	70
2.5 – Conversión del Servicio de Imaginología al Centro Autosuficiente de Imágenes Médicas.....	71
2.5.1 – Método para la Conversión de un Servicio de Imaginología a un Centro Autosuficiente de Imágenes Médicas.....	71
2.5.1.1 - <i>Paso 1: Realizar una evaluación in situ del servicio de imaginología</i>	71
2.5.1.2 - <i>Paso 2: Realizar una estimación teórica de los recursos requeridos</i>	72
2.5.1.3 - <i>Paso 3: Realizar un análisis comparativo de los recursos instalados con los recursos requeridos</i>	72
2.5.1.4 - <i>Paso 4: Realizar un análisis de factores que intervienen en la conversión de un Servicio de Imaginología a un Centro Autosuficiente de Imágenes Médicas</i>	73
- CAPÍTULO III -	75
VALIDACIÓN DEL MODELO DE SOLUCIÓN	
3.1 - Estimación del Acceso a los Servicios de Imaginología.....	78
3.1.1 - Descripción de Variables Seleccionadas.....	78
3.1.2 - Aplicación de los Indicadores Parciales.....	80
3.1.3 - Procesamiento de los Indicadores Parciales.....	82
3.1.3.1 - <i>Complemento de los indicadores parciales</i>	82
3.1.3.2 - <i>Factor de relevancia de los indicadores parciales</i>	83
3.1.4 - Aplicación del Indicador Global: <i>ASI</i>	84
3.1.5 - Asignación de la Escala Cualitativa al Valor Numérico del <i>ASI</i>	85
3.1.6 - Evaluación e Interpretación de los Resultados del <i>ASI</i>	87
3.2 - Validación del Método para la Conversión de un Servicio de Imaginología a un Centro Autosuficiente de Imágenes Médicas.....	89
3.2.1 - Paso 1: Evaluación <i>in situ</i> del Servicio de Imaginología.....	90
3.2.1.1 - <i>Evaluación de los recursos tecnológicos instalados</i>	91
3.2.1.2 - <i>Evaluación de los recursos humanos disponibles</i>	93
3.2.1.3 - <i>Evaluación de la infraestructura disponible</i>	95

3.2.2 - Paso 2: Estimación Teórica de los Recursos Requeridos	97
3.2.2.1 - Estimación teórica de los recursos tecnológicos.....	97
3.2.2.2 - Estimación teórica de los recursos humanos.....	100
3.2.2.3 - Estimación teórica de los recursos de infraestructura.....	102
3.2.3 - Paso 3: Análisis Comparativo de los Recursos Instalados con los Recursos Requeridos	105
3.2.3.1 - Subred-Limón.....	105
3.2.3.2 - Subred-Heredia.....	106
3.2.3.3 - Subred-Pérez Zeledón.....	107
3.2.3.4 - Subred-Liberia	108
3.2.3.5 - Subred-Cartago.....	109
3.2.4 - Paso 4: Análisis de Factores que Intervienen en la Conversión de un Servicio de Imaginología a un Centro Autosuficiente de Imágenes Médicas	111
3.2.4.1 - Subred-Limón.....	115
3.2.4.2 - Subred-Heredia.....	115
3.2.4.3 - Subred-Pérez Zeledón.....	116
3.2.4.4 - Subred-Liberia	117
3.2.4.5 - Subred-Cartago.....	117
CONCLUSIONES	121
PERSPECTIVAS DE TRABAJO	123
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 - Número de establecimientos de la CCSS en los 3 niveles de atención.....	18
Tabla 1.2 - Número y tipo de equipos de imagen que poseen las redes de establecimientos en la CCSS.....	21
Tabla 1.3 - Clasificación de los equipos de imagen según su número de años de uso.....	21
Tabla 1.4 - Número de equipos de imaginología de los hospitales de la red Noroeste.....	24
Tabla 1.5 - Número de equipos de imaginología de los hospitales de la red Este.....	25
Tabla 1.6 - Número de equipos de imaginología de los hospitales de la red Sur.....	27
Tabla 1.7 - Número de equipos de imaginología de los hospitales Alta Especialidad.....	28
Tabla 1.8 - Población, número de establecimientos, camas censables y equipos de imagen, por red.....	30
Tabla 1.9 - Tasas de mortalidad anual según los grupos mas frecuentes, Costa Rica, 1999-2003.....	31
Tabla 1.10 - Defunciones de todos los grupos de sitios tumorales. Costa Rica, 2000-2005.....	33
Tabla 2.1 - Nomenclatura y descripción de variables para evaluación <i>ASI</i> por región.....	52
Tabla 2.2 - Factor de relevancia e intervalo del dominio de los indicadores parciales.....	60
Tabla 2.3 - Clases y umbrales para la clasificación de las Subredes.....	61
Tabla 2.4 - Descripción de perfiles profesionales del personal del CAIM.....	65
Tabla 2.5 - Procedimientos y exámenes de diagnóstico, según área de estudio.....	70
Tabla 3.1 - Datos de las variables en las ocho Subredes de establecimientos.....	79
Tabla 3.2 - Resultados de las variables normalizadas.....	79
Tabla 3.3 - Indicadores parciales, para las 8 Subredes de análisis.....	81
Tabla 3.4 - Indicadores parciales normalizados, para las 8 Subredes de análisis.....	82
Tabla 3.5 - Complemento de los indicadores parciales.....	83
Tabla 3.6 - Indicadores parciales procesados con el factor de relevancia.....	84
Tabla 3.7 - Indicador global, <i>ASI</i>	85
Tabla 3.8 - Clases y umbrales para la clasificación de las Subredes.....	86
Tabla 3.9 - Evaluación <i>in situ</i> a los SI, resumen del recurso tecnológico.....	91
Tabla 3.10 - Evaluación <i>in situ</i> a los SI, resumen del recurso humano.....	93
Tabla 3.11 - Evaluación <i>in situ</i> a los SI, resumen del recurso en infraestructura.....	95
Tabla 3.12 - Producción anual de estudios en la Subred-Liberia.....	97
Tabla 3.13 - Producción de estudios de imagen en la CCSS, 2006.....	98
Tabla 3.14 - Demanda parcial de estudios en la Subred-Liberia.....	99
Tabla 3.15 - Número de equipos para la Subred-Liberia.....	100
Tabla 3.16 - Capacidad de interpretación de un Médico Radiólogo.....	100
Tabla 3.17 - Áreas físicas complementarias al SI.....	103
Tabla 3.18 - Estimación teórica de recursos en 8 Subredes de establecimientos de Costa Rica.....	104
Tabla 3.19 - Comparación de recursos para la Subred-Limón.....	106
Tabla 3.20 - Comparación de recursos para la Subred-Heredia.....	107
Tabla 3.21 - Comparación de recursos para la Subred-Pérez Zeledón.....	108
Tabla 3.22 - Comparación de recursos para la Subred-Liberia.....	109
Tabla 3.23 - Comparación de recursos para la Subred-Cartago.....	110
Tabla 3.24 - Datos de la inversión, beneficio y la prioridad de conversión de un SI a un CAIM.....	112
Tabla 3.25 - Mapeo de valores de inversión, beneficio y prioridad, al intervalo acotado [0, 4].....	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Ubicación geográfica de Costa Rica y de la Gran Área Metropolitana	12
Figura 1.2 - Ubicación geográfica de los hospitales de la CCSS.....	17
Figura 1.3 - Dependencia administrativa de los establecimientos del 1 ^{er} con el 2 ^{do} nivel de atención	19
Figura 1.4 - Dependencia administrativa de los hospitales de 2 ^{do} con el 3 ^{er} nivel de atención.	19
Figura 1.5 - Hospitales de la red Noroeste	23
Figura 1.6 - Hospitales de la red Este	25
Figura 1.7 - Hospitales en la red Sur	26
Figura 1.8 - Hospitales Alta Especialidad	27
Figura 1.9 - Áreas de Salud con IME distinto al promedio nacional. Todos los tipos de cáncer en hombres.....	34
Figura 1.10 - Áreas de Salud con IME distinto al promedio nacional Todos los tipos de cáncer en mujeres.....	35
Figura 1.11 - Atlas de mortalidad por enfermedades del sistema circulatorio.....	38
Figura 1.12 - Atlas de mortalidad por enfermedades pulmonar obstructiva crónica, EPOC	38
Figura 2.1 - Diagrama de las etapas para la formalización y solución del problema de clasificación	43
Figura 2.2 - Diagrama para la clasificación de regiones según el nivel de acceso a los SI	51
Figura 3.1 - Subredes de establecimientos de la Caja Costarricense del Seguro Social	77
Figura 3.2 - Ubicación geográfica de las Subredes según su nivel <i>ASI</i>	86
Figura 3.3 - Mapeo de los dominios de los factores de inversión, beneficio y prioridad al intervalo Ω	113

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.1 - Pirámides poblacionales en Costa Rica para los años 1950, 2000 y 2025.....	13
Gráfica 1.2 - Distribución de la cobertura de asegurados de la CCSS, 2006.....	15
Gráfica 1.3 - Clasificación de equipos de imaginología de acuerdo a su antigüedad.....	22
Gráfica 1.4 - Razón de defunciones hombre/mujer por cáncer, Costa Rica 2000-2005	33
Gráfica 3.1 - Gráfica radar para la Subred-Limón	115
Gráfica 3.2 - Gráfica radar para la Subred-Heredia	116
Gráfica 3.3 - Gráfica radar para la Subred-Pérez Zeledón	117
Gráfica 3.4 - Gráfica radar para la Subred-Liberia	118
Gráfica 3.5 - Gráfica radar para la Subred-Cartago	118
Gráfica 3.6 - Gráficas radar para todas las Subredes analizadas	119

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 - Evaluación de los Servicios de Imaginología: Subred-Limón	129
Anexo 2 - Evaluación de los Servicios de Imaginología: Subred-Heredia.....	131
Anexo 3 - Evaluación de los Servicios de Imaginología: Subred-Pérez Zeledón	133
Anexo 4 - Evaluación de los Servicios de Imaginología: Subred-Liberia	137
Anexo 5 - Evaluación de los Servicios de Imaginología: Subred-Cartago	141

RESUMEN

En Costa Rica, el Sistema de Salud Público padece de un problema de concentración y mala distribución de sus recursos, particularmente de los servicios de imagenología y por tanto de este tipo de estudios de diagnóstico auxiliar. Por tal motivo, en este trabajo se desarrolló una metodología de gestión tecnológica, en la que se propuso una solución que coadyuvaría a descentralizar y optimizar el servicio ofrecido por el Estado.

La primera etapa del trabajo consistió en la identificación del problema de concentración de los servicios de imagenología (SI). Para ello se realizó un análisis general de la Caja Costarricense del Seguro Social (institución encargada de la prestación de los servicios de salud), de su red de establecimientos y de la capacidad tecnológica que tienen sus SI. Luego a través de un análisis demográfico y otro epidemiológico, se llevó a cabo un estudio para caracterizar la demanda real de la población de los servicios de diagnóstico por imágenes.

Posteriormente se propuso un modelo de solución al problema de concentración: primero, se generó un método para estimar de manera cuantitativa el nivel de acceso a los SI que tienen los habitantes de una región geográfica particular; segundo, se definió el concepto de un Centro Autosuficiente de Imágenes Médicas (CAIM) y se generaron una serie de procedimientos y criterios para realizar una estimación teórica de los recursos que tiene que tener un SI para lograr la autosuficiencia en la prestación del servicio; tercero, se generó un método para realizar un análisis cualitativo sobre la viabilidad que existe para que un SI logre convertirse en un CAIM.

En la etapa final del trabajo, el modelo de solución fue validado bajo condiciones reales del Seguro Social. Se seleccionaron 8 Subredes de establecimientos (que corresponden a regiones geográficas independientes) y en cada una de ellas se realizó la estimación del acceso a los servicios de imagenología que tienen sus habitantes, esto permitió clasificar a las Subredes según su nivel de acceso en *bueno*, *regular* o *malo*. Posteriormente, se llevó a cabo una evaluación *in situ* a un SI de cada Subred, para conocer su capacidad de atención en función del número de recursos (tecnológicos, humanos y de infraestructura) con los que dispone actualmente. A continuación, se realizó una estimación teórica de los recursos que debería tener cada Subred, para satisfacer la demanda que su población genera. Y por último, se realizó un análisis multivariado entre la inversión, el beneficio y la prioridad que tiene cada Subred para realizar una conversión de un SI a un CAIM.

De tal manera, y soportado por los resultados obtenidos, es posible afirmar que la metodología de gestión tecnológica propuesta, funcionó para cumplir con los objetivos del trabajo.

ABSTRACT

The Public Health System of Costa Rica faces a problem of concentration and misdistribution of resources, specifically in the imaging centers (IC) and therefore in the auxiliary diagnostic studies of its kind. For that reason, this work presents a methodology for health technology management that proposes a solution that helps the System to decentralize and optimize the service offered by the State.

The first stage of this work consisted in the identification of the IC concentration problem. For that a general analysis was performed, in the Costa Rican Social Security (institution responsible for the provision of health services), its health care centers and the technological capacity of their IC. Then, a study was carried out to characterize the actual demand of the diagnostic imaging services, through a demographic and an epidemiological analysis.

Subsequently, a solution model was proposed to solve the problem of resource concentration: first, a method was generated to estimate quantitatively the level of the access to the IC that the inhabitants have in a particular geographical region; second, the concept of a Self-sufficient Medical Imaging Center (SMIC) was defined and with that, several procedures and criteria to estimate theoretically, the number of resources that a IC needs to achieve the self-sufficiency in the provision of the service; third, an additional method was created to perform a qualitative analysis of the viability to convert a IC in to a SMIC.

In the final stage of the work, the solution model was validated under real conditions of the Social Security. For that, eight medical centers networks were selected (corresponding to different geographical regions of the country) and for each region the estimation of the level of access to the IC was performed, that allowed the classification in networks with “good”, “regular” and “bad” access.

Afterward, to evaluate the current technological, human and infrastructural resource capacity, an assessment to the IC of each network was performed; followed by a theoretical estimation of the number of resources that each network should have in order to supply the people’s demands. Finally, a multivariate analysis was completed, to find the relationship between the investment, the benefit to the people and priority of a region, to perform a conversion of an IC to an SMIC.

That way and supported by the obtained results, we can assert that the proposed methodology for health technology management, works to achieve the objectives of this work.

INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Salud tienen la responsabilidad de velar por el estado sanitario de sus poblaciones, en conjunto con la búsqueda de metodologías que incorporen transparencia, eficiencia, equidad, satisfacción de la población y la rendición de cuentas en sus mediciones, procesos y resultados, de cada una de sus acciones.

Por su parte, las políticas de salud se han convertido en una de las herramientas más importantes con las que cuentan los sistemas de salud para cumplir dichos objetivos. La Organización Mundial de Salud, propone sobre las agendas académicas y políticas dos temas fundamentales a discusión y trabajo: la formulación de políticas de salud basadas en evidencia y el establecimiento de una metodología para evaluar el desempeño actual de los Sistemas de Salud^[1]. De tal manera que las nuevas tendencias para evaluar los resultados de las políticas de salud, impulsan a los responsables de la toma de decisiones a buscar métodos más robustos y confiables sobre los cuales puedan apoyar sus criterios, que hasta ahora han sido empíricos.

Las tecnologías en salud, definidas como la aplicación del conocimiento en el conjunto de medicamentos, dispositivos y procedimientos médicos o quirúrgicos usados en la atención sanitaria, así como los sistemas organizativos dentro de los cuales se proporciona dicha atención^[2,3,4] y todas sus respectivas áreas de influencia, también deben ser objeto de análisis y parte de la formulación de las políticas de salud, pues los sistemas de salud son cada vez más dependientes de ellas, aumentando la necesidad de realizar evaluaciones sobre la efectividad, optimización, costo y seguridad, de su utilización en la solución de un problema de salud^[5]; lo que justamente se logra con la Gestión de Tecnologías en Salud (GTS).

La GTS se define como el conjunto de acciones que se realizan por distintos profesionales de la salud, con el fin de proveer tecnologías apropiadas, seguras y eficaces en la solución de un problema, a través de la integración de conocimientos de ingeniería, logística, planificación y administración de recursos^[6]. De tal manera que resulta ser una especialidad compleja, pero a la vez muy necesaria para asegurar el máximo aprovechamiento de los recursos tecnológicos, humanos y de infraestructura de las instituciones de salud.

La evaluación de tecnologías es una de las herramientas utilizadas en la GTS, cuyo objetivo es apoyar el proceso de toma de decisiones a través del suministro de información de alto estándar científico, permitiendo identificar las mejores prácticas en servicios de salud, para aumentar la seguridad, mejorar la calidad, optimizar el uso de los recursos y potencialmente

ahorrar costos ^[7]. De esta forma la generación de evidencia resulta una herramienta fundamental en el proceso de análisis y toma de decisiones, convirtiéndose en un insumo básico para la urgente y global necesidad de desarrollar políticas en salud basadas en evidencia.

Por otro lado, se sabe que uno de los problemas que sufren los Sistemas de Salud de la mayoría de los países en América Latina, es la concentración de recursos y por lo tanto la centralización de los servicios en las grandes ciudades ^[8-12]. Situación que genera dos tipos de inconvenientes: el primero es la inequidad en el acceso a los servicios que tienen los habitantes de las zonas alejadas, obligándolos a trasladarse hasta las ciudades en donde se ofrecen dichos servicios; lo que a su vez influye en el segundo inconveniente, que se refiere a la saturación de los mismos.

En la República del Paraguay, por ejemplo, uno de los principales problemas que enfrenta su Sistema de Salud Público en la oferta de sus servicios, es la desigualdad en la distribución geográfica que tiene el servicio de hospitalización; también la concentración del 74% del recurso humano entre la Capital (Asunción) y el Departamento Central, cuando entre ambas regiones acumulan tan solo un 34% de la población ^[8].

Otro caso similar se presenta en la República del Perú, en donde ha sido reportado que la utilización de los servicios de salud por parte de los individuos, depende de un conjunto de variables culturales y también de características de la oferta ^[9]. Las variables culturales hacen referencia al nivel educativo y socioeconómico de la población y, la relación que existe con la identificación del malestar o enfermedad. Por su parte la oferta de servicios, manifiesta en la relación negativa y significativa que existe entre el tiempo que les toma a los individuos llegar a los centros de salud y el estado de gravedad de la enfermedad cuando ésta es diagnosticada.

Otro ejemplo, se da en la República de Colombia donde una de las principales razones para la no utilización de los servicios de salud, ha sido la inequidad en el acceso a los servicios que enfrentan sus habitantes ^[10], aunado a la existencia de barreras económicas funcionales y geográficas que dificultan la accesibilidad a los servicios. Se encontró además que entre los segmentos de la población no cubiertos por la Seguridad Social, la falta de dinero constituye la principal razón para no utilizar los servicios de salud, en cambio para la población afiliada, es la barrera geográfica la razón que dificulta el acceso.

El Sistema de Salud Público de la República de Costa Rica no está exento del problema de concentración de recursos mencionado. Ha sido demostrado que el 51% de todos los establecimientos de la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS), institución prestadora de los servicios de salud, y el 100% de sus hospitales de tercer nivel, se encuentran ubicados dentro de la Capital. En un caso particular, padece un problema de concentración de los servicios de imagenología, ya que un 79% de los estudios de imagen realizados en establecimientos de la CCSS, se concentran también en la Capital ^[11, 12].

El efecto negativo que tienen estos inconvenientes sobre los sistemas de salud en cada uno de los ejemplos presentados y en general para todos los demás países de América Latina, se puede disminuir si se realiza una correcta y oportuna GTS, que permita asegurar el máximo aprovechamiento de los recursos de cada sistema, en procura de la solución a los problemas de concentración de sus servicios, optimizando de esta manera el beneficio que recibe la población. Un claro ejemplo de lo antes mencionado ha sido alcanzado por la Comunidad de Madrid, la cual ha logrado la descentralización y gestión compartida de sus servicios de radiología y análisis clínicos para su red de hospitales públicos ^[13], permitiéndole tener una mejor gestión de sus recursos y plataforma logística, de manera que actualmente se tiene un mayor control sobre los servicios ofrecidos.

Para el caso presentado, sobre la desigualdad en la distribución de recursos en el Sistema de Salud de Paraguay, el Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social de este país, ha comenzado un proceso para descentralizar al menos las funciones administrativas de sus regiones sanitarias, a pesar de la dificultad que tiene, pues es un proceso muy lento desde el punto de vista político-financiero ^[8]. En ese mismo sentido, el estudio que antecedió a la discusión presentada sobre el Sistema de Salud del Perú ^[9], tiene por objetivo buscar contribuir en el impacto de las intervenciones políticas del gobierno en la equidad en el estado de salud de sus individuos y la utilización de los servicios que el Estado ofrece.

En resumen, los Sistemas de Salud Públicos tienen por objetivo garantizar que los servicios de salud satisfagan las necesidades de su población, de forma eficaz y eficiente. Es claro que una mala gestión de recursos conlleva a la generación de problemas de concentración y por tanto ineficiencia en el servicio ofrecido.

Por lo tanto, partiendo de la hipótesis de que a través de un estudio de GTS es posible proponer la descentralización y optimización de los recursos que un Sistema de Salud destina para ofrecer servicios, se desarrolló este trabajo cuyo *objetivo general es proponer una solución al problema específico de concentración y mala distribución de recursos de los servicios de imaginología ofrecidos por establecimientos de la CCSS*. Los objetivos secundarios son:

- Realizar un estudio situacional para identificar el problema de concentración de los servicios de imaginología que es otorgado por establecimientos de la CCSS.
- Generar un método que permita cuantificar y clasificar el problema identificado.
- Definir el concepto y las características de un Centro Autosuficiente de Imágenes Médicas (CAIM).
- Generar procedimientos que permitan establecer los requerimientos de recursos tecnológicos, humanos y de infraestructura, para un CAIM.
- Generar un método que permita evaluar los servicios de imaginología y su posible conversión a un CAIM.
- Realizar la validación de los métodos y procedimientos propuestos.

La estructura de esta tesis es como sigue: en el capítulo I *“Identificación del problema de concentración de los servicios de imaginología en la Caja Costarricense del Seguro Social”*, se presentan los datos y el análisis que se realizó para caracterizar dicho problema; en el capítulo II *“Modelo de solución al problema de concentración de los servicios de imaginología de la Caja Costarricense del Seguro Social”*, se desarrolló la estrategia de cuantificación y propuesta de solución del problema identificado; y en el capítulo III *“Validación del modelo de solución”*, se llevó a cabo la validación del modelo propuesto, bajo condiciones reales del Sistema de Salud Público en Costa Rica.

Por otro lado, cabe resaltar que la mayoría de las referencias relacionadas con la GTS, ingeniería biomédica y normatividades que se utilizaron en este trabajo, provienen principalmente de países iberoamericanos como México y España. Esto en consecuencia a la experiencia y los logros que han alcanzado en la materia.

Finalmente, cabe mencionar que como resultado de esta tesis se presentaron 3 trabajos en congresos nacionales e internacionales, los cuales se presentan a continuación:

- Rosales-López, A. y Ortiz-Posadas, MR. *“Una Metodología de Gestión Tecnológica para Solucionar la Concentración de los Servicios de Imaginología en la Caja Costarricense del Seguro Social”*. Noviembre 2009. Primer Congreso de Bioingeniería, San José, Costa Rica.
- Rosales-López, A. y Ortiz-Posadas, MR. *“Validación de una Estrategia de Distribución de Servicios de Imaginología en Costa Rica”* Septiembre 2009. Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud, CENETEC. 5to Foro Nacional de Tecnologías en Salud, Distrito Federal, México.
- Rosales-López, A. y Ortiz-Posadas, MR. *“A Distribution Strategy for Imaging Centers in the Costa Rican Public Health System”* September 2009. International Federation for Medical and Biological Engineering, IFMBE. Medical, Physics and Biomedical Engineering 11th World Congress. Munich, Germany

- CAPÍTULO I -

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA DE CONCENTRACIÓN DE LOS SERVICIOS DE IMAGINOLOGÍA EN LA CAJA COSTARRICENSE DEL SEGURO SOCIAL

1.1 – Servicios de Salud en Costa Rica

1.1.1 – Aspectos Geográficos

La República de Costa Rica es uno de los seis países que conforman la región de América Central. Se encuentra ubicada entre los 8°02'26" y 11°13'48" latitud norte y 82°33'12" al oeste del meridiano de Greenwich. Colinda al norte con Nicaragua, al sureste con Panamá, sus costas al este con el Mar Caribe y al oeste con el Océano Pacífico (Figura 1.1). Posee una extensión territorial de 51 mil km² y una división político administrativa que consta de 7 provincias (de las cuales San José es su capital) que se encuentran a su vez subdivididas en 81 cantones ^[14].

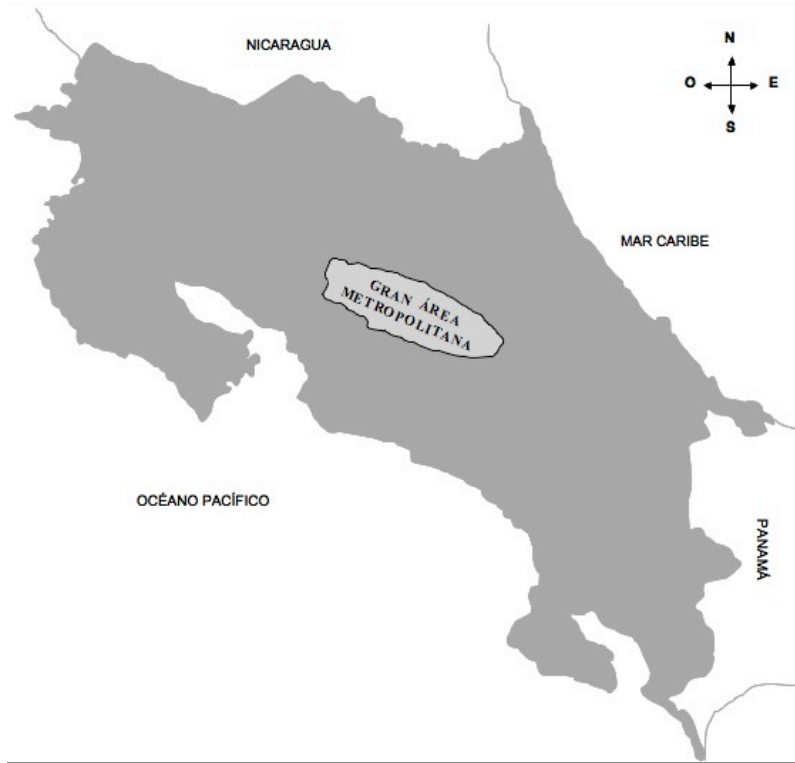
El país presenta importantes variaciones geográficas, con poblaciones que se asientan desde los 0 hasta los 2800 metros sobre el nivel del mar. Es una Nación que cuenta con tres sistemas montañosos de origen volcánico y extensas llanuras de material sedimentario, dedicadas a la práctica de ganadería de extensión y al cultivo de productos como el café, banano y arroz ^[15]. Por su ubicación, posee una diversidad de condiciones climáticas predominando el clima tropical con dos estaciones bien definidas, la húmeda y la seca. Sus temperaturas oscilan entre los 18° y 22° Celsius en la región central del país y en las zonas bajas y costas entre 22° y 30° Celsius ^[16].

1.1.2 – Aspectos Demográficos

La población de Costa Rica, hasta el primero de julio del año 2007, era de 4 476 614 habitantes ^[17]; de los cuales el 61% (2 685 968 hab.) residen en la Gran Área Metropolitana (GAM) y 39% (1 790 646 hab.) en el resto del país ^[18].

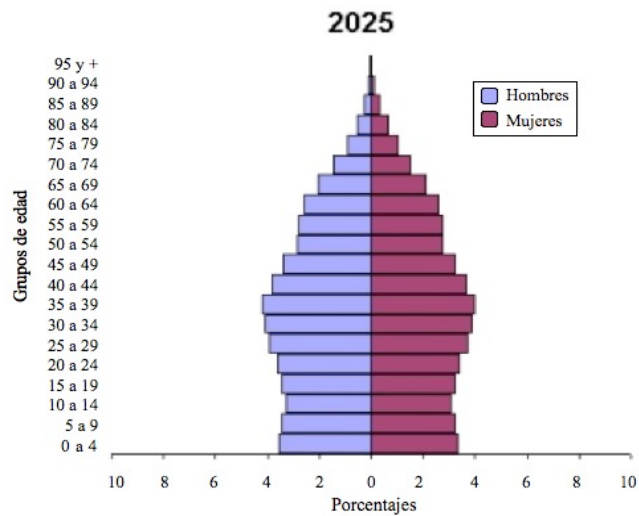
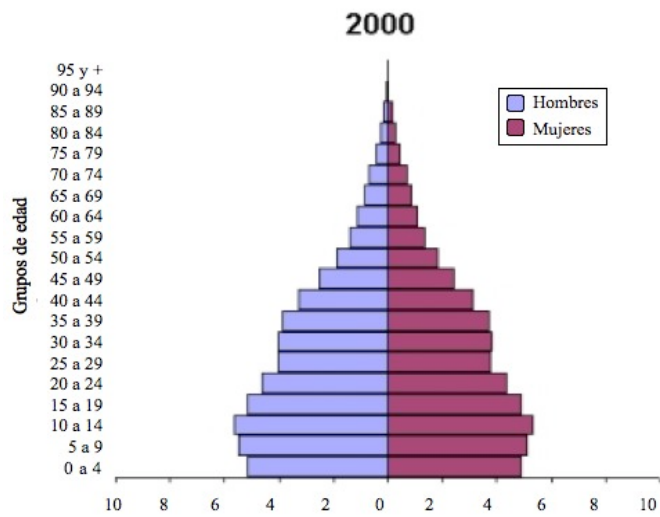
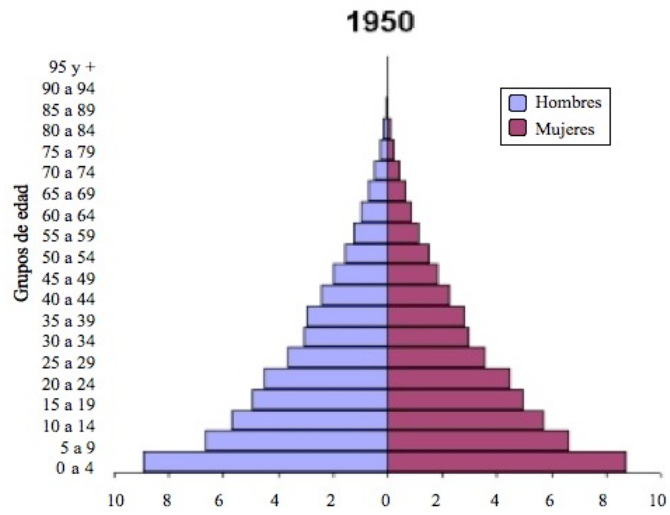
La GAM se ubica en la parte central del país y concentra los principales grupos urbanos de 4 de las 7 provincias del país: San José, Alajuela, Cartago y Heredia (Figura 1.1); posee una extensión territorial que representa el 16.4% del territorio nacional (8 528.4 km²) ^[18], lo que significa que la densidad poblacional en la GAM es de 314.9 hab./km², en contraste con el resto del país donde la densidad es de 41.2 hab./km².

Figura 1.1 - Ubicación geográfica de Costa Rica y de la Gran Área Metropolitana



Hasta el año 2005 la esperanza de vida al nacer era de 78.56 años (76.2 en hombres y 81.0 para mujeres) y las tasas de natalidad y mortalidad eran de 16.5 y 3.7 por cada mil habitantes, respectivamente ^[19]. Así la pirámide poblacional ha experimentado un cambio importante en las últimas décadas, presentando una base más estrecha (por la disminución de las tasas de natalidad) y el aumento en la población más longeva en relación con las presentadas en los años anteriores, (existe un aumento en el índice de esperanza de vida al nacer). En la Gráfica 1.1 se presentan las pirámides poblacionales de los años 1950 (a) y 2000 (b), además de la proyección esperada para el año 2025 (c), en las cuales se puede observar con claridad el comportamiento descrito.

Gráfica 1.1 - Pirámides poblacionales en Costa Rica para los años 1950, 2000 y 2025.



1.1.3 – Sistema Nacional de Salud de Costa Rica

El Sistema Nacional de Salud de Costa Rica “está integrado por el conjunto de instituciones y organizaciones que forman parte del sector público y privado que tienen como finalidad, directa o indirecta, contribuir a mejorar la salud de las personas, las familias y las comunidades, sean estas instituciones del sector salud o de otros sectores” [20]. El Ministerio de Salud cumple con el papel de ente rector pretendiendo mejorar la equidad, eficiencia, calidad, sostenibilidad, participación y control de todas las instituciones y servicios que conforman el Sistema Nacional de Salud; integrado por las siguientes instancias:

- Ministerio de Planificación y Política Económica
- Ministerio de la Presidencia
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
- Caja Costarricense del Seguro Social
- Instituto Nacional de Seguros
- Universidades públicas
- Sector de salud privado

La cobertura y control que lleva a cabo el Ministerio de Salud se realiza en 103 Áreas de Salud (AS), que corresponden a regiones geográficas ubicadas sobre todo el territorio nacional [21].

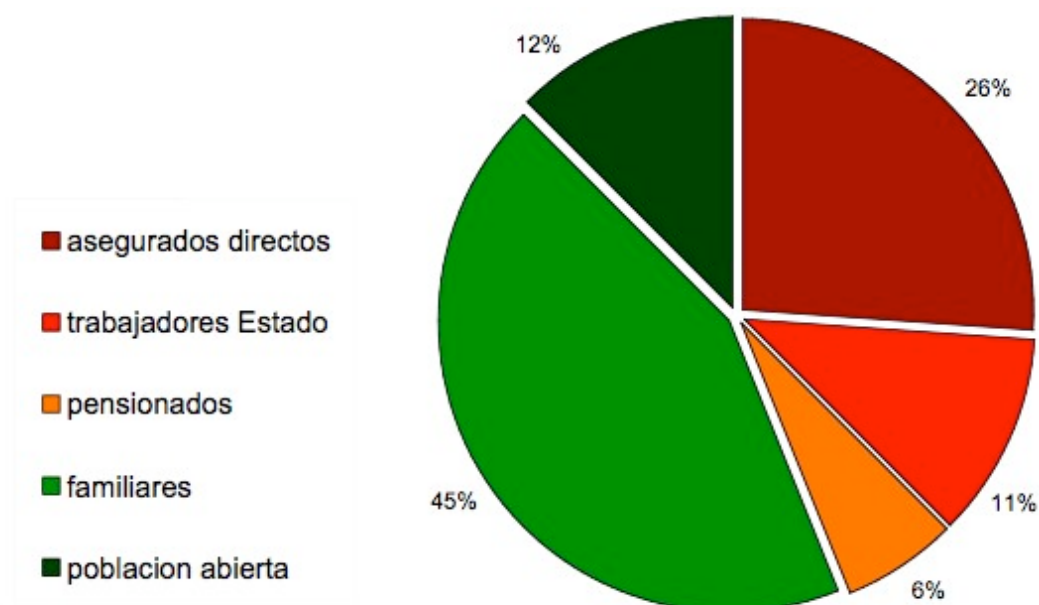
Por otra parte, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en el año 2006 Costa Rica destinó un 7.2% del PIB al gasto nacional en salud, valor que supera el promedio latinoamericano de 6.9%, pero que aún es inferior al de otros países como Argentina y Colombia, quienes respectivamente destinaron un 8.9% y 7.6% de su PIB [22].

1.1.4 – Caja Costarricense del Seguro Social

La Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS) es una institución estatal autónoma que está encargada de la planeación, ejecución y supervisión de los servicios de salud. Fue creada en 1943 asumiendo en forma integral la prestación de servicios que van desde la promoción de la salud, a la prevención, curación y rehabilitación de enfermedades [23]. Su estructura de

financiamiento está sustentada en las contribuciones de trabajadores, patrones y Estado (en proporción según el ingreso del trabajador), de forma que la CCSS pueda brindar una cobertura universal y solidaria sin distinción de ninguna naturaleza a todos los habitantes del país. En el año 2006, la distribución de la cobertura (Gráfica 1.2) se encontraba de la siguiente manera: 26% asegurados directos (trabajadores de la iniciativa privada), 11% trabajadores del Estado, 6% pensionados, 45% familiares de trabajadores y pensionados, y un 12% de población abierta^[24]. Es importante observar que sólo el 43% de la población (asegurados, trabajadores y pensionados) cotiza seguridad social, pero el beneficio es para los 4 476 614 habitantes del país.

Gráfica 1.2 - Distribución de la cobertura de asegurados de la CCSS, 2006.



1.1.5 – Red de Establecimientos de la Caja Costarricense del Seguro Social

Los servicios de salud ofrecidos por la CCSS se identifican y describen de mejor manera analizándolos según el nivel de atención médica que ofrecen sus establecimientos:

En cada una de las 103 Áreas de Salud (AS), se proveen servicios del *primer nivel* de atención a través de Equipos Básicos de Atención Integral (EBAIS). Cada EBAIS está conformado, como mínimo, por un grupo de 3 profesionales del sector salud: 1 médico

general, 1 auxiliar de enfermería y 1 asistente de atención primaria. En el año 2006 se estimó que existían un poco más de 812 EBAIS en todo Costa Rica ^[25].

El *segundo nivel* está constituido por hospitales regionales (HR), hospitales periféricos (HP) y clínicas mayores (CM). En total existen 7 HR que ofrecen servicios de las 4 especialidades básicas (medicina general, pediatría, gineco-obstetricia y cirugía) y que además tienen las subespecialidades de mayor demanda de la región en donde se encuentren localizados. Por otro lado existen 13 HP, que son hospitales con menor capacidad de atención pero que también otorgan servicios médicos de las 4 especialidades básicas. Por último existen 9 CM ubicadas todas en la Gran Área Metropolitana (GAM) y que están destinadas a proporcionar atención exclusivamente ambulatoria de las 4 especialidades básicas y subespecialidades. Se hace la aclaración que para efectos de este trabajo se excluyeron las CM del análisis, ya que los servicios de diagnóstico por imágenes médicas que requieren sus pacientes, se obtienen de hospitales del tercer nivel de atención.

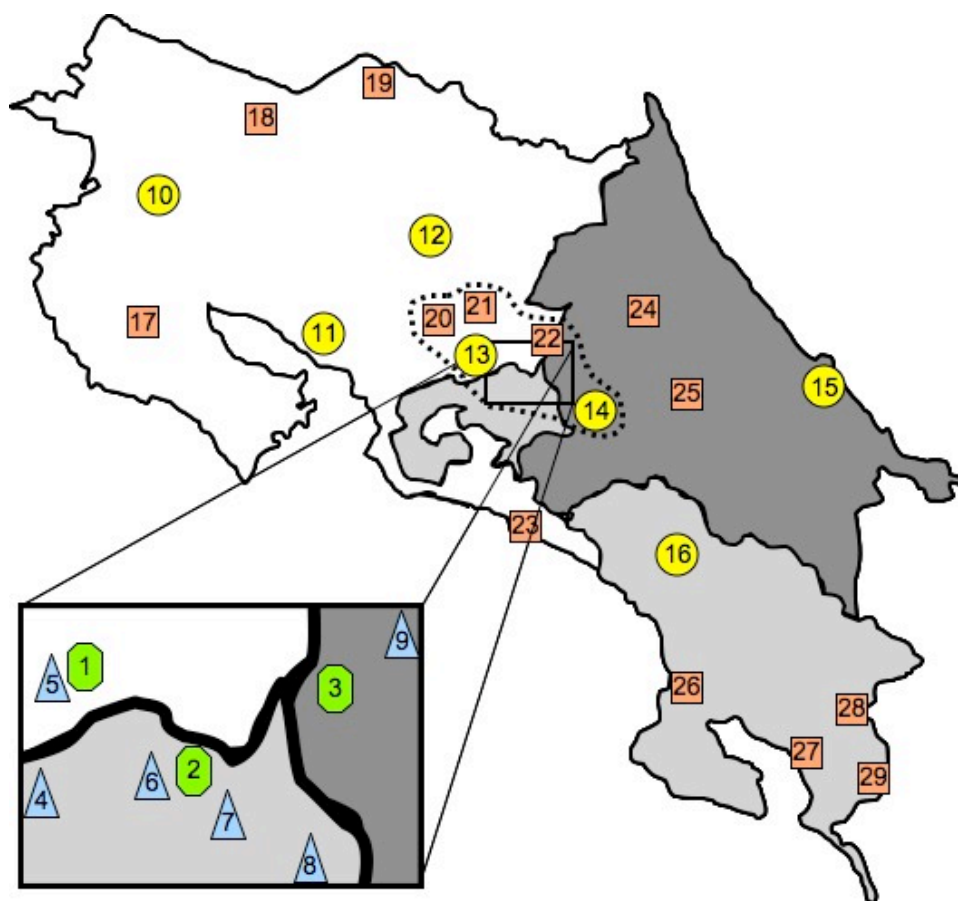
En el *tercer nivel* de atención se encuentran los establecimientos más desarrollados y complejos del país, constituido por 3 hospitales generales y 6 hospitales de alta especialidad, todos localizados en San José.

La ubicación geográfica de los hospitales del segundo y tercer nivel de atención se muestra en la Figura 1.2, observe que existe una concentración de establecimientos hacia la zona central del país, que se encuentra dentro de la GAM (área punteada). Ahí se ubican los tres hospitales generales (íconos 1-3) y los seis hospitales de alta especialidad (4-9), dos hospitales regionales (13-14) y tres hospitales periféricos (20-22), para sumar 14 hospitales (del total de 29) en un área que representa el 16.4% del territorio nacional ^[18]. Esto significa que en el 83.6% restante se distribuyen los otros 15 hospitales, marginando a la población de las zonas alejadas, rurales y más pobres del país, para obtener servicios médicos en las mismas condiciones que el resto de los habitantes.

Por otro lado, a través de la división territorial del país, la CCSS ha definido 3 redes de establecimientos para tener un mejor control y supervisión de los servicios otorgados ^[25]. En la Figura 1.2 se muestra que cada red corresponde a una región geográfica, así los establecimientos que se encuentran dentro de la región blanca del mapa pertenecen a la red

Noroeste, aquellos que se encuentren dentro de la región gris clara pertenecen a la red Sur y los que se encuentran dentro de la región gris oscura, pertenecen a la red Este.

Figura 1.2 - Ubicación geográfica de los hospitales de la CCSS.



Hospitales de Tercer Nivel		Hospitales de Segundo Nivel	
Hospitales General		Hospitales Regionales	
1	H. México	10	H. Enrique Baltodano
2	H. San Juan de Dios	11	H. Monseñor Sanabria
3	H. Calderón Guardia	12	H. de San Carlos
Alta Especialidad		13	H. San Rafael Alajuela
4	H. Nacional Psiquiátrico	14	H. Max Peralta
5	H. Rehabilitación.	15	H. Tony Facio
6	H. de Niños	16	H. Escalante Pradilla
7	H. Nacional Geriátrico	Hospitales Periféricos	
8	H. de la Mujer	17	H. La Anexión
9	H. Psiquiátrico	18	H. de Upala
		19	Hospital Los Chiles
		20	H. Carlos Valverde Vega
		21	H. San Francisco de Asís
		22	H. San Vicente Paúl
		23	H. Max Terán
		24	H. de Guápiles
		25	H. William Allen
		26	H. Tomás Casas
		27	H. de Golfito
		28	H. San Vito
		29	H. Ciudad Neilly

Por otro lado, la dependencia administrativa de los establecimientos del primer nivel de atención (las AS) con los hospitales del segundo nivel se muestra en la Figura 1.3. Observe que todos los establecimientos dependen de un hospital regional, a excepción de aquéllos que se encuentran dentro del área color verde, que dependen de un hospital periférico. Se muestra además un mapa a menor escala (recuadro) para ayudar a explicar lo siguiente: como se dijo la CCSS ha establecido por definición 3 redes de establecimientos (Este, Noroeste y Sur), sin embargo, en el recuadro se pueden identificar que existen 8 Subredes independientes entre sí, al menos en los servicios que se otorgan en el primer y segundo nivel de atención. La dependencia de los hospitales de segundo nivel de los 3 hospitales líderes de cada red, es decir a los hospitales generales, se muestra en la Figura 1.4.

El número de establecimientos (áreas de salud y hospitales) de los tres niveles de atención con los que dispone cada red, se presentan en la Tabla 1.1. Observe que la red Noroeste es la que cuenta con un mayor número de establecimientos, acumulando un poco más del 50% del total. Por su parte la red Este representa un 22.7% y la Sur casi un 19% del total de establecimientos de la CCSS. Cabe aclarar que los hospitales de alta especialidad no pertenecen a ninguna red, ya que por su localización geográfica (todos en la GAM) y su definición, funcionan en forma autónoma según su especialidad; estos representan un 4.5%.

Cada red posee 1 hospital líder del tercer nivel, que es precisamente un hospital general. En el segundo nivel, del número total de establecimientos que posee la red Noroeste, 4 son hospitales regionales (HR) y 7 periféricos (HP); en la red Este 2 son HR y 2 HP; por su parte la red Sur tiene 1 HR y 4 HP.

Tabla 1.1 - Número de establecimientos de la CCSS en los 3 niveles de atención.

	Primer nivel	Segundo nivel	Tercer nivel	Total	Porcentaje
Red Noroeste	59	11	1	71	53.8
Red Este	25	4	1	30	22.7
Red Sur	19	5	1	25	18.9
Alta Especialidad	0	0	6	6	4.5
Total	103	20	9	132	100

Figura 1.3 - Dependencia administrativa de los establecimientos del 1^{er} con el 2^{do} nivel de atención

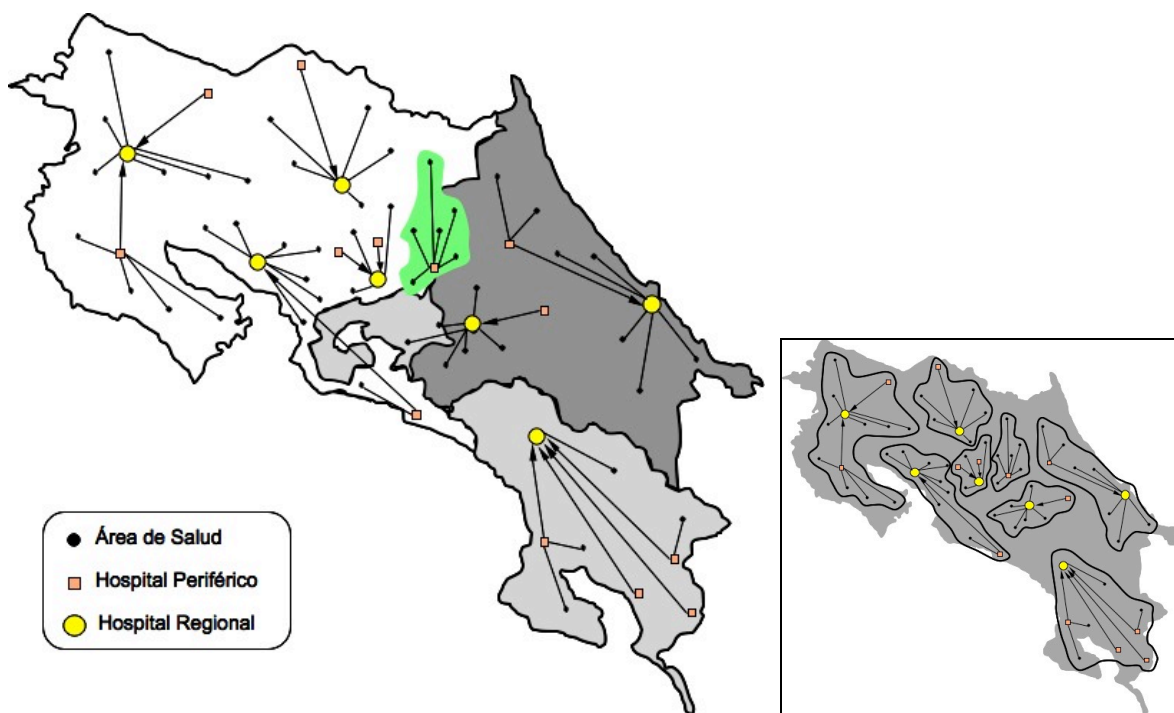
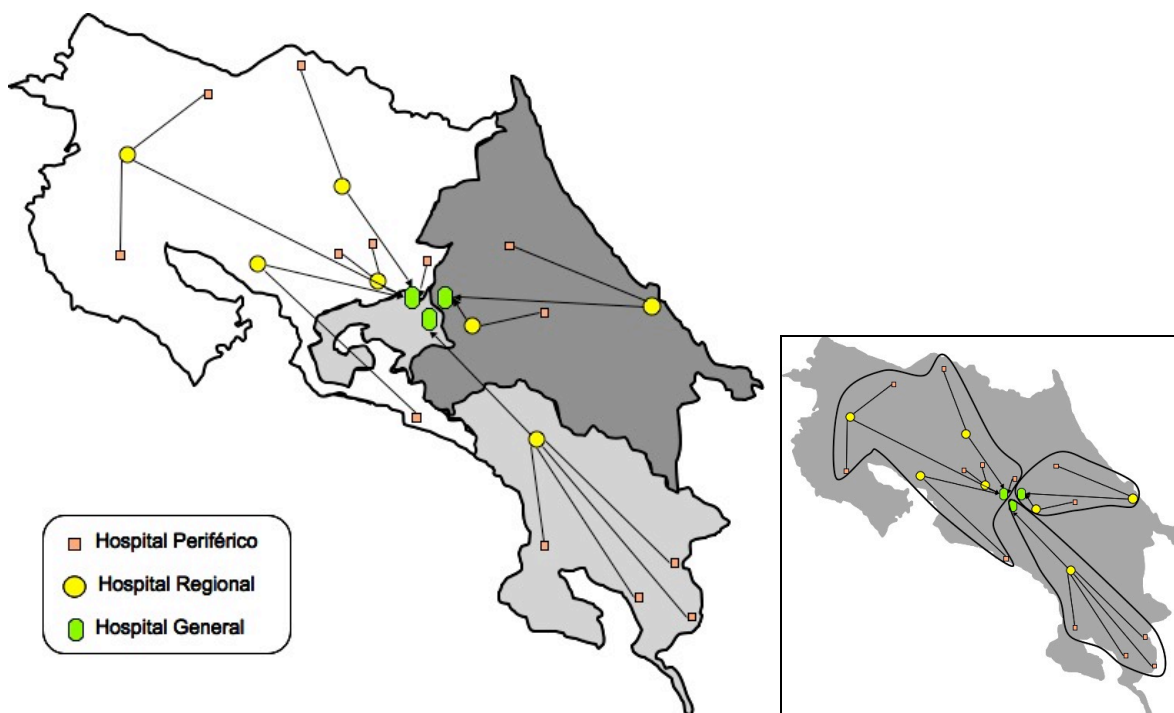


Figura 1.4 - Dependencia administrativa de los hospitales de 2^{do} con el 3^{er} nivel de atención.



1.2 – Capacidad Tecnológica de los Servicios de Imaginología en la Caja Costarricense del Seguro Social

En esta sección se presenta un análisis descriptivo sobre los equipos de imaginología diagnóstica instalados en los hospitales de segundo y tercer nivel de atención de la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS). Los datos utilizados fueron suministrados por el Área de Control de Activos y Suministros, a través del Sistema Contable de Bienes Muebles de la misma CCSS [26].

De manera inicial se presenta la nomenclatura que se utilizó para identificar los diferentes tipos de equipos de imaginología que están disponibles en hospitales de la CCSS. Se incluyeron dentro de este análisis a los rayos X dentales, debido a que en varios hospitales éstos se consideran equipos del servicio de imaginología.

- ArC – arco en C
- DEN – RX dental
- FL – fluoroscopia
- MA – mamografía
- RX – RX convencional
- RXm – RX móvil
- TC – tomografía computada
- US – ultrasonido

El número de equipos que están registrados dentro del Sistema Contable, pertenecientes a los diferentes hospitales de cada una de las 3 redes y a los hospitales de alta especialidad (Alta E.) se muestran en la Tabla 1.2. En total la CCSS cuenta con 257 equipos de imaginología diagnóstica, de los cuales 58 (22.6 %) corresponden a equipos móviles de RX, convirtiéndose en la tecnología médica de imagen más utilizada en el país, seguidos por 57 ultrasonidos (22.2%) y 44 arcos en C (17.1%). De manera contraria, los tomógrafos son la tecnología que se encuentra en menor número, con sólo 7 equipos en todo el país; le siguen 14 mamógrafos y por último los equipos de rayos X dentales que son 18. Por su parte, los equipos de radiología convencional y fluoroscopia suman en conjunto 59, que representan alrededor de una quinta parte de los 257, mismo porcentaje que los equipos móviles de RX y ultrasonidos de forma independiente.

Tabla 1.2 - Número y tipo de equipos de imagen que poseen las redes de establecimientos en la CCSS

Tipos	Noroeste	Este	Sur	Alta E.	Total	Porcentaje
RXm	24	20	7	7	58	22.6
US	28	7	6	16	57	22.2
ArC	16	15	10	3	44	17.1
RX	10	6	8	6	30	11.7
FL	10	9	5	5	29	11.3
DEN	7	4	2	5	18	7
MA	6	4	3	1	14	5.4
TC	3	2	1	1	7	2.7
Total	104	67	42	44	257	100
Porcentaje	40.5	26.1	16.3	17.1	100	

Por otro lado, se hizo una división en 6 categorías de equipos según los años de uso: menos de 5 años, entre 6 y 10 años, entre 11 y 15, entre 16 y 20, más de 21 años. En la Tabla 1.3 se presenta el número de equipos que posee cada red de acuerdo a su antigüedad. Observe que sumando el porcentaje de las categorías de 0-5, 6-10 y 11-15 años, resulta que el 88.7% de los equipos no tiene más de 15 años de uso, y dentro de ese grupo un 21% no supera los 5 años de haber sido adquiridos. Lo que deja a un 11.3% de los equipos, con edad superior a los 16 años.

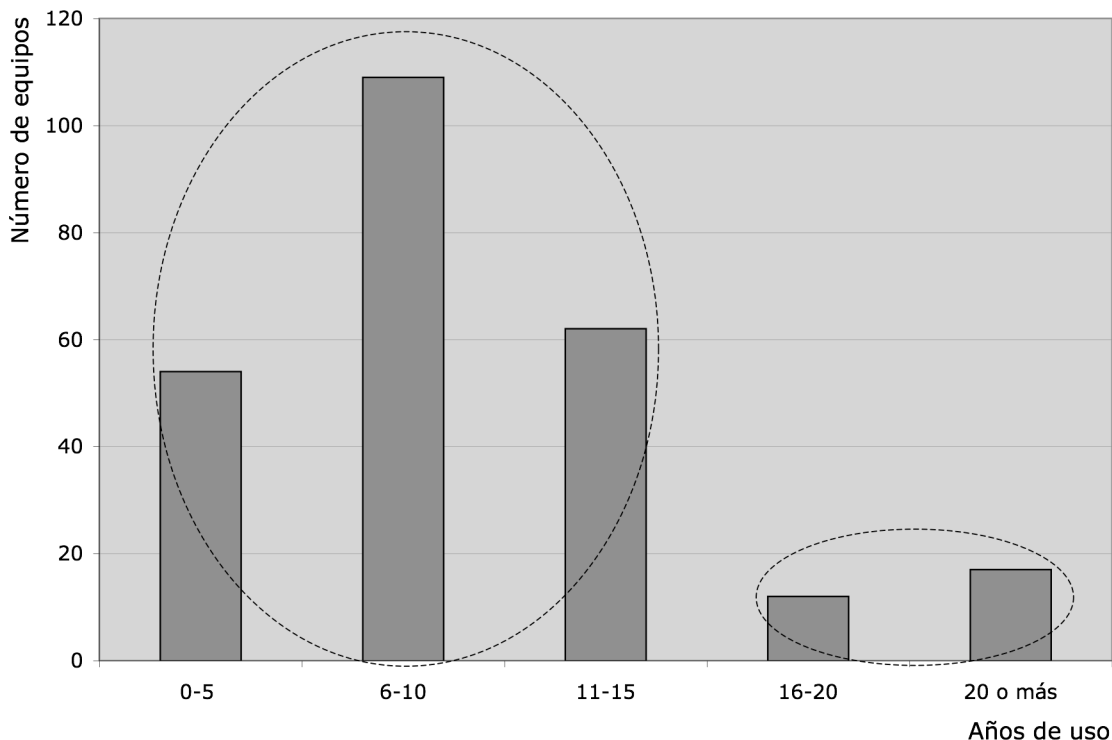
Tabla 1.3 - Clasificación de los equipos de imagen según su número de años de uso

Categoría	Noroeste	Este	Sur	Alta E.	Total	Porcentaje
0-5	24	6	8	16	54	21
6-10	43	30	18	18	109	42.4
11-15	27	20	13	5	65	25.3
16-20	6	1	2	3	12	4.7
21 o más	3	10	2	2	17	6.6
Total	104	67	42	44	257	100

El mayor número de equipos se concentran en las categorías de 0-5, de 6-10 y de 11-15 años de uso (Gráfica 1.3, elipse grande), y en un pequeño número se encuentran en las categorías de 16 o más años de uso (Gráfica 1.3, elipse pequeña); lo cual significa que en la CCSS el promedio de vida de los equipos de imaginología es de 15 años aproximadamente.

Con esta información, se puede justificar la generación e inclusión de un plan de sustitución tecnológica que se aplique a los equipos, inclusive con 10 años o más de uso, para que cuando éstos alcancen los 15 años, la sustitución tecnológica se realice de acuerdo a un proceso planificado [4].

Gráfica 1.3 - Clasificación de equipos de imaginología de acuerdo a su antigüedad

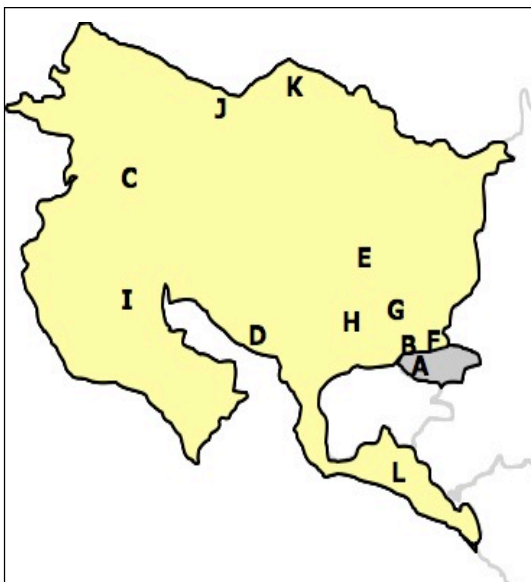


Hasta aquí se ha hecho un análisis comparativo de las redes de establecimientos según la capacidad tecnológica de sus servicios de imaginología y del número de años de uso de los equipos instalados en estos servicios. A continuación se muestra un análisis más detallado sobre la localización geográfica de los hospitales en cada red y la capacidad tecnológica en cada uno de ellos.

1.2.1 – Capacidad Tecnológica de la Red Noroeste

En la red Noroeste hay un total de 12 hospitales cuya ubicación geográfica se muestra en la Figura 1.5. Dichos hospitales corresponden al general Hospital México (A), que se encuentra ubicado en la Ciudad de San José (área sombreada en color gris); a 4 hospitales regionales: San Rafael de Alajuela (B), Enrique Baltodano (C), Monseñor Sanabria (D) y San Carlos (E); y a 7 hospitales periféricos: San Vicente Paúl (F), San Francisco de Asís (G), Carlos L. Valverde (H), La Anexión (I), Upala (J), Los Chiles (K) y Máx Terán (L).

Figura 1.5 - Hospitales de la red Noroeste



En conjunto, estos 12 hospitales poseen un poco más del 40% de la tecnología de imágenes médicas del país con 104 equipos (Tabla 1.2). El detalle sobre el número y tipo de equipos con los que dispone cada hospital se presenta en la Tabla 1.4. Observe que del total, el mayor número de equipos corresponde a los ultrasonidos, los rayos X móviles y los arcos en C. Además, tres de sus hospitales poseen un equipo de tomografía, lo que la convierte en la red mejor equipada respecto a esta tecnología.

Los hospitales México (A), San Rafael de Alajuela (B), San Vicente Paúl (F), San Francisco de Asís (G) y Carlos Luis Valverde Vega (H), pertenecen a la división geográfica que define la GAM^[21]. Si se suma el número de equipos de estos 5 hospitales (28, 13, 7, 6 y 7, respectivamente) el resultado es de 61, que en relación con los 104 de toda la red, representan casi un 60%; dejando a los 7 hospitales que se ubican fuera de la GAM con el 40% restante. Es claro que existe una gran concentración de tecnología en los 5 hospitales que se ubican en la GAM, y que los pacientes que residen fuera de ella reciben un servicio en condiciones menos favorables que los que viven dentro.

Respecto a los tipos de equipos de cada establecimiento, los hospitales regionales de Alajuela (B) y Liberia (C) son los que poseen al menos 1 equipo de cada una de las

tecnologías de imaginología diagnóstica que se utilizan en la CCSS. El Hospital México (A), al ser el líder de la red dispone también de todos los equipos. El Hospital Monseñor Sanabria de Puntarenas (D), es el siguiente con la mayor variedad y cantidad de equipos, faltándole equipo de RX dental y tomografía axial computarizada. El Hospital de San Carlos (E) es el hospital con categoría regional que tiene la menor capacidad tecnológica de toda la red, inclusive menor a los dos hospitales catalogados como periféricos: Hospital San Vicente Paúl de Heredia (F) y Hospital Carlos Luis Valverde de San Ramón (H). Finalmente, los restantes hospitales periféricos de Nicoya (I), Upala (J), los Chiles (K) y Quepos (L) son los que poseen el menor número de equipos de imágenes (5, 2, 4 y 3, respectivamente), además de que su ubicación geográfica es la más alejada de la GAM.

Tabla 1.4 - Número de equipos de imaginología de los hospitales de la red Noroeste

	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	Total
US	11	3	4	4	1	2	1	-	-	-	1	1	28
RXm	7	3	1	1	3	-	2	3	3	-	-	1	24
ArC	4	2	1	2	-	2	1	1	-	1	1	1	16
FL	3	1	2	1	1	1	1	-	-	-	-	-	10
RX	1	1	1	2	-	1	-	2	1	-	1	-	10
DEN		1	1	-	1	-	1	-	1	1	1	-	7
MA	1	1	1	1	-	1	-	1	-	-	-	-	6
TC	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Total	28	13	12	11	6	7	6	7	5	2	4	3	104

1.2.2 – Capacidad Tecnológica de la Red Este

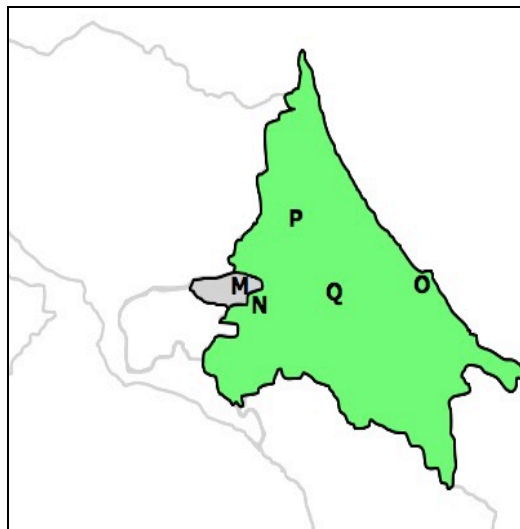
La ubicación geográfica de los 5 hospitales que pertenecen a la red Este se muestra en la Figura 1.6. Los hospitales son el general: Hospital Calderón Guardia (M); 2 hospitales regionales: Max Peralta (N) y Tony Facio (O); y 2 hospitales periféricos: Guápiles (P) y William Allen (Q). En conjunto acumulan un poco más del 25% de la capacidad tecnológica del país, es decir 67 equipos (Tabla 1.2).

De los cinco hospitales, dos se encuentran localizados en la GAM: el Hospital Calderón Guardia (M) y el Hospital Max Peralta (N). En la Tabla 1.5 se muestra que estos dos hospitales poseen 36 y 13 equipos respectivamente, lo que representa casi un 75% de los

equipos que existen en la red. Con lo que se demuestra nuevamente el aspecto de concentración tecnológica que se ha discutido anteriormente.

El hospital líder, Hospital Calderón Guardia (ubicado en la Ciudad de San José, área en color gris) posee al menos 1 equipo de cada una de las tecnologías de imágenes médicas utilizadas en la CCSS (Tabla 1.5). El Hospital Max Peralta (N) posee la mayoría excepto por un equipo de radiología dental. El otro hospital con categoría regional de la red es el Tony Facio de Limón (O), que a excepción del tomógrafo, cuenta con todas las modalidades de imagen.

Figura 1.6 - Hospitales de la red Este



Por su parte los hospitales periféricos de Guápiles (P) y Turrialba (Q) poseen conjuntamente sólo 8 equipos y su variedad está limitada a dos tipos: arcos en C y rayos X móviles. A pesar ello, en la Figura 1.6 se observa que los hospitales periféricos se encuentran relativamente cerca de los hospitales regionales (N y O) y del mismo hospital líder de la red (M), por lo que pueden tener acceso a las modalidades de imagen de las que se carece en estos hospitales.

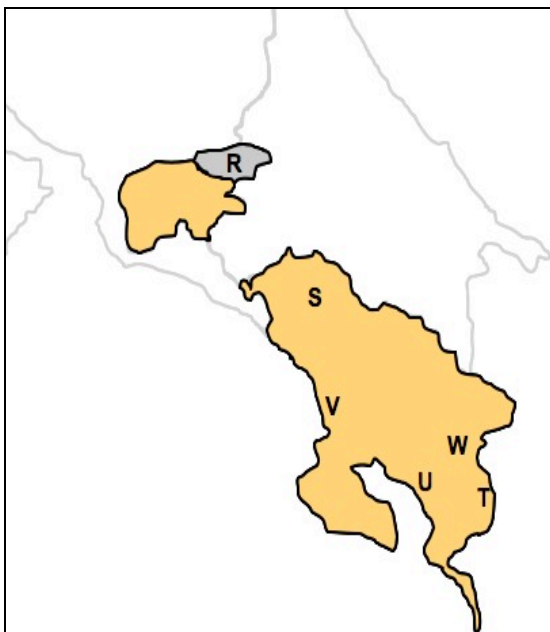
Tabla 1.5 - Número de equipos de imaginología de los hospitales de la red Este

	(M)	(N)	(O)	(P)	(Q)	Total
RXm	11	2	3	2	2	20
ArC	9	2	1	1	2	15
FL	4	3	1	-	1	9
US	3	2	2	-	-	7
RX	3	2	1	-	-	6
DEN	3	-	1	-	-	4
MA	2	1	1	-	-	4
TC	1	1	-	-	-	2
Total	36	13	10	3	5	67

1.2.3 – Capacidad Tecnológica de la Red Sur

La ubicación geográfica de los 6 hospitales que pertenecen a la red Sur se muestra en la Figura 1.7, que son: el general Hospital San Juan de Dios (R) ubicado en la Ciudad de San José (área sombreada en color gris); 1 regional, el Hospital Escalante Pradilla (S); y 4 periféricos: el Hospital de Ciudad Neilly (T), Hospital de Golfito (U), Hospital Tomas Casas (V) y Hospital de San Vito (W). En conjunto, estos hospitales disponen de 42 equipos del total de 257 que existen en el país, lo que representa el 16%; y de este porcentaje el hospital líder de la red, el Hospital San Juan de Dios (R), concentra el 50% con los 21 equipos que posee (Tabla 1.6). Situación que muestra también la concentración de tecnología que existe en hospitales ubicados en el centro del país, que por supuesto afecta a la población que reside en zonas alejadas.

Figura 1.7 - Hospitales en la red Sur



El Hospital San Juan de Dios (R) tiene a su disposición la mayoría de las modalidades de imagen que se utilizan en la CCSS (tan sólo carece de equipos de radiología dental), por lo que la variedad de imágenes y estudios que realiza este hospital, es similar a las que se realizan en el Hospital México. El Hospital Escalante Pradilla (S) a pesar de ser el único hospital con categoría regional, presenta deficiencias importantes en cuanto a su capacidad tecnológica instalada; tal como se muestra en la Tabla 1.6, ya que carece de equipos de ultrasonido, tomografía y radiología dental.

El número de equipos de los restantes cuatro hospitales periféricos (T, U, V y W) es limitado, pues en conjunto poseen 15 y no cuentan con equipos de fluoroscopia, mamografía o tomografía. Esto significa que los habitantes de zonas cubiertas por el hospital regional y los periféricos tienen que trasladarse distancias de 215 a 350 km hasta el hospital líder (R), para poder obtener imágenes o estudios de estas modalidades de imagen.

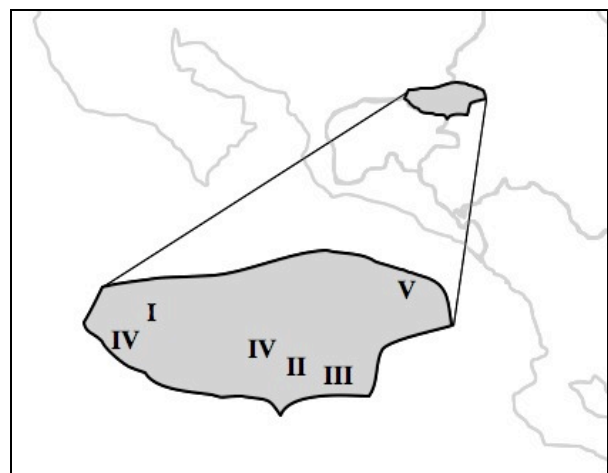
Tabla 1.6 - Número de equipos de imaginología de los hospitales de la red Sur							
	(R)	(S)	(T)	(U)	(V)	(W)	Total
ArC	6	1	-	1	1	1	10
RX	2	2	-	3	1	-	8
RXm	3	1	2	1	-	-	7
US	3	-	-	2	-	1	6
FL	4	1	-	-	-	-	5
MA	2	1	-	-	-	-	3
DEN	-	-	1	-	-	1	2
TC	1	-	-	-	-	-	1
Total	21	6	3	7	2	3	42

1.2.4 – Capacidad Tecnológica de los Hospitales de Alta Especialidad

Los seis hospitales de alta especialidad se encuentran localizados en la Ciudad de San José, (Figura 1.8), y corresponden a los siguientes: Centro Nacional de Rehabilitación (I), Hospital Geriátrico Blanco Cervantes (II), Hospital de la Mujer (III), Hospital Nacional de Niños (IV), Hospital Psiquiátrico (V), Hospital Nacional de Psiquiatría (VI).

Como se explicó anteriormente, la operación de estos hospitales es autónoma, pues la atención que ofrecen depende de la especialidad de cada hospital y de que los pacientes sean remitidos a ellos. Por lo tanto, el nivel de complejidad y el número de equipos está directamente relacionado con su especialidad.

Figura 1.8 - Hospitales Alta Especialidad



El Hospital de la Mujer (III) es el único que por su especialidad, cuenta con equipo de mamografía (Tabla 1.7). Los hospitales de especialidad psiquiátrica (V y VI) poseen sólo 1 equipo de rayos X dental, ya que no requieren equipos de imaginología diagnóstica, pues todos sus pacientes son derivados de otros establecimientos que se encargan de realizar los correspondientes diagnósticos. El Hospital Nacional de Niños (IV) es el establecimiento con el mayor número de equipos de imaginología (16 equipos), sin embargo no cuenta con su propio equipo de tomografía y por supuesto por razones obvias, tampoco con mamógrafo. El siguiente con mayor número de equipos (11 en total) es el Hospital de la Mujer (III). Por su parte el Centro Nacional de Rehabilitación (I), también carece de tomógrafo y mamógrafo, es decir, cuenta con la misma variedad de equipos que el Hospital de Niños pero en menor número, 9 contra 16. Finalmente, el Hospital Geriátrico (II) es el único con la categoría de alta especialidad que posee un equipo de tomografía.

Tabla 1.7 - Número de equipos de imaginología de los hospitales Alta Especialidad							
	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)	Total
US	1	1	8	6	-	-	16
RXm	2	1	1	3	-	-	7
RX	2	1	1	2	-	-	6
DEN	1	2	-	1	1	-	5
FL	1	1	-	3	-	-	5
ArC	2	-	-	1	-	-	3
MA	-	-	1	-	-	-	1
TC	-	1	-	-	-	-	1
Total	9	7	11	16	1	-	44

1.3 – Demanda de los Servicios de Imaginología

Una vez descrita la red de establecimientos de la CCSS y la capacidad tecnológica de los servicios de imaginología, se realizó un estudio de la demanda real de la población de los servicios de diagnóstico por imágenes médicas, considerando aspectos demográficos y epidemiológicos, con el fin de determinar si los recursos destinados para los servicios de imaginología son suficientes y adecuados para satisfacer la demanda.

1.3.1 – Análisis Demográfico

Al realizar el análisis demográfico sobre la demanda de los servicios de imaginología para cada red de establecimientos, se recopiló el número de habitantes de la red ^[27], el número de establecimientos ^[25], el número de camas censables ^[27] y el número de equipos de imaginología ^[26], los datos se presentan en la Tabla 1.8. La relación que existe entre el número de establecimientos y la población en cada una de las redes se da de la siguiente manera: la Noroeste cuenta con casi el 52% de los establecimientos del país y ofrece servicios al mayor porcentaje de la población (42.6%), esto quiere decir que por cada 1% de habitantes le corresponde 1.2% de los establecimientos, lo que significa un sobrante en los servicios de salud, ya que se esperaría que la relación fuera de 1 a 1. Por su parte, la red Este acumula el 24% de los establecimientos para otorgar servicio al 32.4% de los habitantes; así que por cada 1% de la población tiene 0.7% establecimientos, representando un déficit. La red Sur con el 19.9% de establecimientos atiende casi un 25% de los habitantes del país; por cada 1% de la población tiene 0.8% establecimientos, que al igual que la red Este existe un déficit de servicios de salud. Por lo tanto, no existe una distribución equitativa de los establecimientos en relación con el número de habitantes de cada red.

Respecto a las camas censables, en la Tabla 1.8 se observa que la red Noroeste cuenta con el mayor número de camas, en una proporción de 1 cama por cada 1028 habitantes. La proporción en la red Este es de 1 cama por cada 1438 habitantes y en la sur de 1 por cada 976; lo que muestra una desigualdad en el servicio de hospitalización que ofrece la CCSS a la población costarricense.

Por otra parte, del número total de camas censables disponibles en la red Noroeste, 531 pertenecen al Hospital México (hospital líder), lo que representa el 28.7% de camas de la red. Del número total de la red Este, 327 camas se encuentran en el Hospital Calderón Guardia (hospital líder), que es igual al 32.4%. En la Sur, el Hospital San Juan de Dios (hospital líder) posee 716 camas, que es igual al 62.3% del total de la red. Esta situación refleja claramente que existe un servicio marginal en el interior del país, y de forma más acentuada para la red Sur (dos terceras partes de las camas disponibles, están en la Capital).

Respecto a la relación de población con la capacidad tecnológica se presenta la siguiente situación: el mayor porcentaje de la población (42.5%) reside en la red Noroeste, y en sus 12

hospitales se concentra también el mayor número de equipos de imaginología, 40.5% del país; lo que significa que al 1% de la población le corresponde el 0.95% de equipos. En la Este viven el 32.4% de los costarricenses y entre los 5 hospitales que se encuentran en la red, acumulan un 26.1% de equipos; es decir, al 1% de los habitantes les corresponden 0.80% de equipos. Por último, la red Sur nuevamente se encuentra en la situación de mayor desventaja, ya que sus habitantes (25.1%) sólo disponen del 16% de los equipos de imaginología, distribuidos entre sus 6 hospitales; lo que significa que por cada 1% de población hay 0.64% de equipos. Con esto se evidencia que existe una distribución no equitativa de equipos de imaginología en relación con la población que pudiera demandar el servicio.

Como se dijo, los hospitales de alta especialidad operan en forma autónoma, por lo que no existe población asignada directamente con ellos; sin embargo sí fue posible estimar el porcentaje que representan sus establecimientos, camas censables y equipos de imagen (Tabla 1.8). Observe que los 6 hospitales que tienen esta categoría representan un 4.3% del total. El porcentaje de camas censables (28.7 %) es mayor que los porcentajes de la red Este y la red Sur. Y sus 44 equipos representan un 17.1 % del total nacional, un valor por encima del porcentaje de la red Sur.

Tabla 1.8 - Población, número de establecimientos, camas censables y equipos de imagen, por red.

Red	Población		Establecimientos		Camas censables		Equipos imagen	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Noroeste	1 901 911	42.5	73	51.8	1 850	32.9	104	40.5
Este	1 452 500	32.4	34	24.1	1 010	18.0	67	26.1
Sur	1 122 203	25.1	28	19.9	1 150	20.4	42	16.3
Alta Esp.	--- NO APLICA ---		6	4.3	1 615	28.7	44	17.1
Total	4 476 614	100	141	100	5 625	100	257	100

1.3.2 – Análisis Epidemiológico

Las principales causas de muerte de los costarricenses son las enfermedades crónicas no transmisibles (Tabla 1.9). En el año 2003, 10.5 costarricenses por cada 10 mil fallecían por causa de enfermedades del sistema circulatorio, convirtiéndose así en la primera causa de muerte a nivel nacional, cifra que según la Organización Mundial de la Salud (OMS) representa un poco más del 30% de las muertes totales durante el año 2005 ^[28].

Las muertes por tumores corresponden a la segunda causa más frecuente, con una tasa de 8.2 muertes por cada 10 mil. Este tipo de muertes acumularon el 20.7% del total de las defunciones en el año 2005. Por otro lado, las causas externas presentan una tasa de 4.6 y al final se encuentran las enfermedades del sistema respiratorio y digestivo con tasas de 3.7 y 2.7 respectivamente.

El análisis epidemiológico se realizará sobre 3 de las principales causas de muerte: tumores, enfermedades del sistema circulatorio y enfermedades del sistema respiratorio. Los criterios de selección fueron: considerar aquellas causas en donde el servicio de imaginología participa en el proceso de diagnóstico de la enfermedad y en las que se han reportado las tasas de mortalidad en cada una de las 103 Áreas de Salud (AS) de la CCSS. De esta forma quedan excluidas del análisis las muertes provocadas por causas externas (que abarcan las lesiones intencionales: suicidios u homicidios, y las no intencionales: entre ellas los accidentes de tránsito ^[29]) y las muertes provocadas por enfermedades del sistema digestivo (para las cuales no se encuentran publicadas las tasas de mortalidad en las 103 AS).

Tabla 1.9 - Tasas de mortalidad anual según los grupos más frecuentes, Costa Rica, 1999-2003.					
<i>(Tasas por cada 10.000 habitantes)</i>					
Causa de muerte	1999	2000	2001	2002	2003
Enfermedades del sistema circulatorio	11.9	12.4	12.1	11.0	10.5
Tumores	8.1	8.1	8.5	7.9	8.2
Causas externas	4.7	4.8	4.4	4.5	4.6
Enfermedades del sistema respiratorio	4.1	3.9	3.9	3.1	3.7
Enfermedades del sistema digestivo	2.6	2.7	2.5	2.6	2.7

1.3.2.1 – Mortalidad por tumores

Cáncer es un término genérico que se utiliza para llamar a un grupo de más de 100 enfermedades que pueden afectar a cualquier parte del organismo, otros términos utilizados son neoplasias y tumores malignos. En términos generales, el cáncer se define como la generación rápida de células anormales que crecen más allá de sus límites normales y pueden invadir zonas adyacentes del organismo o bien diseminarse a otros órganos en un proceso que da lugar a la formación de metástasis ^[28].

Según la OMS, el cáncer representa la segunda causa de muerte a nivel mundial; tan solo en el 2007 se le atribuyen 7.9 millones de las defunciones anuales (cifra que representa aproximadamente el 13% del total de muertes en el año) ^[28]. Además se afirma que aproximadamente un 30% de esas defunciones son prevenibles aplicando estrategias destinadas a la prevención de los principales factores de riesgo, detección precoz (lo que permite realizar un diagnóstico oportuno) y aplicación del tratamiento correspondiente. En Costa Rica el cáncer también representa la segunda causa de muerte, después de las enfermedades cardiovasculares. Durante el periodo del año 2000 al 2005 se registraron 20 467 muertes a consecuencia de estos padecimientos ^[30] y en el año 2005 las muertes por esta causa representaron casi un 21% del total de muertes.

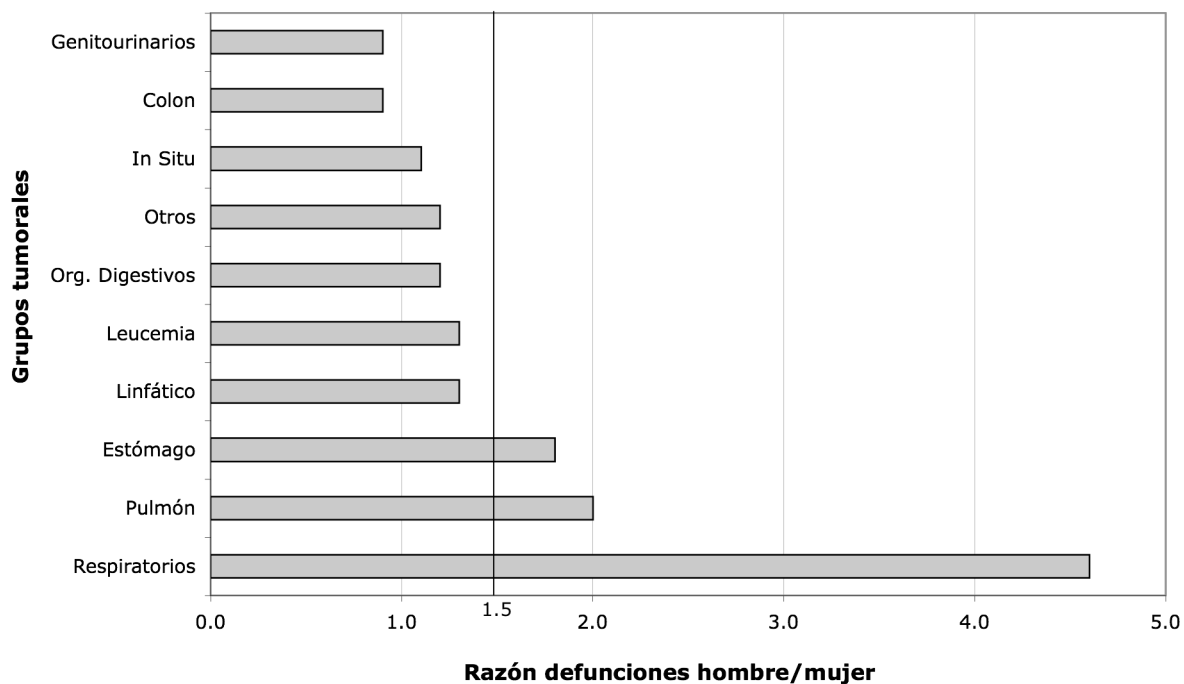
Los principales tipos de cáncer que afectan a los costarricenses se muestran en la Tabla 1.10, la información se clasifica según el sitio de presencia tumoral y según el género. Además muestra la tasa bruta de cada tipo por cada 100 mil habitantes. Se observa que en hombres los tumores en el estómago, próstata y órganos del sistema digestivo lideran las causas de defunción. Por su parte, en el grupo de mujeres son los tumores en el estómago, órganos del sistema digestivo y mama. Nótese que en general los hombres registran una mayor cantidad de muertes en la mayoría de los grupos tumorales, con respecto a las mujeres; este fenómeno se observa con claridad en la Gráfica 1.4, que muestra las razones de defunción hombre/mujer para cada uno de los grupos tumorales. Observe que a excepción del cáncer en órganos genitourinarios y colon, la razón de defunciones hombre/mujer es mayor a la unidad (lo que significa que mueren más hombres que mujeres). Destacando el cáncer de estómago, pulmón y los tumores en el sistema respiratorio, que presentan una razón superior a 1.5.

Atlas de Mortalidad - la Universidad de Costa Rica (UCR), a través del Centro Centroamericano de Población (CCP) ^[30], ha realizado una serie de investigaciones orientadas a la búsqueda de conocimiento y por ende herramientas, que funcionen para plantear soluciones a esta problemática. Un ejemplo de ello es la generación del *Atlas de Mortalidad por Cáncer en Costa Rica 2000-2005* ^[31], que tiene como objetivo mostrar los recientes patrones geográficos de mortalidad por cáncer sobre las 103 Áreas de Salud (AS) del país.

Tabla 1.10 - Defunciones de todos los grupos de sitios tumorales. Costa Rica, 2000-2005

Grupo tumoral	Defunciones			Tasa
	Hombres	Mujeres	Total	
Estómago	2 271	1 278	3 549	14.5
Próstata	1 758	0	1 758	14.1
Órganos digestivos y del peritoneo, excepto estómago y colon	1 655	1 425	3 080	12.6
Mama	0	1 228	1 228	10.2
Cuello, cuerpo y parte no especificada del útero	0	1 035	1 035	8.6
Tráquea, los bronquios y el pulmón	996	505	1 501	6.1
Colon y de la unión rectosigmoidea	613	718	1 331	5.4
Tejido linfático.	608	472	1 080	4.4
Otros órganos genitourinarios	498	579	1 077	4.4
Leucemia	547	436	983	4
Tumores in situ, benignos y los de comportamiento desconocido	393	350	743	3
Órganos respiratorios e intratorácicos, excepto tráquea y pulmón	225	49	274	1.1
Total	11 132	9 335	20 467	100

Gráfica 1.4 - Razón de defunciones hombre/mujer por cáncer, Costa Rica 2000-2005



En el *Atlas* se logró identificar cada AS según el índice de mortalidad estandarizado (IME), que se utiliza para comparar la mortalidad de cierta región con el valor registrado a nivel nacional. Una vez identificadas las 103 áreas, se clasificaron en cuatro grupos para representar AS con valores de sobremortalidad (lo que significa que las tasas de mortalidad de la región son significativamente mayores al promedio nacional), inframortalidad (con tasas significativamente menores al valor nacional), aquellas con diferencia no significativa al promedio nacional, y finalmente un grupo para las que no existía suficiente información para su análisis. En el atlas de mortalidad en hombres (Figura 1.9), destacan 24 AS con niveles de sobremortalidad (en color rojo), lo que representa casi una cuarta parte de las 103 áreas del país. Se observa que 10 de ellas se encuentran fuera del GAM, esto quiere decir que existe una mayor incidencia de muerte por cáncer en AS que se encuentran dentro del GAM. Para el caso de las mujeres (Figura 1.10), destacan 18 AS con sobremortalidad, de las cuales tan solo 3 no se encuentran dentro de la GAM. También se observa que existe un mayor número de AS con inframortalidad (en color verde) en el atlas de mujeres, que en el de hombres.

Figura 1.9 - Áreas de Salud con IME distinto al promedio nacional. Todos los tipos de cáncer en hombres. Costa Rica 2000-2005

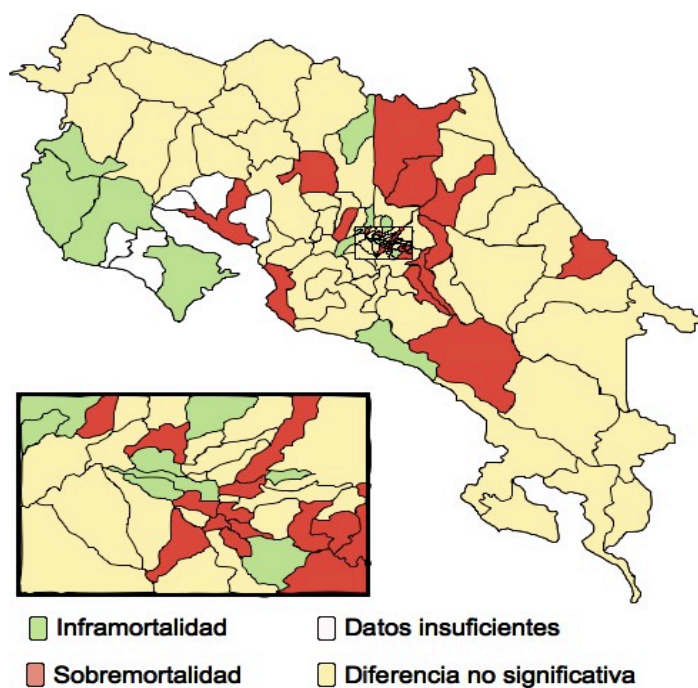
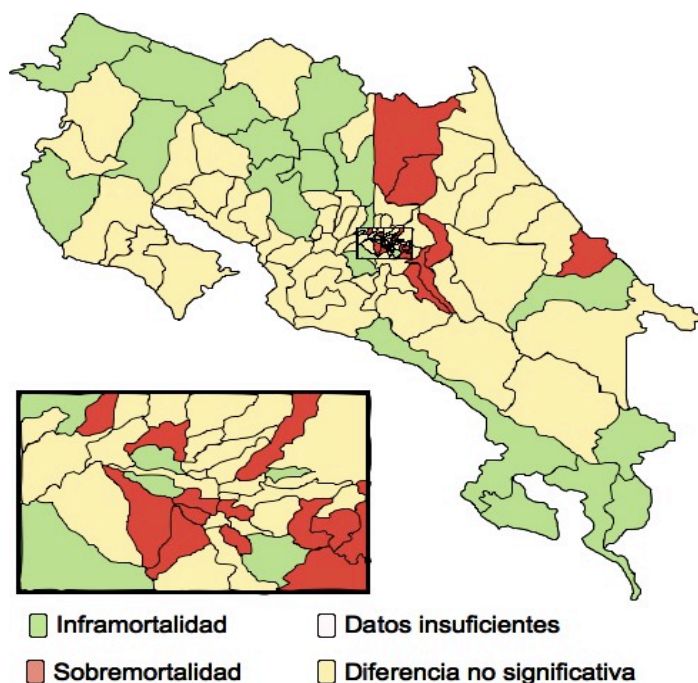


Figura 1.10 - Áreas de Salud con IME distinto al promedio nacional Todos los tipos de cáncer en mujeres. Costa Rica 2000-2005



1.3.2.2 – Mortalidad por enfermedades del sistema circulatorio

Las enfermedades del sistema circulatorio, concentran todas las enfermedades del corazón y de los vasos sanguíneos por donde es irrigada la sangre a todos los tejidos del cuerpo. Según la OMS este tipo de enfermedades son la principal causa de muerte en todo el mundo. Se calcula que durante el 2005 murieron cerca de 17.5 millones de personas por esta causa, lo que representa el 30% de todas las muertes registradas en el mundo ^[32]. Este tipo de enfermedades afectan por igual a ambos sexos y más del 80% se producen en países de bajo y medio ingreso. Se afirma que el 80% de las muertes prematuras por este tipo de cardiopatías podrían evitarse con una dieta saludable, actividad física regular, el abandono del consumo del tabaco, como también a través de un diagnóstico correcto y oportuno, tanto para la detección como para el control.

Otra de las razones para reducir las muertes causadas por estas enfermedades, se encuentra en el gasto que los países destinan al tratamiento de los enfermos. Por ejemplo, la Asociación Americana del Corazón (AHA, por sus siglas en inglés) estimó que en el año 2004 el costo directo por la atención y tratamiento de pacientes con enfermedades del sistema circulatorio

asciende a los \$33 billones de dólares americanos y a los \$20.6 billones por costos indirectos [33]. En Costa Rica esta situación no es distinta al panorama mundial, pues este tipo de enfermedades representan también la primera causa de mortalidad, responsables del 30.7% de las muertes del año 2005.

Tomando como ejemplo al atlas de mortalidad por cáncer del Centro Centroamericano de Población [31], se generó un atlas de mortalidad por enfermedades del sistema cardiovascular (Figura 1.11). Para su construcción se utilizaron las tasas de mortalidad de las 103 AS del país, que fueron reportadas por el Departamento de Estadística de la Dirección Actuarial de la CCSS [34]. Con ellas se asumió una distribución gaussiana para calcular el promedio nacional y la desviación estándar. Se consideró que aquellas AS con una tasa de mortalidad superior a la media más una desviación, presentaban sobremortalidad respecto al promedio nacional y en el atlas se presentan en color rojo (Figura 1.11). En el caso de las AS con tasas inferiores a la media menos una desviación, se clasificaron como áreas con inframortalidad y se representan en color verde. Por último en color amarillo se clasificaron las AS cuyas tasas de mortalidad se encontraban dentro de un rango del promedio nacional más/menos 1 desviación estándar. Se observa que existen 3 regiones geográficas con AS con niveles de sobremortalidad, una en el noroeste, otra en la región central (en el recuadro) y la otra en el noreste del país.

Por otro lado, también se pueden identificar 4 grupos de AS con valores de inframortalidad, uno de ellos en el norte del país, otro en el este, en la región central sur y un último en el centro del país, situación que refleja la existencia de regiones en el país en donde las condiciones para atención de los ciudadanos es distinta. Finalmente, si se analizan las AS en color amarillo, que no presentan diferencia significativa respecto al promedio nacional, se puede decir que la mayor parte del país se encuentra dentro de este grupo.

1.3.2.3 – Mortalidad por enfermedades del sistema respiratorio

Dentro del grupo de enfermedades del sistema respiratorio, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) es la más común e incidente. Se calcula que a nivel mundial hay más de 210 millones de personas con EPOC [35], de las cuales 3 millones fallecieron en el año 2005 (lo que representa el 5% de todas las muertes registradas ese año), de esos 3 millones de muertes, aproximadamente un 90% se produjeron en países de bajo y mediano ingreso, lo que

quiere decir que los países de América Latina tienen una mayor incidencia de muerte por este tipo de enfermedades.

La EPOC se trata de una enfermedad subdiagnosticada y potencialmente mortal que altera la respiración, se caracteriza por un bloqueo persistente del flujo de aire. Su principal causa es la inhalación del humo del tabaco (tanto en fumadores activos como pasivos). Se dice que no es curable, pero un tratamiento oportuno que se encuentra directamente asociado con la prontitud y exactitud del diagnóstico, puede retrasar el progreso de la enfermedad y por ende la calidad de vida de los pacientes que la padecen ^[35]. El diagnóstico de la enfermedad se realiza con una prueba llamada espirometría (que mide la cantidad y velocidad del aire inspirado y espirado) que se confirma a través de imágenes de las vías aéreas superior e inferiores del paciente, en las que se pueden evidenciar el grado de obstrucción.

En Costa Rica, la tasa de mortalidad por enfermedades del sistema respiratorio en el año 2003 fue de 3.7 por 10 mil habitantes ^[15], y la tasa de muertes causadas solamente por EPOC es de 2.3 por 10 mil habitantes ^[34], valor que representa el 88% del total de las muertes por enfermedades del sistema respiratorio.

Se construyó un atlas de mortalidad de enfermedades del sistema respiratorio, bajo el mismo criterio y método utilizado para el atlas de mortalidad por enfermedades del sistema cardiovascular, es decir clasificando las AS según sus tasas de mortalidad por encima o debajo del promedio nacional ± 1 desviación estándar. El atlas se presenta en la Figura 1.12, y se resaltan las AS con niveles de sobremortalidad, inframortalidad y de no diferencia significativa respecto al promedio nacional. Se observa que en la región noroeste existe la mayor concentración de AS con niveles de sobremortalidad, pero igualmente en las zonas limítrofes del este, sur y centro del país hay AS con sobremortalidad, indicador que refleja una mayor incidencia de la enfermedad en regiones a baja altitud (nivel del mar). Por su parte, la inframortalidad se concentra en la región norte del país, acumulando casi en su totalidad las AS de la región. Respecto a las AS con tasas con niveles similares al promedio nacional, se observa que se distribuyen sobre el resto del territorio.

Figura 1.11 - Atlas de mortalidad por enfermedades del sistema circulatorio

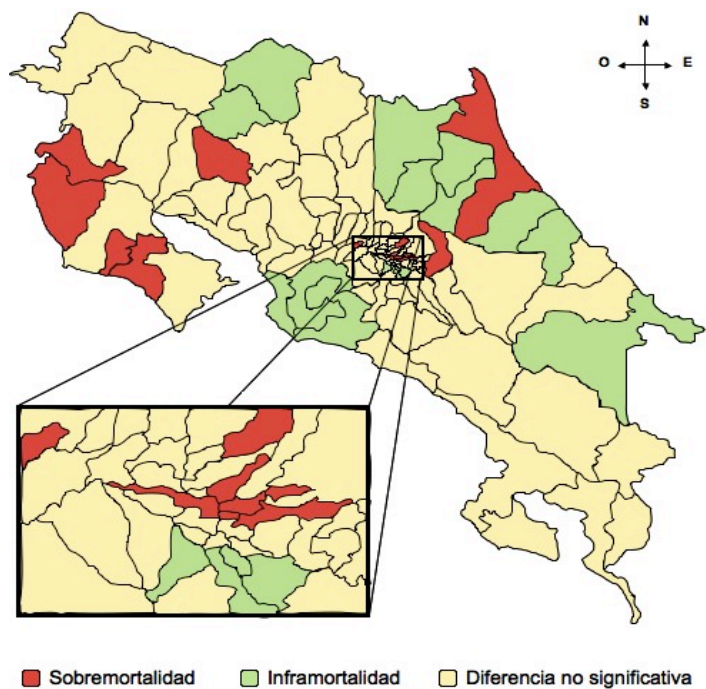
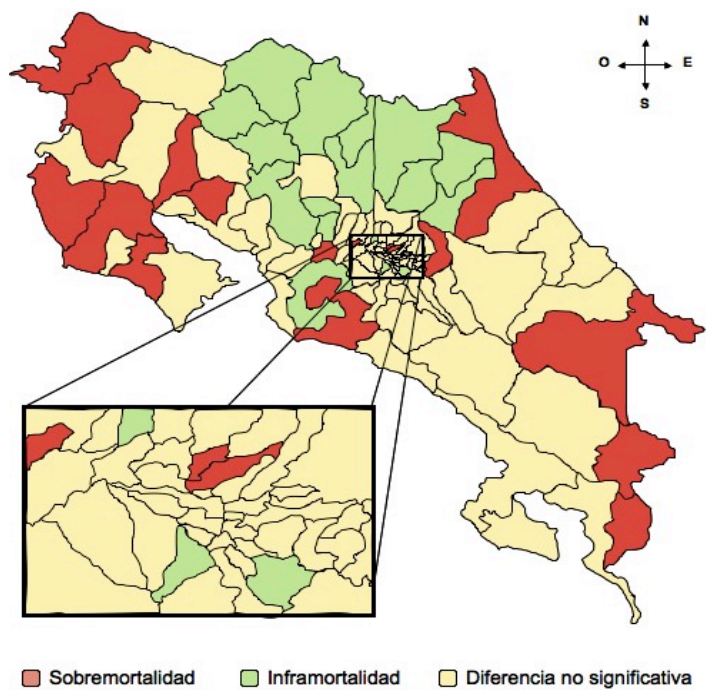


Figura 1.12 - Atlas de mortalidad por enfermedades pulmonar obstructiva crónica, EPOC



En este capítulo, se logró establecer que existe una concentración de recursos en los servicios de imaginología diagnóstica de los hospitales ubicados en la Gran Área Metropolitana y de manera más pronunciada en los tres hospitales generales. Esta situación refleja un problema de poca oferta del servicio a una alta demanda de la población, sobre todo en las regiones más alejadas de la Capital del país; lo cual conlleva a la generación de un nuevo problema con el traslado de los pacientes a la Capital, que provoca la saturación del servicio que en estos hospitales se ofrece. En este sentido, en el siguiente capítulo se presenta un modelo de solución a este problema identificado.

- CAPÍTULO II -

MODELO DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE CONCENTRACIÓN DE LOS SERVICIOS DE IMAGINOLOGÍA DE LA CAJA COSTARRICENSE DEL SEGURO SOCIAL

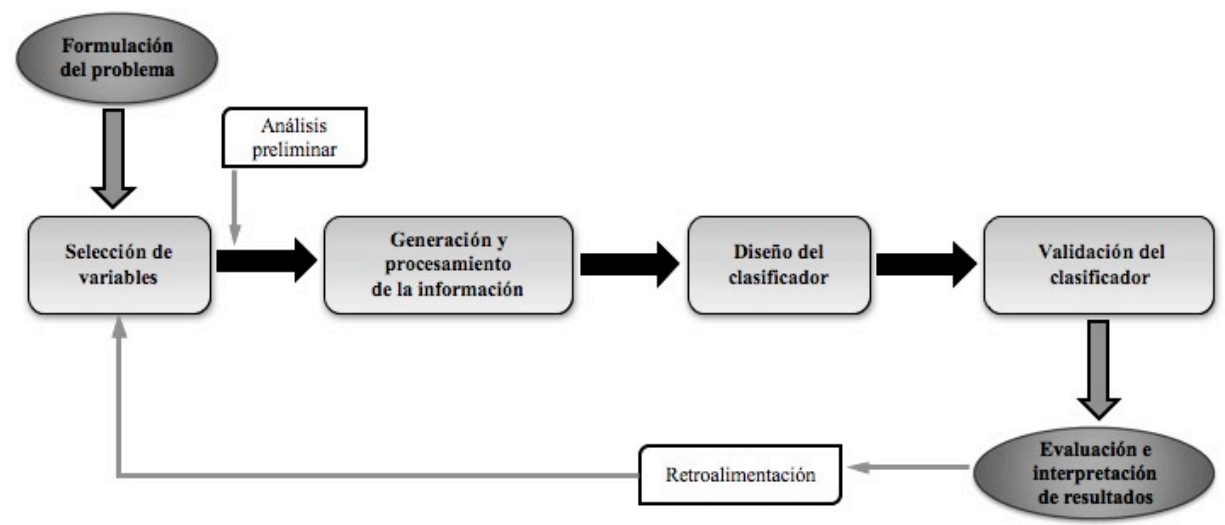
2.1 – Formalización del Problema

El reconocimiento de patrones (RP) es una disciplina que busca la solución de problemas de clasificación de objetos y fenómenos, mediante la extracción de información (que puede ser física y/o abstracta) y la determinación de factores que inciden sobre los mismos, que permitan establecer propiedades de o entre conjuntos de dichos objetos y fenómenos ^[36, 37].

En la solución específica de un problema de clasificación a través del RP, el *enfoque lógico combinatorio* consiste en suponer que los objetos se describen por medio de una combinación de características cuantitativas y cualitativas, y así los distintos valores que tomen pueden ser procesados por funciones numéricas ^[36]; se basa en la idea de que la modelación del problema debe ser lo más cercana posible a la realidad del mismo, sin hacer suposiciones que no estén fundamentadas.

El proceso de solución contempla una serie de etapas, que si bien presentan un orden consecutivo, no implica que necesariamente tengan que estar todas presentes en el proceso de solución, ya que en algunos casos éstas se pueden presentar de manera fusionada o bien simplemente no son requeridas ^[38]. En la Figura 2.1, se describe a través de un diagrama de bloques la secuencia de las etapas del proceso de solución.

Figura 2.1 - Diagrama de las etapas para la formalización y solución del problema de clasificación



2.1.1 – Selección de Variables

Esta etapa consiste en seleccionar de los objetos a clasificar, las características que permitan extraer la mayor información posible y adecuada para poder describirlos de mejor manera, buscando además seleccionar aquellas características que incidan de manera determinante en el problema de clasificación.

La importancia de realizar una correcta selección de variables radica en el interés por conocer la influencia que tienen diferentes características sobre un fenómeno en particular o un conjunto de objetos. Adicionalmente, hay que incluir otras dos cuestiones fundamentales para la solución del problema de selección: en la primera hay que distinguir entre las muchas variables que se pudieran considerar en el estudio, aquellas que no se pueden pasar por alto y, en la segunda hay que determinar si todas son igualmente relevantes para el estudio, es decir, hay que asignar el grado de relevancia que le corresponde a cada una ^[36].

Dentro de la etapa del *análisis preliminar de datos*, es necesario efectuar una revisión de la información recopilada con las variables, calcular estadísticas descriptivas y/o generar gráficas que permitan formar una idea más clara de la estructura del problema.

2.1.2 – Generación y Procesamiento de la Información

Esta etapa puede ser vista como un análisis exploratorio de los datos, que proveerá una buena conclusión del estudio y que además dependiendo de los resultados, se convierte éste en el medio para proponer el diseño de un clasificador acorde a los objetos y al problema de su clasificación. Para ello, es necesario generar y procesar la información que a través de las variables se pudo recopilar.

Los indicadores constituyen herramientas indispensables para la generación de información relevante y oportuna para la toma de decisiones y para darle seguimiento a objetivos propuestos ^[39]. Para interés particular de este trabajo, representan una estrategia para generar información dentro de esta etapa de análisis de datos, antes de proponer una solución a la problemática planteada. De forma general, el diseño de los indicadores debe cumplir con las siguientes características:

- Estar inscritos dentro del marco teórico o conceptual, para poder asociarse directamente al problema que se pretende solucionar.
- Ser específicos, es decir, estar vinculados directamente con los fenómenos económicos, sociales, culturales o de otra naturaleza sobre los que se pretende actuar.
- Ser explícitos, de tal forma que su nombre sea suficiente para entender su significado.
- Tener un tiempo de validez, con el fin de que se pueda observar el comportamiento del fenómeno a través del tiempo, así como también para diferentes regiones geográficas.
- Ser relevantes y oportunos para la aplicación de políticas, describiendo la situación prevaleciente en los diferentes sectores a donde se vayan a utilizar.
- Ser claros y de fácil comprensión para los miembros del gremio que los vaya a utilizar, de forma que no haya duda o confusión acerca de su significado y contenido.
- Ser reproducibles, es decir, que la recopilación de información permita construir el mismo indicador y bajo condiciones similares, año tras año, de modo que permita realizar una comparación de resultados en una línea del tiempo.

Además es importante considerar que existe una diversidad muy amplia de indicadores, por lo tanto es necesario definir paralelamente criterios que permitan seleccionar aquéllos que ayuden de manera más directa en la solución del problema ^[40]. Estos criterios son:

- Disponibilidad – deberán disponerse de registros del mayor número posible de territorios y países.
- Cobertura – el indicador se debe relacionar tanto como sea posible con cada país y territorio como con un todo y no sólo con un área seleccionada o un grupo determinado de población.
- Calidad de la información – los registros necesarios para estimar el indicador deberán ser de buena calidad, es decir, el indicador no deberá estar indebidamente afectado por defectos cualitativos entre registros, como los que surgen por el registro incompleto o por diferencias en la práctica del registro, definiciones o procedimientos utilizados para clasificar y consolidar los datos.
- Amplitud – el indicador deberá tener un carácter tan amplio como sea posible, incorporando varios factores que afecten el fenómeno en cuestión.

- Simplicidad – En lo posible, el cálculo del indicador deberá ser suficientemente sencillo para tener aceptación internacional
- Precisión o poder discriminatorio – El indicador habrá de tener alta precisión y suficiente validez para distinguir entre diversas regiones y para indicar los cambios que ocurren de cuando en cuando.

Por otro lado, para el procesamiento de la información, existen diferentes conceptos y herramientas que pueden ser utilizados dependiendo de las características intrínsecas del mismo problema. La normalización de la información, por ejemplo, es un procesamiento que facilita la manipulación de datos dentro de un único dominio acotado, de forma tal que permite manejar información procedente de diferentes variables, bajo una misma regla o estructura. Otra herramienta es la medición de la importancia informacional de las variables procesadas, ya que está claro que la relevancia, la representatividad, la confiabilidad de la información de una variable dentro de una misma clase no necesariamente es la misma. Tampoco es difícil comprender que no en todos los problemas prácticos las características mencionadas de los objetos se pueden resumir en una misma expresión, es decir su relevancia depende del problema que se encuentre en análisis. Lo que motiva al experimentador a diseñar diferentes expresiones para asignar el nivel de relevancia según el problema al que se enfrente.

2.1.3 – Diseño del Clasificador

La solución a un problema de clasificación, es en esencia el estudio de las relaciones de pertenencia de ciertos elementos respecto a ciertos conjuntos. Por lo tanto es natural considerar al problema de clasificación desde el punto de vista de la teoría de conjuntos, en la que se manejan tres conceptos primarios: conjunto, elemento y pertenencia; significando que son conceptos que no se definen, sólo se determinan.

Existen dos formas de determinar un conjunto: por extensión, listando los elementos del conjunto; o por intención, indicando la propiedad que deben cumplir los elementos del conjunto. Por otro lado, existen dos formas de saber si un elemento pertenece o no a un conjunto: primero si se tiene el listado de todos sus elementos componentes, se comprueba si el elemento aparece en el mismo; y segundo si se conoce la propiedad que lo caracteriza, que lo determina, se verifica si la cumple o no. Sin embargo, en muchas ocasiones no se tiene el

listado completo de los elementos de un conjunto, ni se conoce la propiedad que caracteriza al conjunto de manera unívoca, o en su caso, se conoce la propiedad de una manera poco precisa. Lo que implica la necesidad de elaborar algoritmos y/o estrategias de clasificación que se adecuen de una mejor manera a las características del problema en cuestión, basándose en nociones intuitivas de tipicidad y contraste, satisfaciendo las siguientes características:

- deben admitir cualquier tipo de variables;
- deben permitir trabajar con descripciones incompletas de objetos (ausencia de información);
- no deben presuponer que todas las variables que intervienen en la descripción de los objetos, tienen la misma importancia informacional, la misma relevancia;
- deben permitir realizar comparaciones entre los valores de las variables con cualquier tipo de criterio de comparación;
- la semejanza entre las descripciones de los objetos puede ser de cualquier naturaleza;
- no se debe asumir propiedad alguna en la distribución de los datos de aprendizaje, comportamientos específicos: normalidad, simetría, etc.
- debe admitir cualquier cantidad de tipos de objetos en una colección de datos.

De manera específica el enfoque lógico combinatorio permite solucionar problemas de clasificación en áreas de salud y sociología (por mencionar algunas), en donde muchos de los objetos a clasificar son descritos en términos de variables cuantitativas y cualitativas, pudiendo simultáneamente existir ausencia de información ^[36]. Esta clasificación se puede realizar de forma supervisada o no supervisada: en la clasificación supervisada, se parte del conocimiento de la existencia de un universo de objetos que ya ha sido clasificado en un número determinado de clases, y ante la presencia de un nuevo objeto, el problema consiste en establecer a cuál de las clases ya definidas pertenece; en los problemas de clasificación no supervisada, se desconoce algún tipo de clasificación de los objetos en diferentes clases y ese es justamente el objetivo que se persigue.

El algoritmo basado en umbrales de exactitud, es un ejemplo de una herramienta de clasificación con aprendizaje, en la que se toma en cuenta el peso informacional de la descripción del objeto en función del procesamiento de las variables que se utilizaron para describirlos inicialmente ^[36]. La idea consiste en que la mayoría de los pesos informacionales

de los objetos de una clase, respecto a dicha clase, se mueven en un entorno diferente a los pesos informacionales de otros objetos en sus respectivas otras clases. De tal modo que es de suponer que si el peso informacional de un objeto respecto a una clase está en torno (dentro del intervalo) de los pesos informacionales de una clase, debe ser ubicado en la misma.

2.1.4 – Prueba y Validación del Clasificador

Es necesario realizar pruebas de validación como parte de un proceso de revisión sistemática, para verificar que el clasificador cumple con las especificaciones de diseño y cumple también con el objetivo para el cual fue creado.

2.1.5 – Evaluación e Interpretación de los Resultados

Esta etapa puede implicar la aplicación de un clasificador independiente o la comparación de los resultados con criterios que permitan analizar las nuevas descripciones de los objetos, en función de las variables e información procesada.

El criterio de analogía, por ejemplo, permite evaluar el parecido que tienen entre sí dos objetos en dependencia de los variables que los describen. También se puede utilizar este término para referirse a la semejanza o parecido, que guardan los valores de una misma característica. Se puede afirmar que dos objetos “se parecen más mientras más cercanas se encuentren sus descripciones”, teniendo siempre en cuenta el espacio en donde se hacen sus representaciones y cómo es que se realiza esa comparación de semejanza. Para lograr esto, es necesario comprender con claridad a los objetos que se quieren estudiar y desde qué punto de vista y con qué objetivo se quiere realizar dicho estudio. Los objetos pueden ser físicos (diferentes regiones geográficas de un país) o bien abstractos (el cuadro clínico de un paciente ante la presencia de una enfermedad). En segundo lugar y quizás lo más importante, es que la forma en que se pueden comparar los objetos en el espacio físico, no tiene por qué coincidir con la forma en que se pueden comparar en el espacio determinado por las variables que los describen, ya que este último espacio depende de los objetivos del estudio que se desee realizar.

2.1.6 – Retroalimentación

Es necesario analizar al RP como un proceso iterativo: la evaluación e interpretación de los resultados puede plantear nuevas hipótesis que requerirán de una mayor recopilación de datos. Nótese que el ciclo puede terminar en diferentes etapas, cuando las preguntas se respondan desde un primer análisis de datos, o bien cuando se encuentra que los datos no pueden responder a la pregunta inicial y sea necesario reformular el problema.

Utilizando la formalización teórica presentada hasta este momento se logró generar un *Modelo matemático* (sección 2.2), a partir del cual, se desarrolló un *Método* (sección 2.3) para estimar de forma cuantitativa el nivel de acceso a los servicios de imaginología que tienen los habitantes de una región geográfica particular, y así posteriormente poder clasificar dichas regiones según su nivel de acceso estimado.

2.2 – Modelo Matemático para la Estimación del Acceso a los Servicios de Imaginología

Sea $S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$ un conjunto finito de Subredes de establecimientos, cada Subred está descrita en términos de un conjunto finito de variables $V = \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$ donde cada variable V_i (con $i = 1, 2, \dots, n$) está definida sobre un conjunto de valores admisibles $M_i = \{V_{i1}, V_{i2}, \dots\} \cup \{*\}$, donde $*$ denota ausencia de información. La descripción de cada Subred, está representada como una secuencia finita de valores asignados a cada variable: $D(S_j) = (V_i(j), \dots, V_n(j))$, donde $V_i(j) \in M_i$ y es el valor que toma la variable V_i en la Subred S_j .

Asimismo, las Subredes $S_j \in S$ (con $j = 1, 2, \dots, m$), se encuentran agrupadas en un conjunto finito de clases $C = \{C_1, C_2, \dots, C_p\}$ que representan el nivel de acceso que tienen sus habitantes a los servicios de imaginología locales y los servicios se encuentran concentrados en la Capital. Entonces dada una nueva Subred S_m , de la cual se conoce su descripción $D(S_m)$, el problema consiste en clasificarla en C .

Definición 1

Sea $\mathbf{I} = \{I_1, I_2, \dots, I_k\}$ donde $k = \{1, 2, \dots, 7\}$, un conjunto finito de funciones denominadas *indicadores parciales*, que asocian una o más variables del conjunto \mathbf{V} . Donde $I_k \rightarrow \Delta_k$, $\Delta_k = [0, 1]$.

Definición 2

Sea $\mathbf{R}(S_m) = (I_1(m), I_2(m), \dots, I_k(m))$ una nueva descripción de la Subred S_m descrita en términos de los indicadores parciales contenidos en \mathbf{I} .

Definición 3

Sea *ASI* el *acceso a los servicios de imaginología*, definido por la siguiente función: $ASI = \frac{\sum_{k=1}^7 (\overline{I_k})}{N}$, con N un parámetro de normalización e $\overline{I_k}$ los indicadores parciales procesados con su complemento y ajustados con un factor de relevancia. Donde $ASI \rightarrow \Delta$, $\Delta = [0, 1]$.

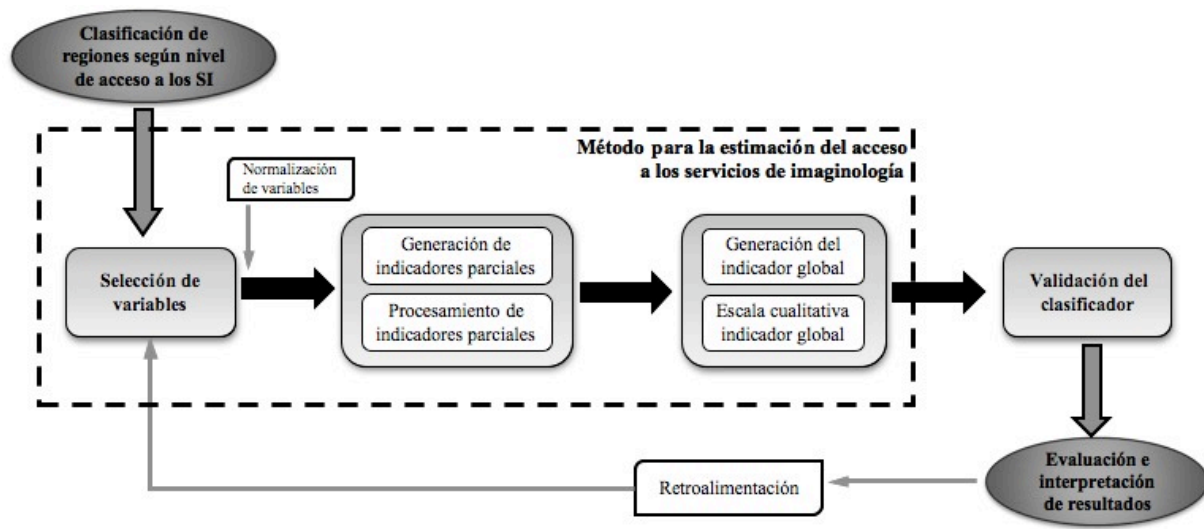
2.3 – Método para la Estimación del Acceso a los Servicios de Imaginología

Para estimar cuantitativamente el Acceso a los Servicios de Imaginología (*ASI*), se consideraron diversos aspectos como la infraestructura hospitalaria de la región y su capacidad de atención, en función del recurso tecnológico instalado (específicamente relacionado con los equipos de imaginología diagnóstica), también se tomaron en cuenta aspectos demográficos, epidemiológicos y geográficos de la región. En ese sentido se seleccionaron un conjunto de variables, con las cuales se diseñaron una serie de indicadores parciales para generar información relacionada con el *ASI*. Posteriormente estos indicadores se incluyeron dentro de una función matemática cuyo resultado es un indicador global que representa de manera numérica el nivel del *ASI* que tienen los habitantes de una región particular.

El desarrollo del *Método* se realizó utilizando la teoría presentada en la formalización del problema (sección 2.1) y el modelo matemático propuesto para su solución al problema de clasificación de regiones (sección 2.2); el diagrama de las etapas necesarias para la solución

del problema de clasificación, según su nivel de acceso a los servicios de imaginología, se presenta en la Figura 2.2.

Figura 2.2 - Diagrama para la clasificación de regiones según el nivel de acceso a los SI



2.3.1 – Selección de Variables

La selección de las variables V se realizó considerando los 5 aspectos mencionados anteriormente y que son necesarios para realizar una descripción de las Subredes S en función de las V , tal que: $D(S_j) = (V_i(j), \dots, V_n(j))$.

En total se definieron 14 variables (Tabla 2.1):

- Para describir el aspecto de infraestructura hospitalaria se seleccionó la variable HS , definida como el número de hospitales de la región.
- Para el aspecto de capacidad de atención según el recurso tecnológico instalado, se seleccionó el número total de equipos de imaginología EQ , construido a partir de las variables relacionadas con el número de equipos de cada modalidad de imagen: RX , FL , MA , TC y US , que corresponden al número total de equipos, que de cada una de las modalidades, poseen en conjunto los servicios de imaginología de los hospitales HS en la región; adicionalmente se definió a la MO para verificar la presencia de las 5 modalidades de imagen: si existen todas las modalidades MO toma un valor 5, si existen sólo cuatro MO toma valor 4, y así sucesivamente.

- Para representar al aspecto demográfico se utilizó el número de habitantes de la región, representado por la variable *PO*.
- En la descripción del aspecto epidemiológico se definieron las variables *M1*, *M2* y *M3*, que representan el número de Áreas de Salud (AS) de la región que tienen niveles de sobremortalidad, con cada una de las tres principales causas de muerte a nivel nacional: cáncer, enfermedades del sistema cardiovascular y enfermedades del sistema respiratorio; las AS fueron identificadas con los *Atlas de mortalidad* que se generaron en la sección 1.3.2.
- Finalmente, el aspecto de la ubicación geográfica será analizado a través de la distancia que existe entre la región y la Capital (*DI*) y el tiempo (*TI*) que se requiere para trasladarse esa distancia.

Tabla 2.1 - Nomenclatura y descripción de variables para evaluación *ASI* por región

V	Variable	Descripción
1	<i>HS</i>	Número de hospitales en la región
2	<i>EQ</i>	Número total de equipos de imaginología de los hospitales (<i>HS</i>)
3	<i>RX</i>	Número de equipos de rayos X (incluye RX convencional, RX móvil y arco en C)
4	<i>FL</i>	Número de equipos de fluoroscopia
5	<i>MA</i>	Número de equipos de mamografía
6	<i>TC</i>	Número de equipos de tomografía
7	<i>US</i>	Número de equipos de ultrasonido
8	<i>MO</i>	Número de modalidades de imagen
9	<i>PO</i>	Población (número de habitantes de la región)
10	<i>M1</i>	Número de Áreas de Salud (AS) de la región con sobremortalidad por cáncer
11	<i>M2</i>	Número de AS con sobremortalidad por enfermedades del sistema cardiovascular
12	<i>M3</i>	Número de AS de la región con sobremortalidad por enfermedades del sistema respiratorio
13	<i>DI</i>	Distancia entre la Capital y la ciudad más lejana de la región, medida en kilómetros
14	<i>TI</i>	Tiempo en minutos, que se requiere para trasladarse la distancia <i>DI</i>

El dominio para todas las variables corresponde a los números naturales, sin embargo los valores que toman son muy distintos entre sí, es decir, cada variable tiene un intervalo M_i acotado dentro del dominio. Por ejemplo, el número de hospitales de la región (*HS*) es una variable cuyo dominio está en el intervalo $M_1 = [0, 5]$, pues para efectos de este trabajo, no existe ninguna región de análisis con más de 5 hospitales. En cambio, el número de habitantes de la región (*PO*) es un valor con un promedio de 6 cifras, ya que las regiones analizadas poseen en promedio 400 mil habitantes, por lo que el intervalo de su dominio se puede definir entre $M_8 = [300\ 000, 600\ 000]$.

En consecuencia, se procedió a normalizar los valores de las variables para que tuvieran resultados dentro del intervalo acotado $M_{\text{nor}} = [0, 1]$ y así facilitar su procesamiento. Esta normalización se hizo para las variables MI , $M2$, $M3$, DI y TI , dividiendo el valor que adquiere V_i en la condición particular, entre el valor de la cota superior de su dominio M_{sup} (Ec. 2.1), y redondeando el resultado a la décima más cercana. Para representar las variables normalizadas se usará la siguiente notación: $\overline{M1}$, $\overline{M2}$, $\overline{M3}$, \overline{DI} y \overline{TI} . Cabe resaltar que en este proceso de normalización se excluyeron las variables HS , PO , EQ y MO , ya que tienen características particulares y su normalización requiere de un procesamiento diferente del resto, tal y como se explicará en la siguiente sección. Por su parte las variables RX , FL , MA , TC y US , únicamente son utilizadas para la construcción de EQ y MO , por lo que no requieren ser normalizadas.

$$\overline{V}_i = \frac{(V_i)}{(M_{\text{sup}})} \quad \text{Ec. 2.1}$$

2.3.2 – Generación de los Indicadores Parciales

Como un modo de procesar los datos que se recopilaron con las 14 variables definidas, se generó un conjunto de 7 indicadores parciales I , para estimar de manera cuantitativa el acceso a los servicios de imaginología, los cuales se describen a continuación:

I₁: Número de habitantes por hospital

Este indicador calcula la razón que existe entre el número de habitantes y el número de hospitales en una región particular (Ec. 2.2).

$$I_1 = (PO) / (HS) \quad \text{Ec. 2.2}$$

I₂: Número de habitantes por equipo de imaginología

Calcula la razón entre el número de habitantes de la región y el número total de equipos de imaginología instalados en sus hospitales (Ec. 2.3).

$$I_2 = (PO) / (EQ) \quad \text{Ec. 2.3}$$

I₃: Modalidades de imaginología diagnóstica

Este indicador se generó para determinar la presencia en la región, de las 5 modalidades de imaginología diagnóstica utilizadas por la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS): rayos X convencional, fluoroscopia, mamografía, tomografía y ultrasonografía. Para su construcción se utilizó la variable MO (que representa el número de modalidades de imagen distintas que existen en la región) y el valor se divide por 5, esto para asegurar que el resultado tome un valor dentro del intervalo acotado $[0, 1]$, tal y como se muestra en la Ec. 2.4.

$$I_3 = (MO)/5 \quad \text{Ec. 2.4}$$

I₄: Nivel de sobremortalidad en la región

Recopila la información de las variables normalizadas $\overline{M1}$, $\overline{M2}$ y $\overline{M3}$ que se refieren al número de Áreas de Salud en la región, que tienen sobremortalidad en alguna de las 3 principales causas de muerte consideradas y estima un valor único que representa el nivel de sobremortalidad de la región de análisis. Para el cálculo de este indicador se utiliza la Ec. 2.5, en la cual cada variable \overline{M}_i tiene asignado un factor de relevancia ρ_i , que considera las diferentes modalidades de imaginología diagnóstica que pueden utilizarse en el proceso de diagnóstico de la enfermedad en cuestión.

Por ejemplo el cáncer ($\overline{M1}$) se pondera con la mayor relevancia $\rho_1 = 1$, ya que para los diferentes tipos de cáncer se pueden utilizar las 5 diferentes modalidades de imagen disponibles en la CCSS. Por su parte a la variable relacionada con las enfermedades del sistema cardiovascular ($\overline{M2}$), se le asignó un factor de relevancia de $\rho_2 = 0.75$, porque para su diagnóstico pueden utilizarse 4 de las 5 modalidades (queda excluida la modalidad de mamografía, que es exclusiva para la detección del cáncer de mama). Finalmente para $\overline{M3}$, que hace referencia al número de AS con sobremortalidad por enfermedades del sistema respiratorio, su factor de relevancia es de $\rho_3 = 0.5$, porque para el diagnóstico de estas enfermedades pueden utilizarse 3 modalidades de imagen: rayos X convencional, fluoroscopia y tomografía computada. Los resultados ponderados fueron incluidos dentro de una suma normalizada, que al ser dividida entre la constante $n = 2.25$ (donde $n = \rho_1 + \rho_2 + \rho_3$) asegura que el resultado final del indicador obtenga un valor dentro del intervalo $[0, 1]$.

$$I_4 = \frac{\sum_{i=1}^3 (\rho_i \overline{M}_i)}{n} \quad \text{Ec. 2.5}$$

I₅: Población potencial que requiere atención del 3^{er} nivel.

Este indicador estima el porcentaje de la población que según Barquín ^[41], corresponde al número de casos que potencialmente requieren atención del 3^{er} nivel; que es el 8% del número total habitantes de la región (Ec. 2.6)

$$I_5 = (PO) \cdot 8\% \quad \text{Ec. 2.6}$$

I₆: Distancia de la región a la Capital

Este indicador mide la distancia en kilómetros, entre San José y la ciudad más lejana de la región de análisis (Ec. 2.7). Se resalta su importancia dadas las condiciones geográficas de Costa Rica, ya que al ser un país con relieve principalmente montañoso, su infraestructura vial está limitada a pocas vías principales (autopistas) y más vías secundarias (carreteras de un solo carril por sentido de tránsito) para una carga vehicular que crece día con día. Situación que dificulta el traslado de un punto a otro.

$$I_6 = \overline{DI}_{\text{km}} \quad \text{Ec. 2.7}$$

I₇: Tiempo para recorrer la distancia DI

Es la estimación en minutos del tiempo requerido para trasladarse la distancia *DI* (Ec. 2.8).

$$I_7 = \overline{TI}_{\text{min}} \quad \text{Ec. 2.8}$$

Al incluir estos últimos dos indicadores (*I₆* e *I₇*) en el análisis, se está considerando el aspecto de ubicación geográfica de la región, que cumple un papel de suma importancia en el acceso a los servicios de imaginología, ya que corresponden a la distancia y tiempo que tendrían que recorrer los pacientes al trasladarse a la Gran Área Metropolitana (GAM), en busca del servicio que no se ofrece en sus hospitales locales.

Por otro lado, debido al proceso de normalización que se realizó para las variables: \overline{M}_1 , \overline{M}_2 , \overline{M}_3 , \overline{DI} y \overline{TI} , el resultado de los indicadores que las utilizan: *I₄*, *I₆* e *I₇*, es un valor

numérico dentro del intervalo $\Delta = [0, 1]$. Por su parte, I_3 fue generado asegurando que el resultado estuviera también dentro de $[0, 1]$. En cambio, como las variables HS , PO y EQ quedaron excluidas del primer proceso de normalización, los resultados de los indicadores parciales que las utilizan (I_1 , I_2 e I_5) no se encuentran dentro de este intervalo. Por tal motivo y para tener una consistencia en los dominios de los indicadores parciales, se procedió a normalizar los valores de dichos indicadores para que todos tuvieran resultados dentro del intervalo acotado Δ y así sus cifras sean comparables. Esta normalización se hizo para cada uno de estos tres indicadores, dividiendo el valor que adquiere I_h , con $h = \{1, 2, 5\}$, en la condición particular entre el valor de la cota superior de su correspondiente dominio $\Delta_{h \text{ sup}}$, tal y como se muestra en la Ec. 2.9, al final el resultado hay que redondearlo a su décima más próxima.

$$I_{h \text{ NOR}} = \frac{I_h}{\Delta_{h \text{ sup}}} \quad \text{Ec. 2.9}$$

2.3.3 – Procesamiento de los Indicadores Parciales

2.3.3.1 - Complemento de los indicadores parciales

Al analizar el resultado directo que tuvieron varios indicadores parciales en el acceso a los servicios de imagen, se identificó que no tenían una influencia positiva para la estimación de dicho acceso, por el contrario, su influencia se daba en detrimento de éste. Por tal motivo, se determinó calcular el complemento de estos indicadores de la siguiente manera: $\bar{I}_k = 1 - I_k$. A continuación se detallan los criterios tomados en cuenta para realizar este procesamiento según cada uno de los 7 indicadores parciales.

- I_1 : Si el resultado del indicador (I_1) obtiene un valor cercano a la unidad, significa que la razón del número de habitantes por hospital en la región, es alta. Esto significa un alto número de pacientes para un pequeño número de hospitales, o bien una alta demanda para una baja oferta. En el caso contrario, cuando el resultado del indicador es cercano a cero, significa que el número de habitantes que corresponden por hospital es bajo. De modo que la contribución positiva al ASI es inversamente proporcional al resultado del indicador I_1 , por lo tanto al obtener su complemento $\bar{I}_1 = 1 - I_1$, el nuevo resultado \bar{I}_1 tendrá una

contribución directamente proporcional hacia la estimación del acceso. De esta forma valores bajos de \bar{I}_1 tendrán una baja contribución, y valores altos una alta contribución.

- I_2 : En este caso, la región que tiene el mayor número de habitantes por equipos de imaginología, es la que obtiene en el resultado del indicador I_2 , más alto (cercano a la unidad). Lo que significa, que en esa región las personas tienen menor oportunidad de recibir atención, que aquellas de una región en donde el resultado de I_2 representa un menor número de habitantes por equipo disponible. En consecuencia al calcular el complemento de este indicador $\bar{I}_2 = 1 - I_2$, el nuevo resultado que favorezca el acceso a los servicios de imagen, será el más cercano a la unidad, es decir, la contribución será directamente proporcional al valor obtenido por \bar{I}_2 .
- I_3 : La variedad de modalidades de imaginología diagnóstica, es el único indicador parcial que no requiere del cálculo de su complemento, ya que entre mayor sea el resultado directo, mayor será el número de modalidades de imagen diferentes disponibles en la región y eso tiene un significado positivo para el acceso al servicio. De tal forma que $\bar{I}_3 = I_3$.
- I_4 : Si una región tiene el indicador de sobremortalidad alto, significa que tiene un gran número de Áreas de Salud (AS) con elevada mortalidad en las 3 causas de muerte consideradas, situación que se traduce en una alta demanda de los SI. Por lo tanto, un resultado favorable para el acceso a los servicios, se dará en aquellas regiones que tengan el menor número de AS con sobremortalidad. Esto se consiguió calculando el complemento $\bar{I}_4 = 1 - I_4$.
- I_5 : Cuando el resultado de este indicador es alto, significa que existe un alto número de habitantes de la región que requieren atención médica del 3^{er} nivel, lo que se traduce en una mayor demanda del servicio. Por lo tanto, para poder obtener un resultado que favorezca el acceso a toda la población, se calcula el complemento del indicador $\bar{I}_5 = 1 - I_5$. Así la región con el menor número de habitantes que requieran atención del nivel terciario, será la que tenga el resultado del indicador más alto.

- I_6 : A mayor distancia entre a la región y la Capital, menor es el nivel de acceso que tienen los habitantes a los SI que se encuentran concentrados en los hospitales de la GAM. Cuando esta distancia es grande, el resultado del indicador es alto. Por lo tanto, al calcular el complemento $\overline{I_6} = 1 - I_6$, se asegura que para distancias pequeñas el acceso sea mejor, caso contrario para distancias grandes.
- I_7 : Para este indicador, aquellas regiones que obtengan como resultado directo un valor alto (cercano a la unidad), son en las que sus habitantes requerirán de un mayor tiempo para trasladarse hasta la Capital, lo cual no favorece el acceso a los SI concentrados en la GAM. Por lo tanto, al calcular el complemento $\overline{I_7} = 1 - I_7$, las regiones que tienen un mejor acceso a los SI serán aquellas que requieran del menor tiempo de traslado.

2.3.3.2 - Factor de relevancia de los indicadores parciales

Adicionalmente al procesamiento anterior, se ha considerado que no todos los indicadores parciales tienen la misma importancia sobre el *ASI*. Por tal razón se procedió asignar un factor de relevancia w a cada indicador, tal que $\overline{\overline{I_k}} = w \overline{I_k}$. La asignación del factor w , se llevó a cabo según una serie de criterios que se describen a continuación:

Los indicadores con el factor de mayor relevancia $w = 1$, fueron:

- $\overline{\overline{I_2}}$: *Número de habitantes por equipo de imagenología*. Se consideró que los hospitales de la región deben tener el número de equipos suficientes para atender la demanda del servicio local, ya que en caso contrario los pacientes tendrán que trasladarse a otras regiones, lo que implica un gasto económico para el paciente como también la saturación del servicio a donde sean trasladados.
- $\overline{\overline{I_7}}$: *Tiempo para recorrer la distancia I_6* . Se ha incluido a este indicador dentro del grupo de mayor relevancia, ya que representa el tiempo que les toma a los pacientes trasladarse a la Capital para poder ser atendidos. Visto de otro modo, es el tiempo que pudieran “ahorrarse” si los SI de los hospitales locales tuvieran los recursos suficientes para atender la demanda de su población.

Los indicadores con el factor de relevancia media $w = 0.6$, son:

- $\overline{I_3}$: *Modalidades de imaginología diagnóstica*. Tener un alto número de equipos por habitante, no es suficiente para que una región pueda proveer un buen servicio de diagnóstico por imágenes. Adicionalmente es necesario asegurar que los hospitales locales, cuenten con el mayor número de modalidades de imagen distintas, esto con el fin de poder ofrecer un servicio más completo
- $\overline{I_4}$: *Sobremortalidad de la región*. Dado que se consideraron sólo 3 de las principales causas de muerte y se sabe que no son las únicas que pueden ser diagnosticadas con un servicio de imaginología, a este indicador se le asignó el factor de relevancia media. Pues está claro que existen otras enfermedades que también se auxilian en el diagnóstico con imágenes médicas.
- $\overline{I_6}$: *Distancia de la región a la Capital*. Se le ha asignado un factor de relevancia media a este indicador, ya que el traslado de cualquier región del país hacia la Capital no depende únicamente de la distancia que separa los dos puntos, también es necesario considerar otros factores como el relieve del país (que es principalmente montañoso), la infraestructura vial, y la carga vehicular.

Finalmente, los indicadores con el factor de menor relevancia $w = 0.3$, fueron:

- $\overline{I_1}$: *Número de habitantes por hospital*. El acceso a los servicios de imaginología no depende necesariamente del número de hospitales que existan en la región, ya que una región puede tener un solo hospital, pero con los recursos suficientes para satisfacer las demandas de toda su población; lo que significa que sus habitantes tendrían un buen *ASI*.
- $\overline{I_5}$: *Población potencial que requiere atención de 3^{er} nivel*. A este indicador también se le asignó el factor de relevancia más bajo, por representar un porcentaje de la población (8%) que potencialmente requeriría de mayor complejidad tecnológica para obtener un diagnóstico ^[41]. Además, para efectos de este trabajo, se pretende estimar el *ASI* para toda la población, lo que significa que hay que considerar a todos los posibles casos de atención, desde el nivel primario hasta el terciario.

Al asignar el factor de relevancia w , los dominios de los indicadores parciales que se encontraban acotados por el intervalo $\Delta_k = [0, 1]$, sufrieron modificaciones. En la Tabla 2.2 se presenta el factor de relevancia que se le asignó a cada indicador y el nuevo intervalo acotado Δ_I de su dominio.

Tabla 2.2 – Factor de relevancia e intervalo del dominio de los indicadores parciales			
\overline{I}_k	Indicador parcial	Factor w	Intervalo Δ_{I_p}
\overline{I}_1	Razón del número de habitantes por hospital	0.3	[0.0, 0.3]
\overline{I}_2	Razón del número de habitantes por equipo de imaginología	1.0	[0.0, 1.0]
\overline{I}_3	Modalidades de imaginología diagnóstica	0.6	[0.0, 0.6]
\overline{I}_4	Sobremortalidad de la región	0.6	[0.0, 0.6]
\overline{I}_5	Población potencial que requiere atención 3 ^{er} nivel	0.3	[0.0, 0.3]
\overline{I}_6	Distancia de la región a la Capital	0.6	[0.0, 0.6]
\overline{I}_7	Tiempo de duración de recorrer la distancia I_6	1.0	[0.0, 1.0]

2.3.4 – Generación del Indicador Global: *Acceso a los Servicios de Imaginología*

Una vez que los indicadores parciales fueron procesados mediante su normalización, el cálculo de su complemento y la asignación de su factor de relevancia, se integraron a través de una función matemática (Ec. 2.10) que estima de manera cuantitativa y global el nivel del *acceso a los servicios de imaginología (ASI)*, que tienen los habitantes de una región geográfica determinada. Observe que dicha función es la suma normalizada de todos los indicadores parciales procesados (\overline{I}_k) divididos por un factor de normalización N que resulta de sumar todos los factores de relevancia w (Ec. 2.11) que fueron utilizados para los indicadores parciales (Tabla 2.2). La normalización de la suma se realiza para asegurar que el resultado del *ASI* sea un valor que se encuentre dentro del intervalo $\Delta = [0, 1]$. De modo que la expresión final queda como la expresión mostrada en la Ec. 2.12.

$$ASI = \frac{\sum_{k=1}^7 (\bar{I}_k)}{N} \quad \text{Ec. 2.10}$$

donde

$$N = \sum_{k=1}^7 (w_k) \quad \text{Ec. 2.11}$$

$$N = (0.3) + (1.0) + (0.6) + (0.6) + (0.3) + (0.6) + (1.0)$$

$$N = 4.4$$

por lo tanto

$$ASI = \frac{\sum_{k=1}^7 (\bar{I}_k)}{(4.4)} \quad \text{Ec. 2.12}$$

2.3.5 – Escala Cualitativa del Indicador Global

En el modelado matemático se mencionó que el problema de clasificación consiste en que dada una nueva Subred S_x , hay que clasificarla dentro de un conjunto finito de clases $C = \{C_1, C_2, \dots, C_p\}$. Como se sabe el resultado del ASI es un valor numérico en el intervalo acotado $\Delta = [0, 1]$. Y basándose en la teoría de clasificación con aprendizaje, se ha tomado como ejemplo el algoritmo basado en umbrales de exactitud ^[36] para definir un conjunto de 5 clases, en las cuales se pretende clasificar a S_x en función del resultado del ASI ; las clases y sus respectivos umbrales se presentan en la Tabla 2.3. Esta clasificación se realizó con el objetivo de facilitar la interpretación del resultado final para los usuarios potenciales de esta herramienta, quienes son los tomadores de decisiones de los departamentos de planificación y/o diseño de nuevas obras de infraestructura en salud de la Caja Costarricense del Seguro Social, es decir los gestores de tecnología médica.

Tabla 2.3 – Clases y umbrales para la clasificación de las Subredes

C	Clase	Umbral
C ₁	ASI muy malo	[0.00, 0.39]
C ₂	ASI malo	[0.40, 0.49]
C ₃	ASI regular	[0.50, 0.59]
C ₄	ASI bueno	[0.60, 0.69]
C ₅	ASI muy bueno	[0.70, 1.00]

2.4 – Centro Autosuficiente de Imágenes Médicas

Utilizando el *Método para la Estimación del Acceso a los Servicios de Imaginología* se puede cuantificar y clasificar el nivel del problema al que se enfrentan los habitantes de cada región, cuando demandan servicios de diagnóstico por imágenes médicas y los establecimientos de salud locales no tienen la capacidad de atenderlos. Por lo tanto, se presentará a continuación el concepto de un Centro Autosuficiente de Imágenes Médicas que se ha generado como una propuesta para coadyuvar a descentralizar y optimizar los servicios de imaginología que se ofrecen en la CCSS.

2.4.1 – Definición de un Centro Autosuficiente de Imágenes Médicas

Un Centro Autosuficiente de Imágenes Médicas (CAIM) es un servicio auxiliar de diagnóstico donde se realizan e interpretan estudios de imaginología que proporcionan un criterio auxiliar para el diagnóstico del estado de salud de los pacientes.

Su característica principal es que posee el recurso tecnológico, humano y de infraestructura suficiente para satisfacer la demanda del servicio de los habitantes de una determinada región; esto significa que un CAIM tendrá la capacidad de ofrecer los estudios de imaginología requeridos por sus pacientes y así no tengan que trasladarse a establecimientos de salud de otras regiones en búsqueda del servicio, lo cual también tendrá un impacto en aliviar la saturación del servicio ofrecido en otros establecimientos. Por lo tanto se propone generar un CAIM en aquellas regiones donde se haya demostrado que existe una mayor demanda del servicio, que los establecimientos de salud locales no pueden satisfacer.

Por otro lado, es importante mencionar que el concepto de CAIM concuerda con la clasificación de Centro de Especialidad Radiológica con complejidad tecnológica grado 2, que la Organización Mundial de la Salud ha definido como *“centro de capacidad tecnológica intermedia, donde se realizan estudios radiográficos que requieren el uso de medios de contraste o técnicas especializadas, como la mamografía, estudios que requieren fluoroscopia, tomografía computada, ultrasonido diagnóstico especializado, incluyendo Doppler, cuando sea posible. Estos centros deberán contar con el personal especialista en*

número apropiado de acuerdo al tamaño de la unidad y volumen de trabajo. Se requiere radiólogo de tiempo completo” [42].

2.4.2 – Recursos Tecnológicos

Por definición se ha establecido que el CAIM dispondrá de al menos 1 equipo de cada una de las cinco principales modalidades de imaginología diagnóstica utilizadas en los servicios de imaginología de la CCSS: rayos X convencional, fluoroscopia, mamografía, tomografía axial computarizada y ultrasonografía.

Al estimar el número de equipos que se requieren de cada una de estas modalidades de imagen, hay que tener presente que la característica principal del CAIM es satisfacer la demanda de la población de su región de influencia. Por esta razón no es posible definir un número constante de equipos para todos los CAIM’s, ya que este número variará de acuerdo al número de habitantes que se vaya a atender. En consecuencia, para estimar el número y tipo de equipos necesarios para atender la demanda de estudios de cada región, se desarrolló un *Procedimiento para la estimación teórica del recurso tecnológico*, considerando el número de habitantes de la región de influencia del CAIM, el cual se describe a continuación.

2.4.3 – Procedimiento para la Estimación Teórica de los Recursos Tecnológicos

Aquí se describe cómo calcular la demanda total de estudios, la producción que se puede obtener por equipo de acuerdo al tipo de estudio y modalidad de imagen, y el número de equipos de cada modalidad que se requieren para satisfacer la demanda total de estudios.

(a) Calcular la producción anual de estudios (PAE) – Se debe multiplicar el número de estudios que puede realizar un equipo durante una hora de trabajo (dato que generalmente está publicado por la institución evaluadora de tecnologías médicas del país en donde se vaya a realizar la estimación), por el número de horas de un turno de trabajo, por el número de días laborales durante un año (Ec. 2.13). Este cálculo debe realizarse para cada modalidad de imagen del CAIM.

$$PAE_{\text{mod}} = (\text{N}^{\circ}\text{estudios/hora}) \times (\text{N}^{\circ}\text{horas/turno}) \times (\text{N}^{\circ}\text{días/año}) \quad \text{Ec. 2.13}$$

(b) Calcular la demanda total de estudios (DTE) – Se multiplica la *constante de frecuentación de estudios*, que se define como el número de estudios de imaginología que se realiza en un país por cada 1000 habitantes durante 1 año ^[43], por el número de habitantes (en miles) de la región de influencia del CAIM (Ec. 2.14).

$$DTE = (\text{Cte frecuentación}) \times (\text{N}^\circ \text{ habitantes en la región}) \quad \text{Ec. 2.14}$$

(c) Calcular la demanda parcial de estudios (DPE) – Se debe multiplicar el porcentaje de la demanda parcial de estudios, que se define como el porcentaje del número total de estudios de un SI, que se producen con cada modalidad de imagen, por el resultado del DTE. Este cálculo debe realizarse para cada una de las modalidades de imagen en análisis (Ec. 2.15).

$$DPE_{\text{mod}} = (\% \text{ Demanda}_{\text{mod}}) \times (DTE) \quad \text{Ec. 2.15}$$

(d) Calcular el número de equipos requeridos según la modalidad de imagen – Para cada modalidad de imagen, se debe dividir el resultado de su correspondiente demanda parcial de estudios (DPE_{mod}) entre su producción anual de estudios (PAE_{mod}), Ec. 2.16.

$$\text{N}^\circ \text{ Equipos}_{\text{mod}} = \frac{(DPE_{\text{mod}})}{(PAE_{\text{mod}})} \quad \text{Ec. 2.16}$$

2.4.4 – Recursos Humanos

El aspecto fundamental en la búsqueda del recurso humano, se basa en la selección de personal calificado para asegurar la correcta operación de los equipos y por ende el buen funcionamiento del CAIM. Esto significa que el personal contratado deberá tener, según la especialidad, el perfil profesional ^[44] descrito en la Tabla 2.4.

Al planificar el recurso humano del CAIM es importante disponer del personal de todos los perfiles descritos en la Tabla 2.4; pero complementariamente también es relevante disponer del número mínimo de trabajadores que de cada perfil se requieren para asegurar el desarrollo normal de las actividades del servicio. En otras palabras, hay que asegurar tanto la variedad del perfil profesional como la cantidad de personal. Para lograr este objetivo, se desarrolló un método para estimar el recurso humano con base en la demanda total de estudios que los habitantes de la región requieren.

Tabla 2.4 – Descripción de perfiles profesionales del personal del CAIM

Recurso humano	Descripción del perfil profesional
Médico Radiólogo (MR)	Médico cirujano con cédula profesional de especialista en radiología e imagen (o su equivalente según el país de origen). Capaz de dirigir e interpretar estudios radiológicos de diferentes modalidades de imagen como: radiología convencional, fluoroscopia, tomografía computada, mamografía y ultrasonografía. Además debe tener la capacidad de evaluar el estudio solicitado para establecer el procedimiento más adecuado para obtener la información diagnóstica requerida.
Técnico Radiólogo (TR)	Con cédula profesional de técnico en radiología general (o su equivalente según el país de origen) expedido por una institución reconocida. Responsable de realizar estudios radiológicos utilizando equipos de diferentes modalidades de imagen, tales como radiología convencional, fluoroscopia, tomografía computada, mamografía y ultrasonografía. Para lo cual debe ser capaz de estudiar las necesidades diagnósticas y características del paciente, para usar la técnica radiológica más adecuada en cada caso, tomando las medidas pertinentes para asegurar una buena calidad de imagen y evitar repetir el estudio.
Responsable de la Protección Radiológica (RPR)	Asesor especializado capaz de proporcionar apoyo técnico al Servicio de Imaginología en el cumplimiento de las responsabilidades en materia de seguridad y protección radiológica, además de garantizar la calidad en el servicio provisto de acuerdo con lo establecido en las correspondientes normas y ordenamientos legales aplicables al país. Debe contar con título en algún área médica o de especialidad radiológica.
Auxiliar de Estudios (AE)	Profesional con formación de enfermería que cuente con un certificado o diploma de especialidad en radiológica e imagen; con la capacidad y conocimiento de auxiliar al TR durante la generación de estudios especiales, en los que es necesaria la administración de medios de contraste al paciente o de estudios tipo vascular-intervencionista (técnica mediante la cual se realizan procedimientos invasivos).
Auxiliar del Servicio (AS)	Personal con el conocimiento y la capacitación necesaria para llevar a cabo funciones para auxiliar el funcionamiento del Servicio de Imaginología, tales como el revelado de las placas y el archivo de las mismas.
Personal Administrativo (PA)	Profesional calificado para llevar a cabo funciones administrativas de secretariado y recepción, para asegurar el buen funcionamiento del servicio. Deben ser capaces de colaborar en funciones de planeación, planificación, control de las actividades administrativas del servicio; deben tener la capacidad de coordinar el flujo de pacientes y personal, según la demanda de estudios y el turno de atención del servicio.

2.4.5 – Procedimiento para la Estimación Teórica de los Recursos Humanos

Este procedimiento describe cómo encontrar el número de personal de cada perfil profesional (Tabla 2.4) que se requiere para satisfacer la demanda total de estudios (Ec. 2.14). De manera inicial, se presentan estrategias para estimar el número de profesionales que tienen participación directa en la generación e interpretación de los estudios, que son los médicos radiólogos y los técnicos radiólogos, y posteriormente se presentan lineamientos que deben considerarse para estimar el número del resto de los profesionales que tienen una función más administrativa, pero que colaboran en el funcionamiento del servicio. Debido a la naturaleza de las cifras resultantes, se establece como criterio para todas, redondear el resultado final a su entero más próximo.

(a) Estimar el número de médicos radiólogos – Dividir la demanda total de estudios (Ec. 2.14) entre el número de estudios de imaginología que un MR puede interpretar durante un año (Ec. 2.17). Este último dato, generalmente está publicado por el colegio de médicos y cirujanos (o su análogo) del país en donde se vaya a realizar la estimación teórica.

$$N^{\circ} \text{ MR} = \frac{(\text{Demanda total de estudios})}{(\text{N}^{\circ} \text{ interpretaciones por año})} \quad \text{Ec. 2.17}$$

(b) Estimar el número de técnicos radiólogos – El número de TR que se necesitan en un CAIM (Ec. 2.18), por lo menos durante los principales turnos de atención (matutino y vespertino), va a ser directamente proporcional al número total de equipos de imaginología estimado teóricamente con la Ec. 2.16.

$$N^{\circ} \text{ TR} = (\text{N}^{\circ} \text{ total de equipos}) \quad \text{Ec. 2.18}$$

(c) Estimar el número de auxiliares de estudio – Según su perfil profesional, este tipo de trabajadores son requeridos para auxiliar a los MR y TR durante la realización de estudios especiales en los cuales es necesario la administración de medios de contraste al paciente, o en estudios vasculares intervencionistas (técnica mediante la cual se realizan procedimientos invasivos, a partir del abordaje arterial o venoso para visualizar la vascularidad de un órgano y/o lesión con la inyección de un medio de contraste a través de imágenes^[45]). Por lo general, este tipo de estudios se realizan con modalidades de fluoroscopia y tomografía. Por lo tanto se

requiere de un AE por cada uno de los equipos de estas dos modalidades (Ec. 2.19) que se hayan estimado teóricamente con la Ec. 2.16.

$$N^{\circ} \text{ AE} = (N^{\circ} \text{ de equipos TC}) + (N^{\circ} \text{ de equipos FL}) \quad \text{Ec. 2.19}$$

(d) Estimar el número de auxiliares del servicio – Se requiere de este tipo de personal mientras el servicio siga operando de manera analógica, lo que significa que el revelado de las placas se realizará en húmedo y que éstas serán almacenadas en un archivo físico. Por lo tanto el número de personal que se requiere para revelar las placas, depende del número de reveladoras en húmedo que existan en el servicio y del número de turnos principales (TP) en donde son utilizadas; y para el archivo, se requerirá de al menos un trabajador durante los principales turnos de atención (matutino y vespertino), Ec. 2.20.

$$N^{\circ} \text{ AS} = (N^{\circ} \text{ reveladoras} \times N^{\circ} \text{ TP})_{\text{revelado}} + (N^{\circ} \text{ TP})_{\text{archivo}} \quad \text{Ec. 2.20}$$

(e) Estimar el número de responsables de protección radiológica – Se requiere al menos un responsable para la protección radiológica durante el turno principal (TP) de trabajo en el CAIM, que por lo general es el matutino, Ec. 2.21.

$$N^{\circ} \text{ RPR} = N^{\circ} \text{ TP} \quad \text{Ec. 2.21}$$

(f) Estimar el número de personal con perfil administrativo – Este perfil se refiere al número de secretarías y recepcionistas que se necesitan para cumplir con las funciones administrativas del servicio. Se realiza la propuesta de que exista al menos una secretaria y una recepcionista durante los turnos principales (TP) de atención (Ec. 2.22). Aunque adicionalmente se tendrá que hacer un estudio en función de la demanda de las tareas administrativas del CAIM, para poder estimar el número mínimo que se requiere para cumplir con tales actividades.

$$N^{\circ} \text{ PA} = (N^{\circ} \text{ TP})_{\text{secretaria}} + (N^{\circ} \text{ TP})_{\text{repcionista}} \quad \text{Ec. 2.22}$$

2.4.6 – Recursos de Infraestructura

Para estimar la infraestructura necesaria para asegurar el correcto y buen funcionamiento del CAIM, se han definido una serie de criterios que están relacionadas con el número de salas de estudio y áreas físicas complementarias del servicio.

Salas de estudios: el número de salas que se necesitan en un CAIM está en función del número total de equipos que fueron estimados teóricamente con la Ec. 2.16, ya que cada equipo requiere de un espacio físico para su operación (Ec. 2.23). Cada sala deberá cumplir con la normatividad de protección radiológica y deberá contar al menos con un vestidor y baño para los pacientes ^[44]

$$\text{N}^\circ \text{ Salas de estudio} = (\text{N}^\circ \text{ total de equipos}) \quad \text{Ec. 2.23}$$

Áreas físicas de apoyo: respecto a las áreas físicas que complementan el funcionamiento del servicio, estas ya han sido definidas por distintas instituciones ^[44, 46, 47]. El criterio para su estimación consiste en asegurar la existencia de cada una de ellas en el CAIM, las cuales se han agrupado en áreas de apoyo para los estudios, áreas de apoyo al servicio y áreas de apoyo a las tareas administrativas. Se describen a continuación:

Áreas de apoyo para los estudios:

- *Estación de camas* - espacio para acomodar de forma transitoria (mientras esperan a ser atendidos) los pacientes que llegan al servicio. Generalmente este tipo de pacientes provienen del servicio de hospitalización o urgencias.
- *Sala de espera* - área dentro del servicio donde los pacientes permanecen antes de ser llamados a cada sala de estudio para ser atendidos.
- *Área de preparación* - espacio donde se preparan los pacientes que requerirán de estudios con medios de contraste y/o estudios vasculares intervencionistas.
- *Cuarto oscuro* - área destinada al revelado de las placas radiográficas.
- *Área de interpretación* - sala en donde los médicos radiólogos interpretan las imágenes obtenidas de los estudios para realizar los correspondientes diagnósticos.

Áreas de apoyo al servicio:

- *Vestidor de personal* - área destinada para que el personal que labora dentro del CAIM, se cambie de vestimenta para trabajar en un ambiente clínico.
- *Sanitarios de personal* - se debe contemplar la existencia de al menos dos sanitarios: uno para hombres y otro para mujeres.
- *Archivo* - área física destinada para el almacenamiento de las placas radiográficas. Se debe tomar en cuenta que las dimensiones de esta área dependerá de la producción del mismo servicio.
- *Almacén* - local en donde se almacenan y administran los accesorios y medios de contraste para los estudios.
- *Séptico* - espacio para el aseo de los utensilios requeridos durante estudios complejos (intervencionistas y con medios de contraste), como también para el tónico de ropa sucia.
- *Cuarto de aseo* - espacio para almacenar los utensilios de limpieza del servicio.
- *Guarda de equipo móvil* - área destinada para el estacionamiento de los equipos de rayos X móviles, de forma que no queden obstruyendo ningún pasillo o área de trabajo.

Áreas de apoyo a tareas administrativas:

- *Jefatura del servicio* - local donde el jefe del servicio realiza las actividades administrativas, técnicas y de carácter general, que aseguran la correcta operación del CAIM.
- *Área del RPR* - local donde el responsable de la protección radiológica realiza las actividades administrativas relativas a la seguridad radiológica de los pacientes y personal en general.
- *Recepción* - espacio destinado a ofrecer el primer contacto entre el servicio de imaginología y el paciente, donde se realizan actividades de orientación y programación de estudios.
- *Secretaría* - local donde se llevan a cabo actividades administrativas del servicio, como la transcripción de las interpretaciones, recepción y archivo de documentos, elaboración de informes, entre otras.

2.4.7 – Estudios de Diagnóstico

Si se realizan las estimaciones de recursos (tecnológicos, humanos y de infraestructura) con los procedimientos y criterios propuestos, el CAIM tendrá la capacidad de satisfacer la demanda del servicio de imaginología que fuese requerido por los pacientes de su región de influencia. Esto significa, que podrá realizar todos los estudios y procedimientos de imaginología diagnóstica (Tabla 2.5) que dicta el Centro de Desarrollo Estratégico e Información en Salud y Seguridad Social de Costa Rica, CENDEISSS^[48].

Tabla 2.5 - Procedimientos y exámenes de diagnóstico, según área de estudio	
Área	Procedimiento
Digestiva	Estudio simple de abdomen normal y patológico
	Estudio fisiopatológico del aparato digestivo
	Radiología normal y patológica del esófago y faringe, estómago, duodeno e intestino delgado, colon, vías biliares, páncreas y glándulas salivares
	Estudios con medio de contraste de estómago y colon
	Estudios del tracto gastrointestinal inferior y superior
Tórax	Estudio anatómico y fisiológico del corazón y pulmones
	Estudio anatómico del tórax y mediastino
	Radiología enfermedades pleuropulmonares
	Estudio de lesiones pulmonares
	Detección de tumores en pulmón, pleura, corazón
Genito-urinario	Estudio anatómico y patológico de la pelvis, útero y trompas
	Estudio para detección de tumores en el sistema genito-urinario
	Diagnóstico de embarazo, con estudio de anomalías del producto
	Fisiopatología radiológica del aparato urinario, con y sin medios de contraste.
Osteoarticular, cabeza y cuerpo	Estudio del crecimiento y desarrollo óseo
	Estudio anatómico de los huesos largos
	Detección de fracturas y luxaciones
	Detección de tumores
	Estudio anatómico y patológico del cráneo, fracturas y calcificaciones
	Radiología normal y patológica de los senos paranasales y oído
Estudios especiales	Estudio de las variantes anatómicas de la columna vertebral
	Mielografía normal y patológica
	Artrografía y neumoencefalografía
	Arteriografía y flebografías (abdominal y periférica)
	Laringografía por TC
	Mamografía
Biopsia de mama esterotáxica, biopsia de mama guiada por US	
	Galactografía

2.5 – Conversión de un Servicio de Imaginología al Centro Autosuficiente de Imágenes Médicas

El problema de la concentración de los recursos de los servicios de imaginología (SI) en la CCSS ha sido ya demostrado. Una consecuencia de este problema, es que los establecimientos de salud de regiones alejadas de la Capital enfrentan incapacidad para proveer el servicio de diagnóstico por imágenes de manera autosuficiente, pues carecen de los recursos mínimos para satisfacer la demanda local y como se mencionó anteriormente, esto se traduce en una saturación de los servicios que se ofrecen en los establecimientos que sí disponen de tales recursos. Por tal razón se generó un *Método de Conversión*, en el cual se exponen una serie de pasos con los que se analiza cualitativamente la viabilidad para que un SI pueda ser convertido a un CAIM, de tal forma que sea posible satisfacer la demanda regional y esto coadyuve a descentralizar y aliviar la saturación de los servicios concentrados en la Capital.

2.5.1 – Método para la Conversión de un Servicio de Imaginología a un Centro Autosuficiente de Imágenes Médicas

2.5.1.1 - Paso 1: Realizar una evaluación in situ del servicio de imaginología

El objetivo que se persigue con esta evaluación, es conocer el número de recursos tecnológicos, humanos y de infraestructura con los que dispone el SI, objeto de estudio, para atender la demanda en su región. En la evaluación se debe cuantificar lo siguiente:

- (a) El número total de equipos de cada una de las modalidades de imagen que están instalados
- (b) El estado de los equipos (determinar si se encuentran en funcionamiento o no)
- (c) El número de trabajadores de cada uno de los perfiles profesionales que laboran en el servicio
- (d) Los horarios y turnos de trabajo
- (e) El número total de salas de estudio

- (f) El estado físico de las salas de estudio (determinar si cuenta con barreras de protección, accesorios para los estudios, baño y vestidores para pacientes)
- (g) La existencia de las áreas físicas de apoyo para los estudios, el servicio y las tareas administrativas (descritas en la sección 2.4.6).

2.5.1.2 - Paso 2: Realizar una estimación teórica de los recursos requeridos

Con la estimación teórica de recursos, se pretende conocer el número de equipos de cada una de las modalidades de imagen, el número de trabajadores de cada uno de los perfiles profesionales, el número de salas de estudio y el número de áreas físicas de apoyo, que se requerirán en una región para satisfacer la demanda de sus habitantes. Para lo cual se deben utilizar los procedimientos para realizar las estimaciones de recursos del CAIM, que son:

- (a) El procedimiento para la estimación teórica de recursos tecnológicos (sección 2.4.3)
- (b) El procedimiento para la estimación teórica de los recursos humanos (sección 2.4.5)
- (c) La ecuación para el cálculo del número de salas de estudio (sección 2.4.6)
- (d) Las áreas físicas de apoyo al servicio descritas en la sección 2.4.6

2.5.1.3 - Paso 3: Realizar un análisis comparativo de los recursos instalados con los recursos requeridos

Para conocer las fortalezas y debilidades que tiene el SI estudiado, es necesario llevar a cabo un análisis comparativo de los recursos instalados y disponibles con los recursos estimados teóricamente, con el objetivo de encontrar el número y tipo de recursos de los que carece actualmente para satisfacer la demanda regional.

- (a) El análisis debe identificar las carencias entre los recursos instalados (obtenidos en el Paso 1), respecto a los recursos requeridos para satisfacer la demanda de la población (obtenidos en el Paso 2). Y encontrar el número de equipos de cada modalidad de imagen, el número de trabajadores según el perfil profesional, el número de salas de estudio y de áreas físicas de apoyo, de los que carece actualmente el SI para poder otorgar un servicio de diagnóstico por imágenes de manera autosuficiente.

2.5.1.4 - Paso 4: Realizar un análisis de factores que intervienen en la conversión de un Servicio de Imaginología a un Centro Autosuficiente de Imágenes Médicas

Sean la inversión, el beneficio y la prioridad, factores de análisis que se utilizarán para estudiar cualitativamente la viabilidad de conversión, los cuales se describen a continuación:

- **Inversión** – se refiere a la inversión en recursos (tecnológicos, humanos y de infraestructura) que se requeriría para convertir un SI a un CAIM. Estos recursos son los que fueron analizados y presentados como las carencias del SI para satisfacer la demanda de la región en el Paso 3.
- **Beneficio** – este factor se refiere a la población de una determinada región, que potencialmente se verían beneficiada con la conversión de un SI a un CAIM. Es posible cuantificarlo con base en el número de habitantes de la región.
- **Prioridad** – es un factor que se puede analizar a partir del resultado conseguido con la estimación del acceso a los servicios de imaginología y se refiere a la prioridad que tiene una determinada región para realizar la conversión. Es importante mencionar que este concepto de prioridad es inversamente proporcional al resultado del *ASI*, es decir, aquellas regiones que obtuvieron los resultados más bajos de *ASI*, son las que tendrían un nivel de prioridad de conversión más alto; en el caso contrario las regiones con resultados altos de *ASI*, tendrían un nivel de prioridad bajo.

Utilizando los factores descritos y para cada región en que se vaya a analizar la viabilidad de conversión de su SI a un CAIM, hay que llevar a cabo las siguientes acciones:

- (a) Recopilar información de la inversión en recursos que se requiere para la conversión, sumando las carencias actuales del SI en equipos de imagen, el número de trabajadores, salas de estudio y áreas físicas de apoyo (resultados del Paso 3)
- (b) Recopilar información del beneficio que la conversión traería para la población, con el número de habitantes de la región
- (c) Recopilar información del nivel de prioridad de conversión, a través del nivel del *ASI* estimado en la región
- (d) Utilizar algún tipo de herramienta de análisis multivariado para estudiar la relación que existe entre cada factor, y de manera general la influencia que tienen los tres en el proceso de conversión.

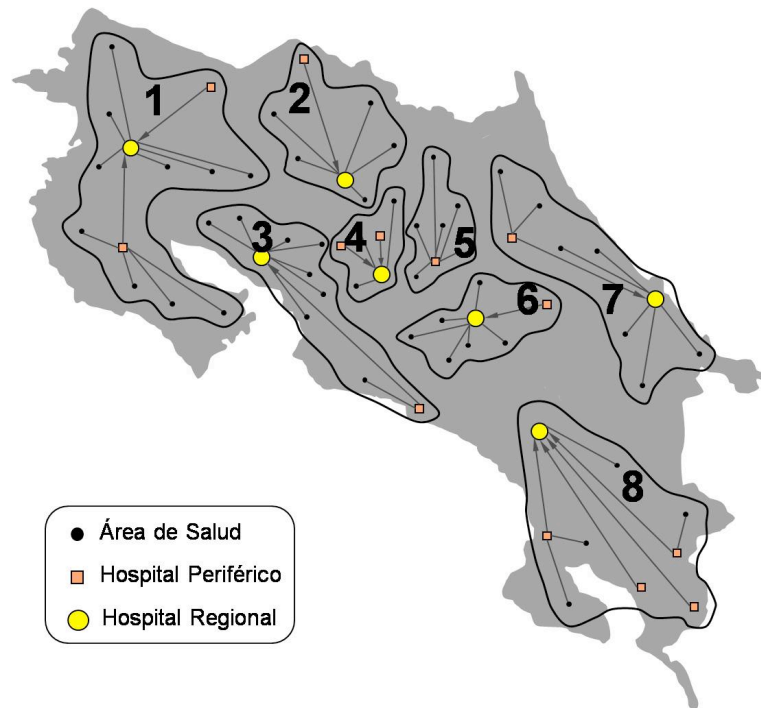
- CAPÍTULO III -

VALIDACIÓN DEL MODELO DE SOLUCIÓN

En aras de determinar la efectividad del modelo de solución (presentado en el Capítulo anterior) como una propuesta que coadyuva a solucionar el problema de concentración de los servicios de imaginología (SI) de la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS), a continuación se presentan los resultados y la discusión de la validación de dicho modelo, que se llevó a cabo bajo condiciones reales del sistema de salud público en Costa Rica.

La validación se realizó en las 8 Subredes de establecimientos, que en la sección 1.1.5 se demostró que tienen independencia administrativa entre sí. En la Figura 3.1 se muestra la ubicación geográfica y la numeración asignada a cada una de ellas, que de ahora en adelante se identificarán de la siguiente manera: (1) Subred-Liberia, (2) Subred-San Carlos, (3) Subred-Puntarenas, (4) Subred-Alajuela, (5) Subred-Heredia, (6) Subred-Cartago, (7) Subred-Limón y (8) Subred-Pérez Zeledón.

Figura 3.1 - Subredes de establecimientos de la Caja Costarricense del Seguro Social



3.1 - Estimación del Acceso a los Servicios de Imaginología

En cada una de las 8 Subredes de establecimientos, se aplicó el *Método* descrito en la sección 2.3 y se estimó el acceso a los servicios de imaginología (*ASI*). De manera inicial se ilustra la aplicación del *Método* en la Subred-Liberia y posteriormente se presentan los resultados de la validación para las restantes 7. Las acciones realizadas son las que se presentan a continuación:

- primero se describieron los datos que a través de las 14 variables se recopilaban para analizar el acceso de la región;
- luego se presenta cómo se generaron cada uno de los 7 indicadores parciales;
- posteriormente se muestra el procesamiento realizado a estos indicadores, a través del cálculo de su complemento y la asignación del factor de relevancia;
- una vez procesados, los indicadores parciales fueron incluidos en la fórmula matemática con la que fue posible obtener un único valor que representa el *ASI*;
- finalmente en función del resultado del *ASI*, las Subredes evaluadas fueron clasificadas dentro de un conjunto finito de clases.

3.1.1 - Descripción de Variables Seleccionadas

Los datos de cada una de las variables se recabaron en las ocho Subredes de establecimientos y se muestran en la Tabla 3.1. De manera particular, se observa que Liberia tiene una población (*PO*) de 326 329 habitantes; que tiene 3 hospitales (*HS*), dos periféricos y uno regional; que posee un total de 19 equipos de imaginología (*EQ*), distribuidos en: 10 *RX*, 2 *FL*, 1 *MA*, 1 *TC* y 5 *US* (según reportes del Sistema Contable de Bienes y Muebles, de la CCSS ^[26]), lo que significa que al poseer las cinco modalidades de imagen, el valor obtenido por *MO* es 5. A partir de los datos recopilados con los atlas de mortalidad (Figuras 1.9 - 1.12), se observa que en la Subred-Liberia no hay Áreas de Salud (*AS*) con sobremortalidad por cáncer (M_1), pero sí hay 5 *AS* con sobremortalidad por enfermedades del sistema circulatorio (M_2) y 6 *AS* por EPOC (M_3). Finalmente las variables relacionadas con el aspecto geográfico (*DI* y *TI*) reflejan que Liberia se encuentra a 200 kilómetros de la Capital y recorrer esa distancia por tierra toma alrededor de unos 330 minutos (4 horas y media).

Tabla 3.1 – Datos de las variables en las ocho Subredes de establecimientos

<i>Subred</i>	<i>PO</i>	<i>HS</i>	<i>EQ</i>	<i>RX</i>	<i>FL</i>	<i>MA</i>	<i>CT</i>	<i>US</i>	<i>MO</i>	<i>M₁</i>	<i>M₂</i>	<i>M₃</i>	<i>DI</i>	<i>TI</i>
Liberia	326 329	3	19	10	2	1	1	5	5	0	5	6	200	330
San Carlos	187 827	2	9	5	1	1	0	2	4	1	0	0	300	300
Puntarenas	243 430	2	14	7	1	1	0	5	4	2	0	2	200	210
Alajuela	592 021	3	23	15	2	2	1	3	5	1	4	2	60	75
Heredia	421 830	1	12	5	1	1	0	5	4	2	1	0	200	180
Cartago	451 088	2	18	10	4	1	1	2	5	4	1	1	70	120
Limón	458 549	2	11	7	1	1	0	2	4	2	1	2	150	210
Pérez Z.	303 616	5	19	14	1	1	0	3	4	1	0	2	350	390

Posteriormente, los datos de las variables M_1 , M_2 , M_3 , DI y TI se normalizaron con la Ec. 2.1, para que tuvieran resultados dentro del intervalo $[0, 1]$. Por ejemplo, en la Tabla 3.1 observe en la columna de la variable TI , que su dominio es $M_{TI} = [75, 390]$. Así su normalización consistió en dividir el valor TI de cada Subred entre el valor de la cota superior de su dominio, es decir entre $M_{TI\ sup} = 390$. De esta forma, para la Subred-Libera que tiene un valor $TI = 330$, su nuevo valor normalizado $\overline{TI} = 0.8$, tal y como se muestra a continuación (recuerde que el resultado de la división hay que redondearlo a la décima más próxima).

$$\overline{V}_i = \frac{(V_i)}{(M_{sup})} \implies \overline{TI} = \frac{(TI)_{Liberia}}{(M_{TI\ sup})} \implies \overline{TI}_{Liberia} = \frac{(330)}{(390)} = 0.84 = 0.8$$

Los resultados normalizados para el resto de las variables se muestran en la Tabla 3.2. Tal y como se dijo, las variables HS , PO y EQ , quedan excluidas de este proceso de normalización, y las variables RX , FL , MA , TC y US , no requieren ser normalizadas.

Tabla 3.2 – Resultados de las variables normalizadas

<i>Subred</i>	$\overline{M1}$	$\overline{M2}$	$\overline{M3}$	\overline{DI}	\overline{TI}
Liberia	0.0	1.0	1.0	0.6	0.8
San Carlos	0.3	0.0	0.0	0.9	0.8
Puntarenas	0.5	0.0	0.3	0.6	0.5
Alajuela	0.3	0.8	0.3	0.2	0.2
Heredia	0.5	0.2	0.0	0.6	0.5
Cartago	1.0	0.2	0.2	0.2	0.3
Limón	0.5	0.2	0.3	0.4	0.5
Pérez Z.	0.3	0.0	0.3	1.0	1.0

3.1.2 - Aplicación de los Indicadores Parciales

Como se sabe, se generaron un total de 7 indicadores parciales (sección 2.3.2) y a manera de ejemplo se muestra la aplicación de éstos en la Subred-Liberia

Indicador I_1 : para su cálculo se utilizó la Ec. 2.2 y los datos del número de habitantes (PO) y hospitales (HS) de la Subred-Liberia (Tabla 3.1), resultando que hay 108 776 habitantes por cada hospital.

$$I_1 = (PO)/(HS) \quad \Rightarrow \quad I_1 = (326\,329_{hab}) / (3_{hosp}) = 108\,776_{hab/hosp}$$

Indicador I_2 : se utilizó la Ec. 2.3 y los datos de las variables de población (PO) y el número total de equipos de imaginología (EQ) recopilados para la Subred-Liberia (Tabla 3.1). El resultado del indicador muestra que por cada 17 175 habitantes hay 1 equipo de imagen disponible, sin importar la modalidad de imaginología diagnóstica.

$$I_2 = (PO)/(EQ) \quad \Rightarrow \quad I_2 = (326\,329_{hab}) / (19_{equipos}) = 17\,175_{hab/equipo}$$

Indicador I_3 : para su estimación se requirió del resultado de la variable MO de la Subred-Liberia (Tabla 3.2) y de la Ec. 2.4, obteniéndose un resultado de $I_3 = 1$. Esto significa que en Liberia existen las 5 modalidades de imagen para poder ofrecer servicios de diagnóstico.

$$I_3 = (MO)/5 \quad \Rightarrow \quad I_3 = (5)_{mod} / 5 = 1$$

Indicador I_4 : en su estimación se utilizó la Ec. 2.5, los valores de las variables normalizadas $\overline{M1}$, $\overline{M2}$ y $\overline{M3}$ (Tabla 3.2) y sus respectivos factores de relevancia ρ_i ($\rho_1 = 1$, $\rho_2 = 0.75$, $\rho_3 = 0.5$). Además se utilizó la constante de normalización $n = 2.25$ (con $n = \rho_1 + \rho_2 + \rho_3$). El resultado de este indicador es $I_4 = 0.6$ (redondeado a su décima más próxima) significando que en Liberia existe un nivel de sobremortalidad medio, ya que si el resultado máximo posible (1.0) representa una alta sobremortalidad, un valor cercano al 0.5 representará la mitad de ese nivel.

$$I_4 = \frac{\sum_{i=1}^3 (\rho_i \overline{M}_i)}{n} \quad \Rightarrow \quad I_4 = \frac{(1.0 * 0.0) + (0.75 * 1.0) + (0.5 * 1.0)}{2.25} = 0.56 \Rightarrow I_4 = 0.6$$

Indicador I_5 : utilizando la Ec. 2.6 y el número de habitantes de la Subred-Liberia reportados en la Tabla 3.1, resulta que 26 106 habitantes son pacientes potenciales del tercer nivel de atención.

$$I_5 = (PO) \cdot 8\% \quad \Rightarrow \quad I_5 = (326\ 329) \cdot 8\% = 26\ 106_{hab}$$

Indicador I_6 : la distancia de separación entre Liberia y la Capital es de 200 km (Tabla 3.1) y después de ser normalizado el indicador resulta $I_6 = 0.6$ (Tabla 3.2). Esto significa que Liberia es una de las regiones que tiene una distancia de separación a la Capital media, es decir, no es de las regiones más lejanas ni de las más cercanas, ya que el valor máximo posible de indicador es 1.0.

Indicador I_7 : es un resultado directo, que para la Subred-Liberia se estimó en 330 minutos (Tabla 3.1) y que después de ser normalizado resultó $I_7 = 0.8$ (Tabla 3.2). Este resultado al estar muy cerca del valor máximo del indicador (1.0), significa que el tiempo que se requiere para trasladarse hasta la Capital, es uno de los más tardados del país.

Los resultados de la aplicación de los indicadores parciales para todas las Subredes, se muestran en la Tabla 3.3. Observe que a excepción de los indicadores I_1 , I_2 e I_5 , los resultados del resto son valores que se encuentran dentro del intervalo $[0, 1]$, ya que para su estimación se utilizaron los valores de las variables que fueron normalizadas en la sección anterior.

Tabla 3.3 - Indicadores parciales, para las 8 Subredes de análisis.

<i>Subred</i>	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7
Liberia	108 776	17 175	1.0	0.6	26 106	0.6	0.8
San Carlos	93 914	20 870	0.8	0.1	15 026	0.9	0.8
Puntarenas	121 715	17 388	0.8	0.3	19 474	0.6	0.5
Alajuela	197 340	25 740	1.0	0.5	47 361	0.2	0.2
Heredia	421 830	35 153	0.8	0.3	33 746	0.6	0.5
Cartago	225 544	25 060	1.0	0.5	36 087	0.2	0.3
Limón	229 275	41 686	0.8	0.4	36 683	0.4	0.5
Pérez Zeledón	60 723	15 980	0.8	0.2	24 289	1.0	1.0

Para tener consistencia en que todos los indicadores parciales tengan valores dentro del intervalo $[0, 1]$, se procedió a normalizar los indicadores I_1 , I_2 e I_5 con la Ec. 2.9. Por ejemplo, para el indicador I_1 , observe que el dominio Δ_h es el intervalo acotado $\Delta_{I_1} = [60\ 723, 421\ 830]$, así para la normalización se dividió el valor I_1 de cada Subred entre el valor de la cota superior del intervalo acotado, es decir entre $\Delta_{I_1 \text{ sup}} = 421\ 830$. Para la Subred-Liberia, que tiene un valor $I_1 = 108\ 776$ su nuevo valor normalizado es $I_{1 \text{ nor}} = 0.3$, tal y como se muestra a continuación (recuerde que hay que redondear el resultado $I_{1 \text{ nor}}$ a su décima más próxima).

$$I_{h \text{ NOR}} = \frac{I_h}{\Delta_{h \text{ sup}}} \implies I_{1 \text{ nor}} = \frac{(I_1)}{(\Delta_{I_1 \text{ sup}})} \implies I_{1 \text{ nor}} = \frac{(108\ 776)}{(421\ 830)} = 0.3$$

De este modo, el resultado normalizado de todos los indicadores para las 8 Subredes se muestra en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 - Indicadores parciales normalizados, para las 8 Subredes de análisis.							
<i>Subred</i>	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7
Liberia	0.3	0.4	1.0	0.6	0.6	0.6	0.8
San Carlos	0.2	0.5	0.8	0.1	0.3	0.9	0.8
Puntarenas	0.3	0.4	0.8	0.3	0.4	0.6	0.5
Alajuela	0.5	0.6	1.0	0.5	1.0	0.2	0.2
Heredia	1.0	0.8	0.8	0.3	0.7	0.6	0.5
Cartago	0.5	0.6	1.0	0.5	0.8	0.2	0.3
Limón	0.5	1.0	0.8	0.4	0.8	0.4	0.5
Pérez Zeledón	0.1	0.4	0.8	0.2	0.5	1.0	1.0

3.1.3 - Procesamiento de los Indicadores Parciales

3.1.3.1 - Complemento de los indicadores parciales

Utilizando $\bar{I}_k = 1 - I_k$ se procedió a complementar los resultados de los indicadores tal y como se muestra en el siguiente ejemplo para la Subred-Liberia. Note que el único indicador que no requirió del cálculo de su complemento fue I_3 (sección 2.3.3), pero para tener una consistencia con la notación utilizada, $\bar{I}_3 = I_3$.

$$\text{Si } \bar{I}_k = 1 - I_k \quad \Rightarrow \quad \bar{I}_1 = 1 - (0.3) = 0.7$$

$$\Rightarrow \bar{I}_2 = 1 - (0.4) = 0.6$$

$$\Rightarrow \bar{I}_4 = 1 - (0.6) = 0.4$$

$$\Rightarrow \bar{I}_5 = 1 - (0.6) = 0.4$$

$$\Rightarrow \bar{I}_6 = 1 - (0.6) = 0.4$$

$$\Rightarrow \bar{I}_7 = 1 - (0.8) = 0.2$$

$$\text{Cómo } \bar{I}_3 = I_3 \quad \Rightarrow \quad \bar{I}_3 = 1.0$$

De este modo, el resultado del procesamiento por complemento de todos los indicadores y para las 8 Subredes se muestra en la Tabla 3.5; observe que existen varios resultados con un valor de 0.0 (\bar{I}_1 en la Subred-Heredia, por ejemplo). Generalmente el valor de 0 representa “nada” o “ausencia de información”, pero para este trabajo en particular representa un indicador cuyo valor directo resultó el máximo posible, es decir 1.0 (ver Tabla 3.4) y al calcular su complemento se convierte en el 0.0.

Tabla 3.5 - Complemento de los indicadores parciales							
<i>Subred</i>	\bar{I}_1	\bar{I}_2	\bar{I}_3	\bar{I}_4	\bar{I}_5	\bar{I}_6	\bar{I}_7
Liberia	0.7	0.6	1.0	0.4	0.4	0.4	0.2
San Carlos	0.8	0.5	0.8	0.9	0.7	0.1	0.2
Puntarenas	0.7	0.6	0.8	0.7	0.6	0.4	0.5
Alajuela	0.5	0.4	1.0	0.5	0.0	0.8	0.8
Heredia	0.0	0.2	0.8	0.7	0.3	0.4	0.5
Cartago	0.5	0.4	1.0	0.5	0.2	0.8	0.7
Limón	0.5	0.0	0.8	0.6	0.2	0.6	0.5
Pérez Zeledón	0.9	0.6	0.8	0.8	0.5	0.0	0.0

3.1.3.2 - Factor de relevancia de los indicadores parciales

A cada indicador se le asignó un factor de relevancia w (Tabla 2.2) que al ser multiplicado por su valor \bar{I}_k (Tabla 3.5) se obtiene como resultado $\bar{\bar{I}}_k$. Por ejemplo, para la Subred-Liberia el procesamiento realiza de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
\text{Si } \bar{I}_k = w \times \bar{I}_k &\Rightarrow \bar{I}_1 = (0.3) \times (0.7) = 0.2 \\
&\Rightarrow \bar{I}_2 = (1.0) \times (0.6) = 0.6 \\
&\Rightarrow \bar{I}_3 = (0.6) \times (1.0) = 0.6 \\
&\Rightarrow \bar{I}_4 = (0.6) \times (0.4) = 0.3 \\
&\Rightarrow \bar{I}_5 = (0.3) \times (0.4) = 0.1 \\
&\Rightarrow \bar{I}_6 = (0.6) \times (0.4) = 0.3 \\
&\Rightarrow \bar{I}_7 = (1.0) \times (0.2) = 0.2
\end{aligned}$$

De esta forma y para el resto de las Subredes, se realizó el mismo procesamiento. Los resultados de los indicadores procesados, su respectivo factor de relevancia w y su nuevo intervalo acotado Δ_{I_j} , se muestran en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 - Indicadores parciales procesados con el factor de relevancia							
Subred	\bar{I}_1	\bar{I}_2	\bar{I}_3	\bar{I}_4	\bar{I}_5	\bar{I}_6	\bar{I}_7
Liberia	0.2	0.6	0.6	0.3	0.1	0.3	0.2
San Carlos	0.2	0.5	0.5	0.5	0.2	0.1	0.2
Puntarenas	0.2	0.6	0.5	0.4	0.2	0.3	0.5
Alajuela	0.2	0.4	0.6	0.3	0.0	0.5	0.8
Heredia	0.0	0.2	0.5	0.4	0.1	0.3	0.5
Cartago	0.1	0.4	0.6	0.3	0.1	0.5	0.7
Limón	0.1	0.0	0.5	0.4	0.1	0.3	0.5
Pérez Zeledón	0.3	0.6	0.5	0.5	0.1	0.0	0.0
Factor relevancia w	0.3	1.0	0.6	0.6	0.3	0.6	1.0
Intervalo Δ_{I_p}	[0.0, 0.3]	[0.0, 1.0]	[0.0, 0.6]	[0.0, 0.6]	[0.0, 0.3]	[0.0, 0.6]	[0.0, 1.0]

3.1.4 - Aplicación del Indicador Global: *ASI*

Para calcular el *ASI* se requiere de la Ec. 2.10, los resultados de los indicadores parciales \bar{I}_k (Tabla 3.6) y el factor de normalización $N = 4.4$, el cual resulta de sumar todos los factores de

relevancia w usados en la sección anterior, con $N = \sum_{k=1}^7 (w_k)$. De esta forma, se ilustra a continuación la estimación del valor ASI para la Subred-Liberia:

$$\begin{aligned}
 ASI_{\text{liberia}} &= \frac{\sum_{k=1}^7 \bar{I}_k}{N} \quad \Rightarrow \quad ASI_{\text{liberia}} = \frac{(\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 + \bar{I}_4 + \bar{I}_5 + \bar{I}_6 + \bar{I}_7)}{(4.4)} \\
 &\Rightarrow \quad ASI_{\text{liberia}} = \frac{(0.2 + 0.6 + 0.6 + 0.3 + 0.1 + 0.3 + 0.2)}{(4.4)} \\
 &\Rightarrow \quad ASI_{\text{liberia}} = (0.51)
 \end{aligned}$$

De esta misma forma se llevó a cabo el cálculo del valor ASI para el resto de las Subredes y los resultados se muestran en la Tabla 3.7. Observe que todos los resultados obtienen valores dentro del intervalo $[0, 1]$.

Tabla 3.7 - Indicador global, ASI	
<i>Subred</i>	Valor ASI
Liberia	0.51
San Carlos	0.52
Puntarenas	0.59
Alajuela	0.63
Heredia	0.44
Cartago	0.60
Limón	0.43
Pérez Zeledón	0.45
Intervalo acotado Δ	$[0.0, 1.0]$

3.1.5 - Asignación de la Escala Cualitativa al Valor Numérico del ASI

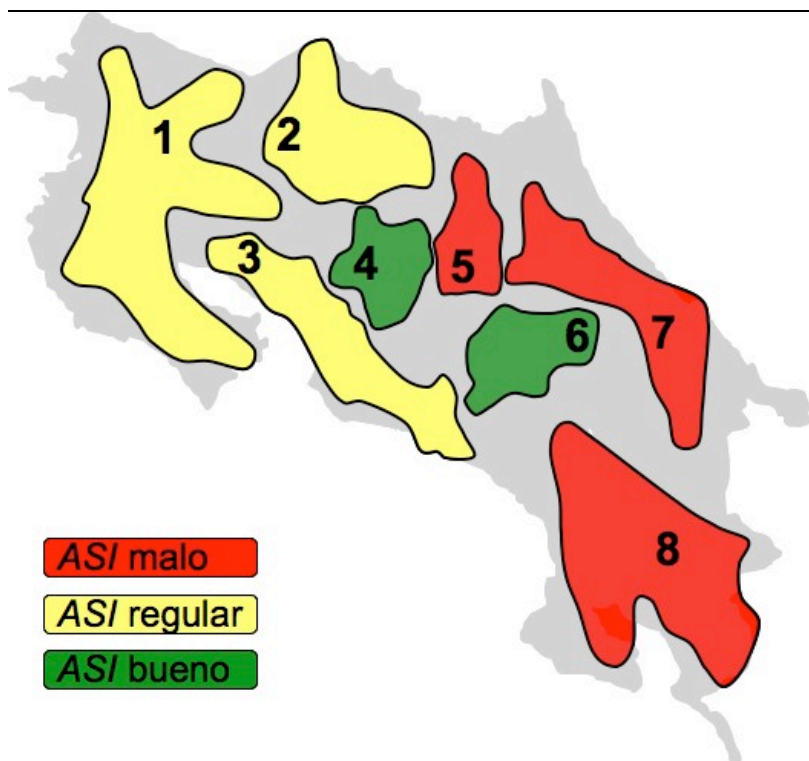
En la solución del problema específico de clasificación de Subredes según su nivel de ASI , se utilizaron las clases que fueron diseñadas según umbrales de exactitud (Tabla 2.3) y que permiten facilitar la interpretación del resultado ASI . En la Tabla 3.8 se presentan los umbrales utilizados, la clase que representan y la clasificación final de las Subredes. Observe que tres Subredes se clasificaron dentro de ASI malo, tres en ASI regular, y dos en ASI bueno.

Tabla 3.8 – Clases y umbrales para la clasificación de las Subredes

Umbral	Clase	Subredes clasificadas
[0.00, 0.39]	<i>ASI muy malo</i>	---
[0.40, 0.49]	<i>ASI malo</i>	Heredia, Limón y Pérez Zeledón
[0.50, 0.59]	<i>ASI regular</i>	Liberia, San Carlos y Puntarenas
[0.60, 0.69]	<i>ASI bueno</i>	Alajuela y Cartago
[0.70, 1.00]	<i>ASI muy bueno</i>	---

Para facilitar la interpretación del resultado de la clasificación, en la Figura 3.2 se muestran las Subredes coloreadas según la clasificación obtenida. Así las regiones que se muestran en color rojo, que son: Heredia (5), Limón (7) y Pérez Zeledón (8), poseen *ASI malo*. Por su parte las Subredes con un *ASI regular*, se presentan en color amarillo y corresponden a Liberia (1), San Carlos (2) y Puntarenas (3). Finalmente, Alajuela (4) y Cartago (6) son las que quedaron clasificadas en *ASI bueno*, en color verde.

Figura 3.2 - Ubicación geográfica de las Subredes según su nivel *ASI*



3.1.6 - Evaluación e Interpretación de los Resultados del ASI

A continuación se presentará un análisis de los resultados obtenidos en los indicadores parciales y el global de las 8 Subredes de establecimientos. La dinámica de discusión se realizará según los aspectos que fueron considerados en un inicio para realizar la estimación del nivel ASI, que son: la infraestructura hospitalaria de la región, la capacidad de atención de los SI en función del recurso tecnológico instalado, aspectos epidemiológicos (según 3 de las principales causas de muerte en el país), aspectos demográficos y la ubicación geográfica respecto a la Capital.

También es importante mencionar que con la discusión se hace alusión a los valores medios de las cotas superiores de los dominios de los indicadores, si el resultado obtenido por cualquier indicador parcial \bar{I}_k es mayor al 50% del valor de la cota superior de su dominio Δ_{I_k} , entonces ese resultado favorece el acceso. En caso contrario, si es menor o igual al 50% se consideró que la aportación de \bar{I}_k es negativa hacia el acceso. Para precisar el 50% de la cota superior del dominio $\Delta_{I_k} = [0.0, 0.3]$ es 0.15, para los indicadores con $\Delta_{I_k} = [0.0, 0.6]$ es 0.3, y para los que tienen un $\Delta_{I_k} = [0.0, 1.0]$ es de 0.5.

Infraestructura hospitalaria de la región (I_1) - en relación con este aspecto se observa que la Subred-Pérez Zeledón (Tabla 3.6) fue la que obtuvo el resultado más alto (0.3), lo que se explica porque en la región hay un total de 5 hospitales (uno regional y el cuatro periféricos) para una población con un poco más de 300 mil habitantes. Por otro lado, observe que las Subredes Liberia, San Carlos, Puntarenas y Alajuela obtuvieron un 0.2, resultado todavía superior al 50% del valor de la cota superior del dominio Δ_{I_1} , lo que significa que estas regiones poseen una infraestructura hospitalaria que favorece el acceso a los servicios. El resultado de las Subredes Cartago y Limón fueron menores a 0.15 (50% de la cota superior) lo que significa que en esas dos regiones existe un déficit de hospitales por habitantes. Finalmente, la Subred-Heredia obtuvo el valor más bajo de todas las Subredes 0.0 ya que en la región existe tan sólo un hospital para brindar atención a una población de casi 500 mil habitantes.

Capacidad de atención en función del recurso tecnológico (I_2 e I_3) - para el análisis de este aspecto, fue necesario considerar el resultado de los indicadores I_2 (número de habitantes

por equipos de imaginología) e I_3 (modalidades de imaginología), ya que ambos aportan información sobre la capacidad de atención de los SI locales a partir de los equipos de imaginología instalados. Las Subredes Liberia, Puntarenas y Pérez Zeledón, obtuvieron el resultado más alto del indicador $I_2 = 0.6$, y como el resultado se encuentra por arriba del 50% de la cota superior de su dominio, se puede afirmar que en estas 3 Subredes este aspecto favorece al acceso a los servicios. En la Subred-San Carlos el resultado de fue 0.5 (valor medio de la cota superior), lo que significa que en esa región las condiciones de capacidad de atención está limitada por el número de equipos por habitante. Las cuatro Subredes restantes: Alajuela, Heredia, Cartago y Limón, obtuvieron un resultado por debajo del 50% de la cota superior, lo que representa una situación desfavorable hacia el acceso a los servicios. Se resalta el hecho de que nuevamente las Subredes de Heredia y Limón, obtuvieron los resultados más bajos del indicador.

Respecto a los resultados que se obtuvieron con el indicador I_3 (modalidades de imagen que ofrecen los SI de cada región), observe en la Tabla 3.6, que los resultados más altos ($I_3 = 0.6$) los presentan las Subredes de Liberia, Alajuela y Cartago, ya que son las únicas tres que poseen equipos de las 5 modalidades. Las 5 Subredes restantes: San Carlos, Puntarenas, Heredia, Limón y Pérez Zeledón, obtuvieron un resultado del indicador igual a 0.5, esto debido a que todas carecen de la modalidad de tomografía.

Aspecto epidemiológico (I_4) - se observa que todas las Subredes obtuvieron resultados que favorecen al acceso (Tabla 3.6), es decir, todos con valores que se encuentran por encima del 50% de la cota superior su dominio. Las Subredes de San Carlos y Pérez Zeledón, por ejemplo, fueron las que obtuvieron los resultados más altos (0.5), revelando que son las regiones con los menores índices de sobremortalidad. En un siguiente nivel se encuentran las Subredes de Puntarenas, Heredia y Limón, con un resultado de 0.4; finalmente con los resultados más bajos se presentaron en Liberia, Alajuela y Cartago con 0.3, resultado que corresponde con la capacidad de atención en función del recurso tecnológico disponible (I_3).

Aspecto demográfico (I_5) - las Subredes Alajuela, Heredia, Cartago y Limón son las que poseen un número de habitantes, por encima de 400 mil (Tabla 3.1) y por consiguiente los resultados más bajos de este indicador I_5 (Tabla 3.6), por debajo del 50% de la cota superior de su dominio, significando una limitación para el acceso respecto a este aspecto. En Liberia y

Pérez Zeledón (que tienen un poco más de 300 mil habitantes) el acceso se encuentra también limitado por este aspecto, ya que ambas Subredes obtuvieron resultados por debajo del 50% de la cota superior (Tabla 3.6). Por otro lado, las Subredes en donde el acceso sí está beneficiado son San Carlos y Puntarenas, pues tienen las más bajas poblaciones y por consiguiente el número de personas que requerirían de un tercer nivel de atención médica, es menor.

Aspecto geográfico (I_6 e I_7) - para el análisis de este aspecto, fue necesario considerar el resultado de los indicadores I_6 (distancia a la Capital) e I_7 (tiempo para recorrer la distancia a la Capital), ya que ambos aportan información referente al aspecto de ubicación geográfica de la Subred. Evidentemente las Subredes que se encuentren más alejadas de la Capital, son las que obtienen los resultados más bajos en el indicador I_6 y en consecuencia las que más limitación presentan al acceso, estas son: Liberia, San Carlos, Limón y Pérez Zeledón (Tabla 3.6). En segundo lugar se encuentran Puntarenas y Heredia, las cuales tuvieron resultados iguales al 50% de la cota superior de su dominio, lo que significa que en esas regiones la distancia hacia la Capital limita al acceso. En un tercer lugar se encuentran las Subredes de Alajuela y Cartago, que por su cercanía a la Capital obtuvieron los resultados más favorables al acceso (Tabla 3.6).

Respecto a los resultados del indicador I_7 , las Subredes de Liberia, San Carlos y Pérez Zeledón fueron las que obtuvieron resultados más bajos, limitando el acceso. Para el caso de Puntarenas, Heredia y Limón, el valor obtenido igual al 50% de la cota superior de su dominio, lo que significa una limitación para el acceso. Por último, debido a su cercanía con la Capital, nuevamente se encuentran las Subredes de Alajuela y Cartago con los resultados de I_7 más altos y favorables al acceso de los servicios de imagen.

3.2 - Validación del Método para la Conversión de un Servicio de Imagenología a un Centro Autosuficiente de Imágenes Médicas

La validación del método para la conversión de un Servicio de Imagenología (SI) a un Centro Autosuficiente de Imágenes Médicas (CAIM), se llevó a cabo en 5 SI de diferentes hospitales regionales ubicados en 5 Subredes de establecimientos distintas. Las Subredes fueron elegidas basándose en el criterio de contar, al menos, con una Subred de cada nivel *ASI*

obtenido en la estimación anterior (Tabla 3.8). En ese sentido se seleccionaron a Limón, Heredia y Pérez Zeledón clasificadas dentro de *ASI malo*, a Liberia dentro de *ASI regular* y a Cartago dentro de *ASI bueno*. De este modo, siguiendo el método descrito en la sección 2.5.1 a continuación se describe la aplicación para las Subredes mencionadas.

3.2.1 - Paso 1: Evaluación *in situ* del Servicio de Imaginología

Para recopilar toda la información que se quiere cuantificar en la evaluación *in situ*, se diseñó el formato “*Evaluación de los Servicios de Imaginología*” (Anexo 1). La estructura del formato consta de 4 secciones que se describen a continuación:

- En la primera sección, a través del *Cuadro 1- Información general*, se recopila información sobre el SI en donde se realiza la evaluación, el nombre del hospital, nombre de la provincia a la cual pertenece, nombre de la Subred en donde se encuentra ubicado, fecha de la evaluación, nivel del hospital (si es regional o periférico), nombre del jefe del SI, nombre del guía o responsable de la visita, teléfono del servicio y dirección de correo electrónico.
- En el *Cuadro 2 - Información del personal*, se recopila información de los recursos humanos que laboran dentro del SI, a través del número de trabajadores de cada perfil que laboran en el turno de la mañana, en el turno de la tarde, en el turno de la noche y aquellos que tienen un turno distinto a los mencionados.
- En el *Cuadro 3 - Información de áreas físicas de apoyo*, se verifica la existencia o no, de las áreas de apoyo para los estudios, las áreas de apoyo al servicio y áreas de apoyo a las tareas administrativas.
- Finalmente, en la sección del *Cuadro 4 - Información de equipos y salas de estudio*, se recopila información sobre el equipo de imaginología instalado en cada sala: la modalidad de imagen, la marca, el modelo y el año de adquisición. Se recopila también información sobre la producción en el uso del equipo a través del número de estudios realizados durante el día, el número de pacientes que se atienden con ese equipo durante un día y las fechas de las listas de espera para poder usar el equipo. Sobre las salas de estudio se verifica si el equipo instalado tiene un buen o mal funcionamiento, también se verifica que la sala cuente con las medidas de seguridad radiológica mínimas, que son las barreras de

protección física (sala emplomada), la existencia de accesorios de protección (mandiles, guantes y protección para gónadas) y si cuenta con dosímetros ambientales.

A continuación se presenta la discusión de los resultados más relevantes en cada evaluación. De forma inicial se discutirán los resultados de los *recursos tecnológicos instalados*, luego los *recursos humanos disponibles*, y por último a la *infraestructura disponible*. Se hace la aclaración que la notación “NA” en los Anexos, se utilizó ante ausencia de información.

3.2.1.1 - Evaluación de los recursos tecnológicos instalados

En las cinco Subredes evaluadas, se extrajo la información del número de equipos que de cada modalidad de imagen que se encuentran instalados en los SI, los resultados se resumen en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9 - Evaluación <i>in situ</i> a los SI, resumen del recurso tecnológico						
Subred	RX	FL	MA	TC	US	TOTAL
Limón	2	1	1	0	1	5
Heredia	1	1	1	0	2	5
Pérez Zeledón	2	1	1	0	2	6
Liberia	2	1	1	1	2	7
Cartago	1	3	1	1	2	8

Subred-Limón: la evaluación se realizó en el SI del Hospital Dr. Tony Facio. Se sabe que el SI tiene instalados y en operación un total de 5 equipos: 2 RX, 1 FL, 1 MA y 1 US (Tabla 3.9), sin embargo, en los resultados presentados en el Cuadro 4 del Anexo 1, se puede observar que los 2 RX tienen más de 30 años de haber sido adquiridos y las listas de espera para poder ser utilizados son de más de 90 días. Por otro lado el FL es un equipo que actualmente se está utilizando como un RX convencional, pues la modalidad de fluoroscopia está descompuesta. El MA fue adquirido hace 7 años y atiende un promedio de 20 pacientes diarios, lo que significa un total de 5200 pacientes anuales. Por último el US es un equipo que tiene más de 20 años de haber sido adquirido.

Subred-Heredia: se evaluó el SI del Hospital San Vicente Paúl. Se sabe que también posee en total 5 equipos: 1 RX, 1 FL, 1 MA y 2 US (Tabla 3.9). Con la información que se presenta en el Cuadro 4 del Anexo 2, se observa que el equipo de RX tiene 7 años de haber sido adquirido, se realizan entre 250 y 280 estudios diarios y la lista de espera es de 4 meses. Al FL tampoco le sirve la modalidad de fluoroscopia, por lo que es utilizado como un equipo de RX convencional. El MA es utilizado en dos turnos atendiendo entre 40 y 45 pacientes por día, la lista de espera para que una mujer pueda ser atendida es de más de 7 meses. A pesar que poseen 2 US, la producción de estudios es distinta: con uno se realizan hasta 750 estudios por mes, en cambio el otro puede realizar 375 (es utilizado sólo durante 4 horas diarias).

Subred-Pérez Zeledón: el SI evaluado de Pérez Zeledón pertenece al Hospital Escalante Pradilla, que actualmente dispone de 2 RX, 1 FL, 1 MA y 2 US para sumar un total de 6 equipos (Tabla 3.9). Con información presentada en el Anexo 3, se sabe que los dos equipos de RX datan de hace más de 30 años, entre ambos se atienden aproximadamente unos 200 pacientes al día y el tiempo de espera para ser atendidos es de 4 meses. Con el FL se realizan 16 estudios por día. Con el equipo de MA se realizan 24 estudios diarios y presenta más de 4 mil estudios en lista de espera (12 meses). Finalmente, con los dos US se atienden 25 pacientes por día y las personas que requieren de un estudio con esta modalidad tienen que esperar más de 12 meses para poder ser atendidos.

Subred-Liberia: El SI evaluado en la Subred-Liberia pertenece al Hospital Enrique Baltodano, el cual tiene instalados un total de 7 equipos y como se mencionó, al menos uno de cada modalidad de imagen, éstos son: 2 RX, 1 FL, 1 MA, 1 TC y 2 US (Tabla 3.9). Además, con la información recopilada en el Anexo 4 se sabe que los 2 RX atienden entre 200 y 250 pacientes al día. El equipo de FL se utiliza sólo los días martes y jueves, en la realización de 10 estudios especiales por día. El equipo de MA tiene 10 años de haber sido adquirido, se atienden de 30 a 45 pacientes diarios y las listas de espera son de 4 meses. Por su parte el equipo de TC permite realizar 50 estudios diarios y tiene 7 años de uso. Con cada equipo de US se realizan 24 estudios por día y la lista de espera es de más de 1 año.

Subred-Cartago: En el SI del Hospital Max Peralta de la Subred-Cartago, se encuentran instalados 8 equipos de imagen en total (Tabla 3.9), de los cuales sólo cinco pertenecen al SI (1 RX, 1 FL, 1 MA y 2 US) y los restantes tres (1 TC y 2 FL) pertenecen al Centro Nacional

Contra el Cáncer Gástrico (CNCG), que está ubicado dentro del hospital y que auxilia al SI en el diagnóstico por imágenes médicas (Anexo 5). El equipo de RX tiene 13 años de uso y permite realizar 200 estudios por día. El equipo de FL instalado en el SI auxilia en la realización de 200 estudios de radiología convencional, debido a la escasez de equipos de RX y la alta demanda de la población. Los 2 FL que se encuentran instalados en el CNCG realizan estudios especiales generalmente en el diagnóstico y seguimiento de pacientes con cáncer. Debido a la alta demanda de estudios de mamografía (existen más de 5500 pacientes en listas de espera, igual a 18 meses), el MA es utilizado de lunes a domingo, realizando 42 estudios diarios. Como se mencionó, el equipo de TC está instalado en el CNCG, por lo que su principal uso se centra en la detección del cáncer gástrico. De los dos equipos de US sólo uno se encuentra instalado, ya que el SI no cuenta con espacio físico disponible para instalar el otro equipo; con el US instalado se realizan de 40 a 60 estudios por día y la lista de espera de pacientes que requieren de esta modalidad de diagnóstico, es más de 2 años.

3.2.1.2 - Evaluación de los recursos humanos disponibles

También se extrajo la información del número de trabajadores de cada perfil que laboran en los SI evaluados, los resultados se presentan en la Tabla 3.10. En todos los casos evaluados, el turno matutino es considerado como el principal turno de atención.

Tabla 3.10 - Evaluación in situ a los SI, resumen del recurso humano									
Subred	MR	TR	AE	RPR	AS		PA		TOTAL
					Archivo	Revelado	Recepción	Secretaria	
Limón	1	7	1	1	0	2	3	1	16
Heredia	3	6	1	1	1	2	3	2	19
Pérez Zeledón	2	7	1	1	1	4	1	4	21
Liberia	3	9	3	2	1	3	2	3	26
Cartago	4	10	2	2	1	2	3	1	25

Subred-Limón: el SI evaluado tiene disponibles en total 16 trabajadores entre todos los perfiles laborales (Tabla 3.10), de los cuales la mayoría trabajan durante el turno matutino (Anexo1, Cuadro 2). En la mañana trabaja el único MR del hospital y 4 TR (esto significa que de los 5 equipos de imagen que tiene instalados el SI, sólo 4 pueden ser utilizados de forma simultánea), el único AE del servicio, las dos recepcionistas, la secretaria, y una persona

encargada del revelado de placas, sumando en total 10 trabajadores. Durante el turno de la tarde trabajan solo tres personas: un TR, una recepcionista y una persona a cargo del revelado de las placas. El turno de la noche, es cubierto por un TR.

Subred-Heredia: como se presenta en el Cuadro 2 del Anexo 2, durante la mañana trabajan los 3 MR (dos con un horario de 8 horas/día y otro con uno de 6 horas/día), 3 TR se realizan los estudios de imagen (y el número de equipos instalados es 5, lo que implica que sólo se puedan operar 3 equipos a la vez), el único AE del servicio, las tres recepcionistas y dos secretarias, un responsable del archivo y otro del revelado de las placas; sumando 15 personas que trabajan durante este turno. En el horario de la tarde, se otorga servicio con dos TR y un responsable del revelado de placas. Lo que deja en el turno nocturno a un TR.

Subred-Pérez Zeledón: el SI en Pérez Zeledón dispone de un total de 21 trabajadores (Tabla 3.10). Con la información presentada en el Anexo 3, se sabe que en la mañana trabajan 14 personas, en la tarde 4, en la noche 1 y los 2 restantes en turnos especiales (trabajan con horario especial de 9 a.m. a 4 p.m.). En el turno matutino laboran los únicos 2 MR, 3 TR (de tal forma que sólo pueden ser operados 3 equipos de forma simultanea, de los 6 que están instalados), el único AE, 1 recepcionista y 3 secretarias (quedando todas las funciones administrativas en el turno matutino), 1 persona encargado del archivo de placas y 2 del revelado. En la tarde se encuentran 2 TR y 2 encargados del revelado. El turno nocturno es cubierto por 1 TR.

Subred-Liberia: en el SI evaluado en Liberia se sabe que 2 MR trabajan 4 horas diarias y el otro MR 8 por día, los tres lo hacen durante el turno matutino (Cuadro 2 en Anexo 4). En este mismo turno 6 TR realizan los estudios, 3 enfermeras los auxilian, las 3 secretarias y las dos recepcionistas realizan tareas administrativas, y 3 AS cumplen labores de administración del archivo y revelado de las placas. En el turno de la tarde laboran dos TR, un responsable del archivo y uno del revelado (que además cumple función de RPR). El turno nocturno es cubierto por un TR.

Subred-Cartago: el SI dispone en total de 25 trabajadores (Tabla 3.10), de los cuales 18 trabajan durante el turno matutino, 4 en el vespertino, 1 en el nocturno y 2 MR que tienen turno especial pues pertenecen al CNCG. En el turno de la mañana laboran 2 MR del SI, 6 TR, 1 enfermera (AE), los 2 RPR, todo el personal administrativo (3 recepcionistas y 1 secretaria),

y 2 AS (1 en el revelado y 1 en el archivo de las placas). En el turno de la tarde trabajan 3 TR y un responsable del revelado. Y en la noche el turno es cubierto por un TR.

3.2.1.3 - Evaluación de la infraestructura disponible

Por último, los resultados de la infraestructura disponible en cada SI se presentan en la Tabla 3.11. Corresponden al número de salas de estudio, medidas mínimas de protección radiológica (es decir, si la sala tiene las paredes emplomadas, si posee accesorios de protección, y si existe un dosímetro ambiental en la sala), además de las áreas físicas de apoyo que carece cada SI.

Tabla 3.11 - Evaluación in situ a los SI, resumen del recurso en infraestructura							
Subred	N° Salas	Protección radiológica			Carencias en áreas físicas		
		Sala con Pb	Sala con acces.	Sala con dosím.	Apoyo al servicio	Apoyo a estudios	Apoyo a administración
Limón	5	si	si	si	- vestidor hombres - guarda eq. móvil - almacén - séptico	- sala de espera - estación de camas	- área RPR
Heredia	5	si	no	no	- vestidor hombres - almacén - guarda eq. móvil - séptico	- cuarto preparación - estación de camas	- área RPR
Pérez Zeledón	6	si	si	no	- guarda eq. móvil - séptico	- cuarto preparación - estación de camas	- área RPR
Liberia	5	si	si	si	- guarda eq. móvil	- estación de camas	
Cartago	5	si	si	si	- guarda eq. móvil - séptico	- cuarto preparación - estación de camas	

Subred-Limón: el SI evaluado en Limón posee 5 salas de estudios, todas en uso. Las salas que tienen instalados equipos que utilizan radiación ionizante poseen sus las paredes emplomadas, los accesorios de protección (mandiles, guantes, protección para gónadas) para el personal ocupacionalmente expuesto (POE) y sólo dos poseen dosímetros ambientales (Cuadro 4, Anexo 1). Por otra parte, respecto a las áreas físicas que complementan el servicio, tiene una carencia de: vestidor para el personal masculino (actualmente utilizan una sala de estudios para cambiarse de ropa), espacio para la guarda del equipo móvil, cuarto séptico y

almacén, sala de espera, estación de camillas y 1 área para que el RPR realice sus tareas administrativas.

Subred-Heredia: el SI evaluado posee también 5 salas de estudio. Todas cuentan con barreras contra la radiación (paredes emplomadas), pero no todas poseen los accesorios de protección para el POE y paciente, así como tampoco dosímetros ambientales en cada una de ellas (Cuadro 4, Anexo 2). Por otro lado, carece de un total de 7 áreas físicas de apoyo, éstas son: vestidor para hombres, almacén, espacio para la guarda de equipo móvil, cuarto séptico, cuarto para la preparación de pacientes para estudios especiales, estación de camas y un área para que el RPR realice su labor administrativa.

Subred-Pérez Zeledón: tiene el SI con el mayor número de salas de estudio, 6 en total (Tabla 3.11). Todas aquellas que lo requieren, cumplen con los requerimientos mínimos de protección radiológica, a excepción de la existencia de un dosímetro ambiental en cada sala (Cuadro 4, Anexo 3). Sobre las áreas físicas de apoyo, actualmente carece un espacio para la guarda de equipo móvil y cuarto séptico, además de un cuarto de preparación de pacientes, un área para estación de camillas y un área de apoyo a tareas administrativas para el RPR.

Subred-Liberia: la edificación del Hospital de Liberia no tiene más de 7 años de haber sido restaurada, por lo tanto se constató que su SI es el que posee la infraestructura más completa y en mejor estado de todas las Subredes evaluadas, además de que posee espacio libre para cuando requiera una expansión. Dispone de un total de 5 salas de estudios, que a excepción de contar con un dosímetro ambiental en cada una, cumplen con los requerimientos mínimos de protección radiológica. El servicio carece de un espacio para la guarda de equipo móvil y una estación de camillas.

Subred-Cartago: el SI evaluado tiene 5 salas de estudio, de las cuales una no se está utilizando, ya que posee un equipo de RX que no funciona pero que todavía sigue instalado (Cuadro 4, Anexo 5). Respecto a los requerimientos de protección radiológica, dos de sus salas cumplen con todos ellos, las otras carecen de un dosímetro ambiental. Por otro lado, el SI no tiene espacio para la guarda de equipo móvil ni tampoco cuarto séptico, además carece de un cuarto para la preparación de pacientes y área de estación de camillas.

3.2.2 - Paso 2. Estimación Teórica de los Recursos Requeridos

En este paso se calculó el número de recursos tecnológicos, humanos y de infraestructura que teóricamente debería tener un servicio de imaginología, de acuerdo a la demanda que la población de su área de influencia tiene del servicio. La estimación se realizó utilizando los procedimientos y ecuaciones que fueron diseñadas para estimar los recursos de un CAIM (descritas en la sección 2.4), en las 8 Subredes de establecimientos definidas. Para ilustrar la aplicación de los procedimientos se muestran los resultados obtenidos en forma explícita, para la Subred-Liberia (ubicada en el noroeste del país, con una población de 326 mil habitantes y un resultado *ASI regular*).

3.2.2.1 - Estimación teórica de los recursos tecnológicos

(a) *Cálculo de la Producción Anual de Estudios (PAE)* - se calculó la PAE para cada modalidad de imagen con el número de estudios que el Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud (CENETEC) ha reportado que es posible realizar con cada modalidad de imagen durante una hora ^[46] y que son: 10 de RX, 2.5 de FL, 4 de MA, 3 de TC, y 4 de US, y se asumió que la duración de un turno de trabajo es de 8 horas, con un año de 261 días (resultado de 356 – 52 domingos – 52 sábados). Utilizando la Ec 2.13 a continuación se muestra el cálculo de la PAE en la modalidad de RX, los resultados para todas las modalidades se presentan en la Tabla 3.12.

$$PAE = (N^{\circ}\text{estudios/hora}) \times (N^{\circ}\text{horas/turno}) \times (N^{\circ}\text{días/año})$$

$$\Rightarrow PAE_{RX} = (10_{\text{estudios/hora}}) \times (8_{\text{horas}}) \times (261_{\text{días/año}}) = 20880_{\text{estudios RX/año}}$$

Tabla 3.12 - Producción anual de estudios en la Subred-Liberia

Modalidad	N° estudios/hora	N° estudios/turno	PAE
Rayos X	10	80	20 880
Fluoroscopia	2.5	20	5 220
Mamografía	4	32	8 352
Tomografía	3	24	6 264
Ultrasonografía	4	32	8 352
Total	23.5	188	49 068

(b) *Cálculo de la demanda total de estudios (DTE)* – como se sabe para calcular la DTE es necesario conocer el valor de la constante de frecuentación de estudios para Costa Rica, la cual se calculó de la siguiente manera:

El Departamento de Estadística en Salud de la CCSS a través de su Anuario Estadístico 2006, publicó el número de estudios que se realizaron en cada modalidad de imagen ^[24] (Tabla 3.13); la suma de estos valores es de 1 876 598 estudios y representa la producción total de estudios en el año 2006.

Tabla 3.13 - Producción de estudios de imagen en la CCSS, 2006^[24]	
Modalidad	N° de estudios
Rayos X	1 467 087
Fluoroscopia	26 443
Mamografía	64 913
Tomografía	55 432
Ultrasonido	262 723
Producción total	1 876 598

Al dividir la producción total de estudios entre el número de habitantes del país en el año 2006 (4 369 603 ^[17]), se obtiene el número de estudios que se realizaron per cápita y, cuando se multiplica este resultado por 1000, se obtiene el valor de la constante de frecuentación para Costa Rica, como se muestra a continuación:

$$\text{Estudios per cápita} = \frac{(\text{Producción total de estudios})}{(\text{N}^\circ \text{ habitantes})}$$

$$\Rightarrow \text{Estudios per cápita} = \frac{(1\ 876\ 598)_{\text{est}}}{(4\ 369\ 603)_{\text{hab}}} = 0.430_{\text{est/hab}}$$

Ahora,

$$\text{Cte de frecuentación} = (\text{estudios per cápita}) \times 1000$$

$$\Rightarrow \text{Cte de frecuentación} = (0.430) \times 1000 = 430_{\text{estudios/1000 habitantes/año}}$$

Con la constante de frecuentación para Costa Rica y el número de habitantes de la Subred-Liberia en miles, se utilizó la Ec. 2.14 para calcular la demanda total de estudios (DTE) en la región:

$$DTE = (\text{Cte frecuentación}) \times (\text{N}^\circ \text{ habitantes en la región})$$

$$\Rightarrow DTE = (430)_{\text{est/mil hab/año}} \times (326)_{\text{mil hab}} = 140\,180_{\text{estudios/año}}$$

(c) *Cálculo de la demanda parcial de estudios (DPE)* – el cálculo se realizó multiplicando el porcentaje de demanda de estudios de cada modalidad de imagen (reportado por la Sociedad Española de Radiología Médica ^[43]) por la DTE. Utilizando la Ec. 2.15 se calculó la DPE de la modalidad RX, y los resultados para el resto de las modalidades se presentan en la Tabla 3.14.

$$DPE_{\text{mod}} = (\% \text{ Demanda}_{\text{mod}}) \times (DTE)$$

$$\Rightarrow DPE_{\text{RX}} = (69\%) \times (140\,180)_{\text{est}} = 96\,724_{\text{estudios RX}}$$

Tabla 3.14 – Demanda parcial de estudios en la Subred-Liberia		
Modalidad	Porcentaje demanda parcial	DPE
Rayos X	69	96 724
Fluoroscopia	6	8 411
Mamografía	10	14 018
Tomografía	5	7 009
Ultrasonografía	10	14 018
Total	100	140 180

(d) *Cálculo del número de equipos según la modalidad de imagen* – como se sabe el número de equipos que se requieren en la región se obtiene dividiendo la DPE de cada modalidad entre su respectiva PAE. Utilizando la Ec. 2.16 a continuación se muestra el cálculo del número de equipos de RX que son requeridos en el SI del Hospital Enrique Baltodano de la Subred-Liberia.

$$N^\circ \text{ Equipos}_{\text{mod}} = \frac{(DPE_{\text{mod}})}{(PAE_{\text{mod}})} \quad \Rightarrow \quad N^\circ \text{ Equipos}_{\text{RX}} = \frac{(96\,724)_{\text{estudios RX}}}{(20\,880)_{\text{estudios RX}}} = 4.63$$

Note que el resultado anterior no es una cifra entera, razón por la cual, es necesario redondearla a su entero más próximo. De esta forma $N^{\circ}\text{Equipos}_{\text{RX}} = 5$, y los resultados del cálculo en las demás modalidades se presentan en la Tabla 3.15.

Tabla 3.15 – Número de equipos para la Subred-Liberia						
Subred	RX	FL	MA	TC	US	Total
Liberia	5	2	2	1	2	12

3.2.2.2 - Estimación teórica de los recursos humanos

(a) *Estimación del número de médicos radiólogos (MR)* - el Colegio de Médicos y Cirujanos de Costa Rica ha definido el número de interpretaciones que puede realizar un MR durante una hora según la modalidad de imagen ^[49]: para estudios de RX en 10 interpretaciones/hora, para FL en 3, para MA en 5, para TC en 3, y para US en 4, esto es tomando en cuenta sólo una modalidad a la vez (Tabla 3.16). Si se considera que el MR debe interpretar estudios de las 5 modalidades entonces se deben multiplicar los valores reportados por el Colegio de Médicos, por el correspondiente porcentaje de demanda reportado por la SERAM ^[43], obteniéndose como resultado la capacidad de interpretación de un MR según la demanda de estudios (Tabla 3.16). La suma de todos estos resultados es 8.13, y representa la capacidad de interpretación de un MR durante una hora considerando las 5 modalidades de imagen.

Tabla 3.16 – Capacidad de interpretación de un Médico Radiólogo					
Modalidad	Interpretación estudios / hora		Porcentaje demanda parcial	=	Capacidad de interpretación de estudios / hora
Rayos X	10	×	69	=	6.90
Fluoroscopia	3	×	6	=	0.18
Mamografía	5	×	10	=	0.50
Tomografía	3	×	5	=	0.15
Ultrasonografía	4	×	10	=	0.40
total					8.13

Para el cálculo del número de MR, se requiere conocer el número de interpretaciones que éste puede realizar por año. Este valor se obtuvo multiplicando la capacidad de interpretación

del MR durante una hora (8.13 estudios/hora), por el número de horas de un turno de trabajo (8 horas) y el número de días que se ha asumido que se trabaja en el SI (261 días) Utilizando la Ec. 2.17 y el valor de la demanda total de estudios (DTE) calculado para la Subred-Liberia en 140 180_{estudios}, se obtuvo que en el SI del Hospital se requieren al menos de 8 MR.

$$N^{\circ} \text{ interpretaciones/año} = (N^{\circ} \text{ interpretaciones/hora}) \times (N^{\circ} \text{ horas/turno}) \times (N^{\circ} \text{ días/año})$$

$$\Rightarrow N^{\circ} \text{ interpretaciones/año} = (8.13)_{\text{est/hora}} \times (8)_{\text{horas/turno}} \times (261)_{\text{días}} = 16\,975_{\text{est/año}}$$

Ahora,

$$N^{\circ} \text{ MR} = \frac{(DTE)}{(N^{\circ} \text{ interpretaciones/año})}$$

$$\Rightarrow N^{\circ} \text{ MR} = \frac{(140\,180)_{\text{estudios}}}{(16\,975)_{\text{estudios/año}}} = 8.23$$

Note que este resultado no es una cifra entera, razón por la cual se redondea el resultado a su entero más próximo, de esta forma: $N^{\circ} \text{ MR} = 8$.

(b) *Estimación del número de técnicos radiólogos (TR)* - el número de TR es un valor directamente proporcional al número total de equipos (Tabla 3.15) estimados en el procedimiento anterior, así:

$$\Rightarrow N^{\circ} \text{ TR} = (N^{\circ} \text{ total de equipos}) = 12$$

(c) *Estimación del número de auxiliares de estudio (AE)* - como se sabe el número de AE es igual a la suma del número de equipos de FL y TC (Ec. 2.19), que fueron estimados teóricamente para la Liberia. De la Tabla 3.15 se sabe que en la región se requieren 2 FL y 1 TC, por lo tanto el número requerido de AE = 3.

$$N^{\circ} \text{ AE} = (N^{\circ} \text{ equipos FL}) + (N^{\circ} \text{ equipos TC})$$

$$\Rightarrow N^{\circ} \text{ AE} = (2)_{\text{FL}} + (1)_{\text{TC}} = 3$$

(d) *Estimación del número de auxiliares de servicio (AS)* - el número de AS es un resultado que depende directamente del número de reveladoras en húmedo y del número de turnos principales de trabajo. Entonces, partiendo del supuesto de que el SI en análisis de la Subred-Liberia se cuenta con 1 reveladora y que se trabajan 2 turnos principales (matutino y vespertino), utilizando la Ec. 2.20 el número de AS es 4:

$$N^{\circ} AS = (N^{\circ} \text{reveladoras} \times N^{\circ} \text{turnos principales}) + (N^{\circ} \text{turnos principales})$$

$$\Rightarrow N^{\circ} AS = (1 \times 2) + (2) = 4$$

(e) *Estimación del número responsables de protección radiológica (RPR)* - este es un resultado que depende directamente del número de turnos principales de trabajo (Ec. 2.21). Si se trabaja en dos turnos principales: matutino y vespertino, en el SI se requiere un total de 2 RPR (uno para cada turno).

$$N^{\circ} RPR = (N^{\circ} \text{turnos principales})$$

$$\Rightarrow N^{\circ} RPR = 2$$

(f) *Estimación del número personal administrativo (PA)* - se requiere de al menos 2 trabajadores con este tipo de perfil en cada uno de los turnos principales. Así que si en el SI se trabajará en 2 turnos principales, el número de trabajadores que se requieren para cumplir las funciones administrativas es 4.

$$N^{\circ} PA = (N^{\circ} \text{turnos principales}) \times 2$$

$$\Rightarrow N^{\circ} PA = (2)_{\text{turnos}} \times 2 = 4$$

3.2.2.3 - Estimación teórica de los recursos de infraestructura

La estimación del recurso de infraestructura consistió en establecer el número mínimo de salas de estudio y las áreas físicas de apoyo, con las cuales es posible realizar una buena operación de los equipos y asegurar el correcto funcionamiento del servicio. En este sentido, el número de salas de estudio que se requieren en el SI de la Subred-Liberia debe ser igual al

número de equipos que fueron estimados teóricamente para suplir la demanda de la región (Tabla 3.15):

$$\Rightarrow N^{\circ} \text{ Salas de estudio} = (N^{\circ} \text{ total de equipos}) = 12$$

Por otro lado, para establecer las áreas físicas que se requerirían en el SI de Liberia, se utilizó el criterio propuesto en la sección 2.4.6. En este criterio, se estableció que en el SI se requiere de todas las áreas presentadas en la Tabla 3.17, ya que todas complementan el buen funcionamiento del SI.

Tabla 3.17 – Áreas físicas complementarias al SI		
Apoyo al servicio	Apoyo a estudios	Apoyo a tareas administrativas
Vestidor para personal	Estación de camas	Jefatura del servicio
Sanitarios para personal	Sala de espera	Área para el RPR
Archivo de placas	Cuarto preparación de estudios	Recepción
Almacén	Cuarto oscuro	Secretaría
Cuarto séptico	Área de interpretación	
Cuarto de aseo		
Guarda de equipo móvil		

Se ha ejemplificado la aplicación de los procedimientos para el cálculo de recursos tecnológicos, humanos y de infraestructura para el SI evaluado de la Subred-Liberia. Sin embargo, la estimación se realizó para las 8 Subredes de establecimientos definidas al comienzo de este Capítulo. De tal forma y a manera de resumen, en la Tabla 3.18 se presentan los resultados de las estimaciones hechas en el resto de las Subredes.

Tabla 3.18 - Estimación teórica de recursos en 8 Subredes de establecimientos de Costa Rica

	Liberia	San Carlos	Puntarenas	Alajuela	Heredia	Cartago	Limón	Pérez Zeledón
Población	326 329	187 827	243 430	592 021	421 830	451 088	458 549	303 616
ASI	regular	regular	regular	bueno	malo	bueno	malo	malo
Demanda total estudios	140 180	80 840	104 490	254 560	181 460	193 930	197 370	130 720
Recursos tecnológicos								
RX	5	3	3	8	6	6	7	4
FL	2	1	1	3	2	2	2	2
MA	2	1	1	3	2	2	2	2
TC	1	1	1	2	1	1	2	1
US	2	1	1	3	2	2	2	2
Total	12	7	7	19	13	13	15	11
Recursos humanos								
MR	8	5	6	15	11	11	12	8
TR	12	7	7	19	13	13	15	11
AE	3	1	2	5	3	3	3	2
AS ^(i, ii)	4	4	4	4	4	4	4	4
RPR ⁽ⁱⁱ⁾	2	2	2	2	2	2	2	2
PA ⁽ⁱⁱ⁾	4	4	4	4	4	4	4	4
Total	33	23	25	49	37	37	40	31
Recursos infraestructura								
Salas estudio	12	7	7	19	13	13	15	11
Áreas físicas ⁽ⁱⁱⁱ⁾	todas	todas	todas	todas	todas	todas	todas	todas

(i) Asumiendo que en cada SI tiene sólo 1 reveladora.

(ii) Asumiendo que en cada SI se trabaja en dos turnos principales: matutino y vespertino.

(iii) Las áreas físicas son todas las presentadas en la Tabla 3.17.

3.2.3 - Paso 3: Análisis Comparativo de los Recursos Instalados con los Recursos Requeridos

A continuación se presenta el análisis comparativo de los resultados obtenidos en la evaluación *in situ* de los recursos instalados en los SI con los resultados de la estimación teórica de los recursos requeridos para su conversión a CAIM. El orden de presentación obedece al nivel de *ASI* que obtuvo cada una de las regiones evaluadas, de tal forma que se presentan primero aquellas Subredes con *ASI malo*: Limón, Heredia y Pérez Zeledón, seguida por la Subred-Liberia con *ASI regular* y finalmente la Subred-Cartago con *ASI bueno*. Para cada Subred se analizaron y compararon los resultados según el tipo de recurso: tecnológico, humano o de infraestructura, y se generó una tabla en la que se resumen los resultados obtenidos.

3.2.3.1 - Subred-Limón

Recursos tecnológicos - se encontró que en el SI-Limón actualmente están instalados 5 equipos de imagen: 2 RX, 1FL, 1 MA y 1 US (Tabla 3.19). Por otro lado con la estimación teórica se determinó que el número de equipos que se requieren para atender a sus 450 mil habitantes son 15 en total, en detalle: 7 RX, 2 FL, 2 MA, 2 TC y 2 US (Tabla 3.18). Esto quiere decir que el SI tiene una carencia de 5 RX, 1 FL, 1 MA, 2 TC y 1 US (Tabla 3.19).

Recursos humanos - la evaluación permitió conocer que en el SI trabajan 1 MR, 7 TR, 1 AE, 4 PA y 2 AS. Por otra parte, los resultados de la estimación teórica (Tabla 3.18) aseguran que en la región se requiere al menos de 12 MR, 15 TR y 3 AE (en cada uno de los turnos principales), además de 4 AS y 4 PA. Con lo que es posible determinar que la carencia de recursos humanos es de 11 MR, 8 TR, 2 AE y 2 AS (Tabla 3.19).

Recursos de infraestructura - el SI-Limón también presenta importantes deficiencias en este rubro. Por ejemplo, carece de un total de 7 áreas físicas complementarias al servicio, que son: sala de espera, estación de camas, área para el RPR, vestidor para el personal masculino, un área para la guarda de equipo móvil, un almacén y un cuarto séptico (Tabla 3.19). Además tiene un déficit de 10 salas de estudio para que sumadas a las 5 que actualmente posee, puedan instalarse los 15 equipos que fueron estimados para suplir la demanda de estudios local.

Tabla 3.19 - Comparación de recursos para la Subred-Limón								
Tecnológicos		RX	FL	MA	TC	US	total	
	Estimados	7	2	2	2	2	15	
	Instalados	2	1	1	0	1	5	
	Déficit	5	1	1	2	1	10	
Humanos		MR	TR	AE	AS	RPR	PA	total
	Estimados	12	15	3	4	2	4	40
	Instalados	1	7	1	2	1	4	16
	Déficit	11	8	2	2	1	0	24
Infraestructura		Salas de estudio	Áreas de apoyo al servicio		Áreas de apoyo a estudios		Áreas de apoyo a tareas administrativas	
	Estimados	15	7		5		4	
	Instalados	5	3		3		3	
	Déficit	10	vestidor hombres guarda equipo móvil almacén y cuarto séptico		sala de espera estación de camas		área para el RPR	

3.2.3.2 - Subred-Heredia

Recursos tecnológicos - el SI de Heredia dispone actualmente de un total de 5 equipos, de los cuales uno (FL) se encuentra fuera de operación (Anexo 2). Con los resultados de la estimación teórica se determinó que para satisfacer la demanda de diagnóstico por imagen de una población que asciende a los 400 mil habitantes, se requieren al menos 13 equipos de imagen. De manera específica, el SI-Heredia presenta un déficit de 8 equipos: 5 RX, 2 FL, 1 MA y 1 TC (Tabla 3.20).

Recursos humanos - el SI posee actualmente 19 trabajadores para cubrir sus tres turnos de trabajo (matutino, vespertino y nocturno), con la estimación teórica se estableció que la Subred-Heredia requeriría al menos de 37 trabajadores (Tabla 3.20), es decir, actualmente tiene un déficit de 8 MR, 7 TR, 2 AE, 1 AE y 1 RPR. Por otra parte, observe que el PA no presenta déficit pues el número de trabajadores que actualmente laboran es mayor al número estimado (cabe aclarar que a pesar de que no hay déficit, es necesario realizar un estudio en función de la demanda de las tareas administrativas, para determinar el número de trabajadores con este perfil que realmente son requeridos).

Recursos de infraestructura - para que el SI-Heredia se convierta en un CAIM, es necesario la construcción de 8 salas de estudio, adicionales a las 5 existentes (Tabla 3.20), esto con el objetivo de que cada uno de los equipos que se requieren en la región, puedan ser instalados y operados de forma correcta. De manera específica se requiere la construcción de las siguientes áreas físicas: un cuarto de preparación de pacientes para los estudios especiales, una estación de camas, un área para el RPR, un vestidor para el personal masculino, un espacio para la guarda de equipo móvil, un almacén y un cuarto séptico.

Tabla 3.20 - Comparación de recursos para la Subred-Heredia								
Tecnológicos		RX	FL	MA	TC	US	total	
	Estimados	6	2	2	1	2	13	
	Instalados	1	1	1	0	2	5	
	Déficit	5	1	1	1	0	8	
Humanos		MR	TR	AE	AS	RPR	PA	total
	Estimados	11	13	3	4	2	4	37
	Instalados	3	6	1	3	1	5	19
	Déficit	8	7	2	1	1	0	18
Infraestructura		Salas de estudio	Áreas de apoyo al servicio		Áreas de apoyo a estudios		Áreas de apoyo a tareas administrativas	
	Estimados	13	7		5		4	
	Instalados	5	3		3		3	
	Déficit	8	vestidor hombres guarda equipo móvil almacén y cuarto séptico		cuarto de preparación estación de camas		área para el RPR.	

3.2.3.3 - Subred-Pérez Zeledón

Recursos tecnológicos - en la región de Pérez Zeledón habitan un poco más de 300 mil habitantes y para satisfacer la demanda de estudios se requiere de un total de 11 equipos (Tabla 3.21). Observe que el SI actualmente dispone de 6 equipos instalados, de tal forma que todavía hay un déficit de 5 equipos: 2 RX, 1 FL, 1 MA y 1 TC.

Recursos humanos - en el SI hay un déficit de 4 TR y 1 AE para cada turno de atención principal (matutino y vespertino) y de 6 MR para todos los turnos (Tabla 3.21). Con la evaluación *in situ* se encontró que para cumplir con las funciones administrativas, el SI tiene actualmente 4 PA (3 secretarias y 1 recepcionista), y para auxiliar en el servicio tiene 5 AS (4

para revelado de placas y 1 para el archivo de placas); lo que significa, acuerdo a la estimación teórica, que no presenta déficit en estos dos perfiles.

Recurso de infraestructura - el SI de Pérez Zeledón resultó el servicio que cuenta con el mayor número de salas de estudio de todas las Subredes evaluadas, un total de 6. Por lo tanto para lograr instalar los equipos estimados teóricamente, es necesario incorporar 5 salas de estudios adicionales. Por otro lado el SI carece de un cuarto de preparación de estudios, una estación de camas, un área para el RPR, un área para la guarda de equipo móvil y un cuarto séptico (Tabla 3.21).

Tabla 3.21 - Comparación de recursos para la Subred-Pérez Zeledón								
Tecnológicos		RX	FL	MA	TC	US	total	
	Estimados	4	2	2	1	2	11	
	Instalados	2	1	1	0	2	6	
	Déficit	2	1	1	1	0	5	
Humanos		MR	TR	AE	AS	RPR	PA	total
	Estimados	8	11	2	4	2	4	31
	Instalados	2	7	1	5	1	5	21
	Déficit	6	4	1	0	1	0	10
Infraestructura		Salas de estudio	Áreas de apoyo al servicio	Áreas de apoyo a estudios	Áreas de apoyo a tareas administrativas			
	Estimados	11	7	5	4			
	Instalados	6	5	3	3			
	Déficit	5	guarda equipo móvil cuarto séptico	cuarto de preparación estación de camas	área para el RPR			

3.2.3.4 - Subred-Liberia

Recursos tecnológicos - la estimación teórica permitió determinar que el SI requiere de un total de 12 equipos para satisfacer la demanda local de estudios, de los cuales sólo posee 7 instalados. Esto quiere decir que es necesario incorporar al servicio 3 RX, 1 FL y 1 MA (Tabla 3.22). Es importante resaltar que a pesar de estas carencias, la Subred-Liberia es de las pocas en donde existen equipos de las 5 modalidades de imagen.

Recursos humanos - según la estimación teórica, se requiere de un total de 8 MR para poder interpretar los estudios que sus 326 mil habitantes demandarían, pero la realidad es que en el

SI sólo laboran 2 MR (Tabla 3.22). Respecto a los TR, la estimación arrojó que se necesitan 12 en el turno matutino y 12 en el vespertino, pero actualmente en los tres turnos de trabajo (matutino, vespertino y nocturno) existen en total 9 TR. Sobre los AE, la estimación teórica coincide con el número que actualmente tiene (es decir, 3). Y respecto al AS, RPR y PA, se observa que no hay déficit de este tipo de trabajadores.

Recursos de infraestructura - la estimación teórica de recursos arrojó que para que exista un CAIM en Liberia, se requiere de un total de 12 salas de estudio y así se puedan instalar todos los equipos. El SI cuenta actualmente con sólo 5 salas, es decir la Subred tiene un faltante de 7 salas (Tabla 3.22). Adicionalmente, sobre las áreas físicas que complementan al SI, Liberia carece de una estación de camas y un área para la guarda de equipo móvil (actualmente, tanto las camas como los equipos se mantienen en los pasillos).

Tabla 3.22 - Comparación de recursos para la Subred-Liberia								
Tecnológicos		RX	FL	MA	TC	US	total	
	Estimados	5	2	2	1	2	12	
	Instalados	2	1	1	1	2	7	
	Déficit	3	1	1	0	0	5	
Humanos		MR	TR	AE	AS	RPR	PA	total
	Estimados	8	12	3	4	2	4	33
	Instalados	3	9	3	4	2	5	26
	Déficit	5	3	0	0	0	0	7
Infraestructura		Salas de estudio	Áreas de apoyo al servicio	Áreas de apoyo a estudios	Áreas de apoyo a tareas administrativas			
	Estimados	12	7	5	4			
	Instalados	5	6	4	4			
	Déficit	7	guarda equipo móvil	estación de camas	---			

3.2.3.5 - Subred-Cartago

Recursos tecnológicos - se demostró que en Cartago se requerirían de un total de 13 equipos para satisfacer la demanda de sus 450 mil habitantes, lo que significa que la carencia del SI es de 9 equipos; esto es, considerando que 2 FL, 1 TC y 1 US reportados pertenecen al Centro de Detección contra el Cáncer Gástrico (Anexo 5). Tomando esto en cuenta, el SI-

Cartago tiene un déficit de 5 RX, 1 FL, 1 MA, 1 TC y 1 US (Tabla 3.23). Nótese que el SI requiere al menos de un equipo de cada modalidad de imagen.

Recursos humanos - en el SI laboran 23 trabajadores cubriendo los 3 turnos de atención, se sabe que son: 2 MR, 10 TR, 2 RPR y 2 AE, además de 4 PA (3 recepcionistas y 1 secretaria) y 3 AS (2 relevadores de placas y 1 en archivo). Por su parte, la estimación teórica permitió determinar que para cada uno de los turnos principales (matutino y vespertino) se requieren 13 TR y 3 AE, y para todos los turnos ya considerados más el nocturno, se requieren en total 11 MR (Tabla 3.23).

Recursos de infraestructura - el SI-Cartago tiene un déficit de 8 salas de estudio (Tabla 3.23), valor que representa casi el doble de las salas que actualmente posee (5). Además, presenta un déficit de 4 áreas complementarias: un cuarto de preparación para estudios, una estación de camas, un cuarto séptico y un espacio para la guarda de equipos móviles.

Tabla 3.23 - Comparación de recursos para la Subred-Cartago								
Tecnológicos		RX	FL	MA	TC	US	total	
	Estimados	6	2	2	1	2	13	
	Instalados	1	1	1	0	1	5	
	Déficit	5	1	1	1	1	9	
Humanos		MR	TR	AE	AS	RPR	PA	total
	Estimados	11	13	3	4	2	4	37
	Instalados	2	10	2	3	2	4	23
	Déficit	9	3	1	1	0	0	14
Infraestructura		Salas de estudio	Áreas de apoyo al servicio	Áreas de apoyo a estudios	Áreas de apoyo a tareas administrativas			
	Estimados	13	7	5	4			
	Instalados	5	5	3	4			
	Déficit	8	guarda de equipo móvil cuarto séptico	cuarto de preparación estación de camas	--			

3.2.4 - Paso 4: Análisis de Factores que Intervienen en la Conversión de un Servicio de Imaginología a un Centro Autosuficiente de Imágenes Médicas

El paso final del método, consistió en un análisis cualitativo sobre la viabilidad que existe en realizar la conversión de un Servicio de Imaginología (SI) a un Centro Autosuficiente de Imágenes Médicas (CAIM) en cada una de las Subredes evaluadas. Para ello, primero se recopiló información de tres factores que intervienen en el proceso de conversión, que son: la inversión, el beneficio y la prioridad (sección 2.5.1.4). Posteriormente, utilizando gráficas tipo radar, se realizó un análisis multivariado para buscar la relación que existe entre dichos factores y el proceso de conversión.

(a) Recopilación de información de la inversión, el beneficio y la prioridad de conversión -

La **inversión** se refiere a los recursos tecnológicos, humanos y de infraestructura, que se requieren para que un SI evaluado se convierta a un CAIM. Son los que en el análisis comparativo de los recursos instalados con los recursos requeridos del Paso 3, fueron identificados como déficit y se presentan en la Tabla 3.24 de la siguiente forma: en la columna B, los recursos tecnológicos que representan el déficit de equipos que tiene cada Subred; en la columna C, los recursos humanos que representan el número de trabajadores que de todos los perfiles se requiere contratar; en la columna D, los recursos de infraestructura que se necesitan construir, son el resultado de la suma de las salas de estudio requeridas más el total de áreas físicas que faltan; finalmente el valor de la columna E, es el resultado de sumar los valores de las columnas B, C y D para cada SI evaluado.

El factor **beneficio** se refiere a la población que potencialmente se vería beneficiada con la conversión, es un valor que se relaciona directamente con el número de habitantes de la Subred a la cual pertenece el SI evaluado, y se muestra en la columna F de la Tabla 3.24.

El último factor es la **prioridad** que tiene una determinada región en realizar la conversión de su SI a un CAIM y que se obtiene a partir del resultado *ASI* (columna G de la Tabla 3.24) estimado para cada Subred. Este factor es inversamente proporcional al resultado *ASI*, por lo que en la columna H, se presenta el nivel de prioridad que le corresponde a cada valor *ASI*.

Observe que la Subred-Limón es la que requiere hacer una mayor inversión inicial con la adquisición de 10 equipos, la contratación de 23 trabajadores y la construcción de 17 nuevos

espacios (entre salas de estudio y áreas de apoyo) para sumar un total de 50 recursos (Tabla 3.24). También es la Subred cuya conversión brindaría un beneficio mayor, ya que en ella habitan 460 mil personas. Además posee un nivel de *ASI* malo, lo que significa que el nivel de prioridad de conversión es alto.

Las Subredes de Heredia y Pérez Zeledón, también poseen un resultado de *ASI malo* (Tabla 3.24), es decir, tienen el nivel de prioridad de conversión alto. Heredia muestra uno de los resultados de mayor inversión en recursos: 41 (distribuidos en 8 tecnológicos, 18 humanos y 15 de infraestructura) y en beneficio (tiene 422 mil habitantes). En contraste con Pérez Zeledón, que es una de las Subredes que requiere hacer la menor inversión en recursos: 25 (5 tecnológicos, 10 humanos y 10 de infraestructura) y en donde el beneficio sería para 304 mil habitantes.

Por su parte la Subred-Liberia tiene un nivel de prioridad medio (producto de su *ASI regular*), es la Subred que requiere de la menor inversión en recursos, 22 en total (5 tecnológicos, 7 en personal y 10 en infraestructura) y la que ofrece un beneficio a 326 mil habitantes.

En la Subred-Cartago el beneficio que traería la conversión sería para 451 mil habitantes (Tabla 3.24) y a pesar de que es la Subred que tiene el nivel de prioridad bajo (debido a que obtuvo un *ASI bueno*) se requiere de hacer una inversión inicial de 35 elementos (distribuidos en 9 tecnológicos, 14 de personal y 12 de infraestructura).

Tabla 3.24 - Datos de la inversión, beneficio y la prioridad de conversión de un SI a un CAIM							
A	B	C	D	E	F	G	H
Subred	Recursos tecnológicos	Recursos humanos	Recursos de infraestructura	Total	Habitantes (en miles)	<i>ASI</i>	Nivel de prioridad
Limón	10	23	17	50	460	malo	alto
Heredia	8	18	15	41	422	malo	alto
Pérez Zeledón	5	10	10	25	304	malo	alto
Liberia	5	7	10	22	326	regular	medio
Cartago	9	14	12	35	451	bueno	bajo

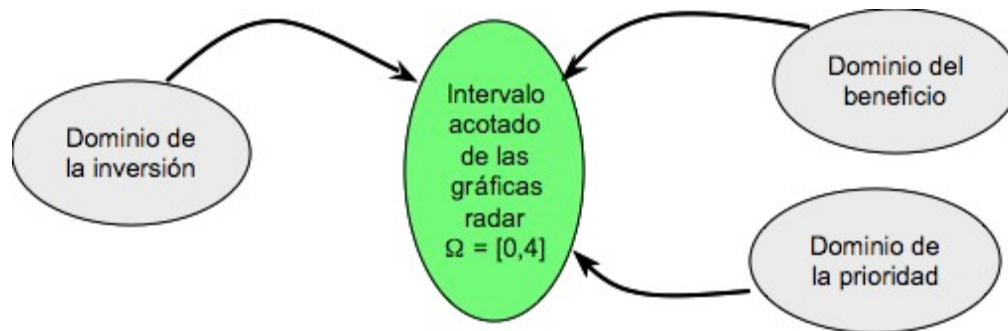
Se esperaría que las Subredes con un *ASI bueno*, el proceso de conversión en función del número de recursos requeridos no fuera tan costoso. Pero para el caso de Cartago, esto sucede

ya que su estimación del *ASI* no depende únicamente de los recursos que actualmente dispone el SI, si no mas bien, es resultado de un análisis en el que se consideraron 5 aspectos diferentes (infraestructura hospitalaria, capacidad de atención en función del recurso tecnológico, demografía y epidemiología de la región, y la ubicación geográfica).

(b) *Análisis multivariado de los factores* - las *Gráficas Radar* o *Diagramas de Araña* son herramientas que determinan la relación que existe entre datos pertenecientes a diferentes grupos y se utilizaron para encontrar el vínculo que tiene cada uno de los tres factores en relación al proceso de conversión de un SI a un CAIM.

Para su construcción, se requiere que los valores de los tres factores (inversión, beneficio y prioridad) estén acotados en un mismo intervalo, que para efectos de este trabajo, se ha establecido que sea el intervalo acotado $\Omega = [0, 4]$. De tal manera que fue necesario realizar un mapeo de los resultados de obtenidos por cada factor (Tabla 3.24) hacia el intervalo acotado Ω (Figura 3.3), en el cual el 0 representa el valor mínimo que puede adquirir cualquiera de los factores en las gráficas radar, y en el caso contrario, el 4 representa el valor máximo que puede adquirir.

Figura 3.3 - Mapeo de los dominios de los factores de inversión, beneficio y prioridad al intervalo Ω



El procedimiento para realizar el mapeo de los resultados de cada uno de los factores, se llevó a cabo de la siguiente forma:

- para el factor de inversión cuyo dominio está acotado por el intervalo $[10, 50]$, el mapeo consistió en representar todos los valores contenidos en su dominio en el intervalo Ω , es decir de $[10, 50] \rightarrow [0, 4]$. Por ejemplo, el mapeo de la cota inferior del dominio de la inversión, con valor 10, se representa en Ω con 0; por otro lado la cota superior con valor 50 se representa en Ω con 4.

- de forma similar, para el factor beneficio cuyo dominio está acotado por el intervalo m $[100, 500]$, el mapeo consistió en representar los resultados del factor en dentro de Ω , es decir de $[100, 500] \rightarrow [0, 4]$.
- por otro lado, como el factor de prioridad es descrito por valores cualitativos, el mapeo de un nivel de prioridad *muy alto* se representa dentro de Ω con un valor 0, un nivel *alto* con un valor 1, un nivel *medio* con 2, un nivel *bajo* con 3 y un nivel *muy bajo* con 4.

De esta forma, el mapeo de los resultados obtenidos por las Subredes en de cada uno de los tres factores, se presentan en la Tabla 3.25. Observe que los valores finales (resaltados en negritas) que obtiene cada resultado se encuentran dentro del intervalo acotado $[0, 4]$.

Tabla 3.25 - Mapeo de valores de inversión, beneficio y prioridad, al intervalo acotado $[0, 4]$						
Subred	Inversión		Beneficio		Prioridad	
	valor inicial	valor final	valor inicial	valor final	valor inicial	valor final
Limón	50	→ 4.0	460	→ 3.5	alto	→ 3.0
Heredia	41	→ 3.0	422	→ 3.0	alto	→ 3.0
Pérez Zeledón	25	→ 1.5	304	→ 2.0	alto	→ 3.0
Liberia	22	→ 1.0	326	→ 2.5	medio	→ 2.0
Cartago	35	→ 2.5	451	→ 3.5	bajo	→ 1.0

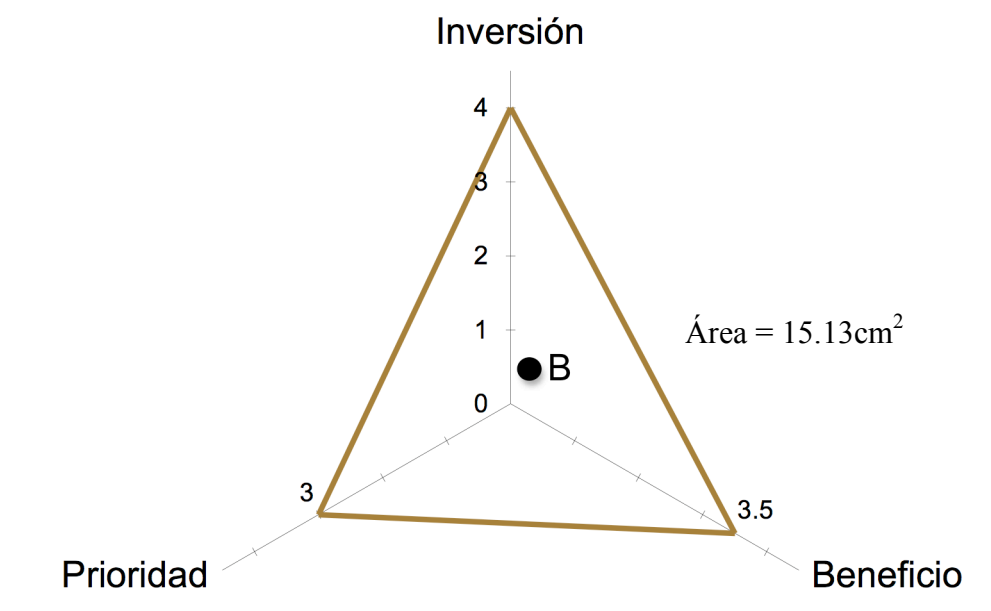
Por otra parte, la relación que tienen los factores con el proceso de conversión, se analizó con base en 2 características propias de las gráficas radar. La primera es el área del triángulo formado por la interacción de los tres valores: en los casos en donde mayor es el área, es necesario considerar con mayor detenimiento a los 3 factores aumentando así el nivel de complejidad del proceso de conversión, en la condición contraria el nivel de complejidad de la conversión es bajo en aquellos casos en donde el área del triángulo es menor. La segunda característica es la localización del baricentro, punto de intersección de las tres medianas del triángulo, que representa el punto geométrico en donde la influencia de los tres factores converge, ya que su orientación indica los factores que tienen mayor importancia en el proceso de conversión.

De tal manera que utilizando los valores finales de la Tabla 3.25 (resaltados en negritas), se construyeron las gráficas radar para cada una de las Subredes. Las cuales se presentan y discuten a continuación:

3.2.4.1 - Subred-Limón

Tiene los valores más altos de inversión (4), beneficio (3.5) y prioridad (3) de todas las Subredes evaluadas (Tabla 3.25), logrando que el área del triángulo sea de 15.13 cm^2 (Gráfica 3.1), esto significa que en Limón la conversión de su SI a un CAIM tiene un alto nivel de complejidad. Por otro lado, observe el baricentro (B) se encuentra localizado en el plano formado entre el eje de la inversión y el beneficio, y de manera específica, orientado hacia la inversión. Esto significa que la inversión que se requiere para alcanzar la conversión es alta, es decir, se requiere de un alto recurso financiero para adquirir 10 nuevos equipos, contratar a 23 nuevos trabajadores y construir 17 nuevas infraestructuras (entre salas de estudio y áreas de apoyo), y por lo tanto este es el factor que tiene la mayor importancia en el proceso.

Gráfica 3.1 - Gráfica radar para la Subred-Limón

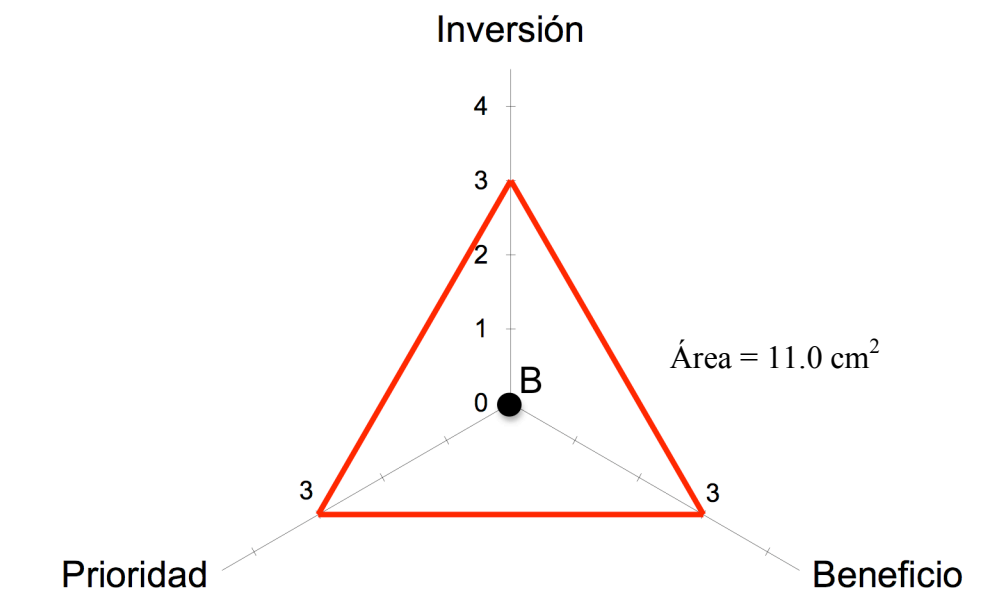


3.2.4.2 - Subred-Heredia

Esta Subred obtuvo el mismo resultado en los tres factores (con valor 3) y su relación en la gráfica radar hace que se forme un triángulo equilátero cuyo baricentro (B) se encuentra localizado en el centro de la figura (Gráfica 3.2). Esto quiere decir, que la inversión en recursos que requiere hacer (41 en total, Tabla 3.25), el beneficio para los potenciales usuarios del servicio (los 460 mil habitantes) y la prioridad que tiene el SI en realizar la conversión

(nivel alto), tienen el mismo grado de importancia dentro del proceso. Por otro lado, se sabe que el área del triángulo formado es de 11cm^2 , resultado con el que se puede decir que el proceso de conversión de este SI, implica un nivel de complejidad más bajo que el que se presentó en la Subred-Limón (cuya área resultó en 15.13cm^2).

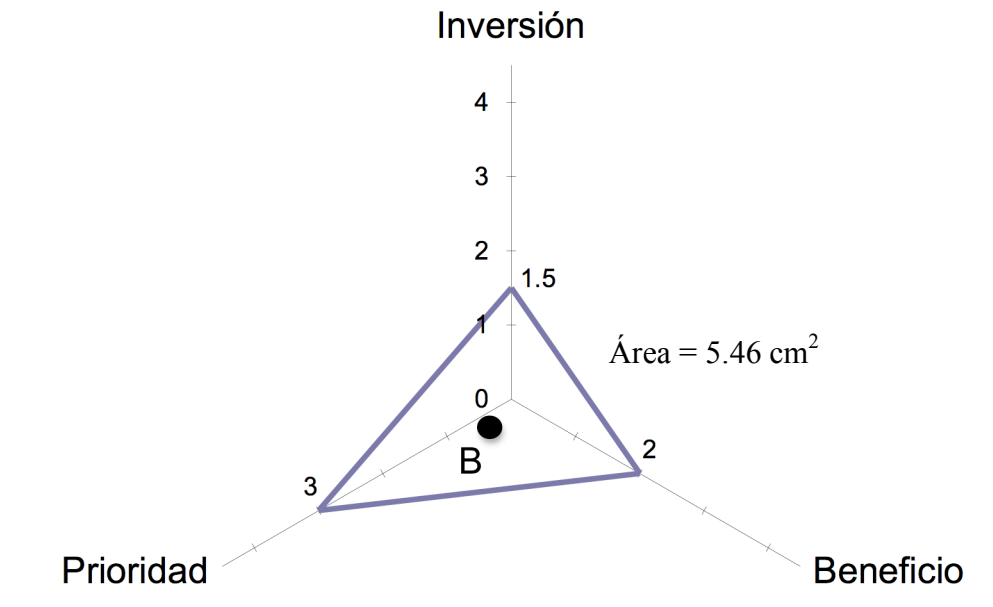
Gráfica 3.2 - Gráfica radar para la Subred-Heredia



3.2.4.3 - Subred-Pérez Zeledón

Tiene una prioridad de conversión alta con un valor de 3 (Tabla 3.25), el beneficio y la inversión obtuvieron valores de 2 y 1.5 respectivamente. El área de la figura formada a partir de estos resultados es de 5.46 cm^2 (Gráfica 3.3), lo cual tiene un significado de que la conversión del SI de Pérez Zeledón tiene un nivel de complejidad más bajo que el los dos casos anteriores (Limón obtuvo un área de 15.13cm^2 y Heredia de 11cm^2). Por otro lado, se observa que la localización del baricentro (B) tiene una orientación hacia el factor de la prioridad, sobre el plano formado entre el eje de la prioridad y el eje del beneficio (Gráfica 3.3), significando que el alto nivel de prioridad es el factor que tiene mayor importancia en este proceso de conversión.

Gráfica 3.3 - Gráfica radar para la Subred-Pérez Zeledón



3.2.4.4 - Subred-Liberia

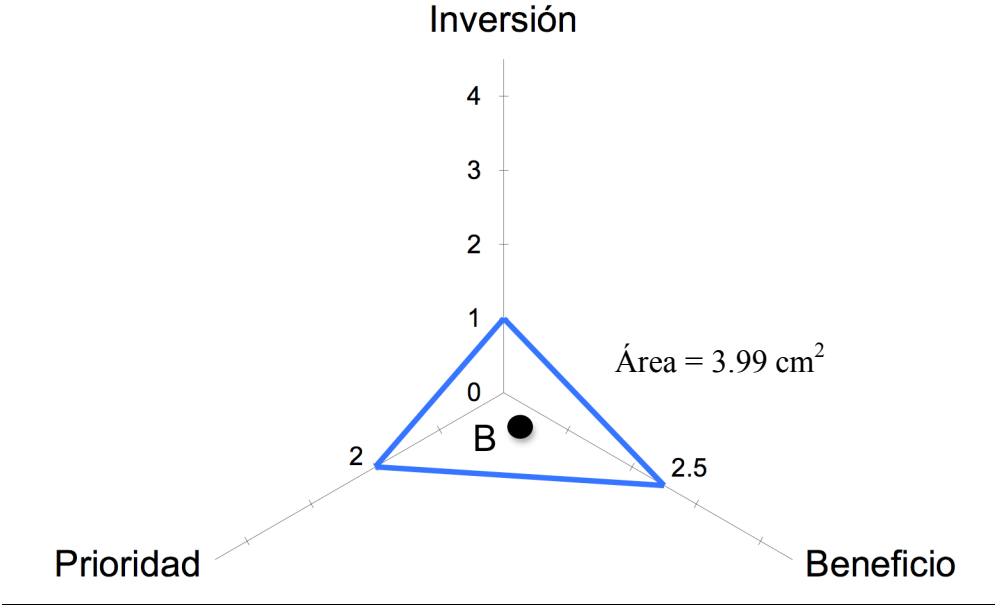
Obtuvo el resultado de inversión en recursos con el menor valor (1.0) además en la prioridad de conversión obtuvo un nivel medio (2.0) y en el beneficio un valor de 2.5 (Tabla 3.25). La relación de esta triada de resultados generaron un triángulo con un área de 3.99 cm^2 (Gráfica 3.4) siendo la figura de menor dimensión hasta el momento evaluada, lo que representa un nivel de complejidad de conversión inclusive más bajo que el que presentó el SI de Pérez Zeledón. Por otra parte, la localización del baricentro (B) se encuentra en el plano formado por los ejes prioridad y beneficio, con una orientación hacia el beneficio, significando que este último factor presenta una mayor importancia dentro del proceso de conversión de su SI.

3.2.4.5 - Subred-Cartago

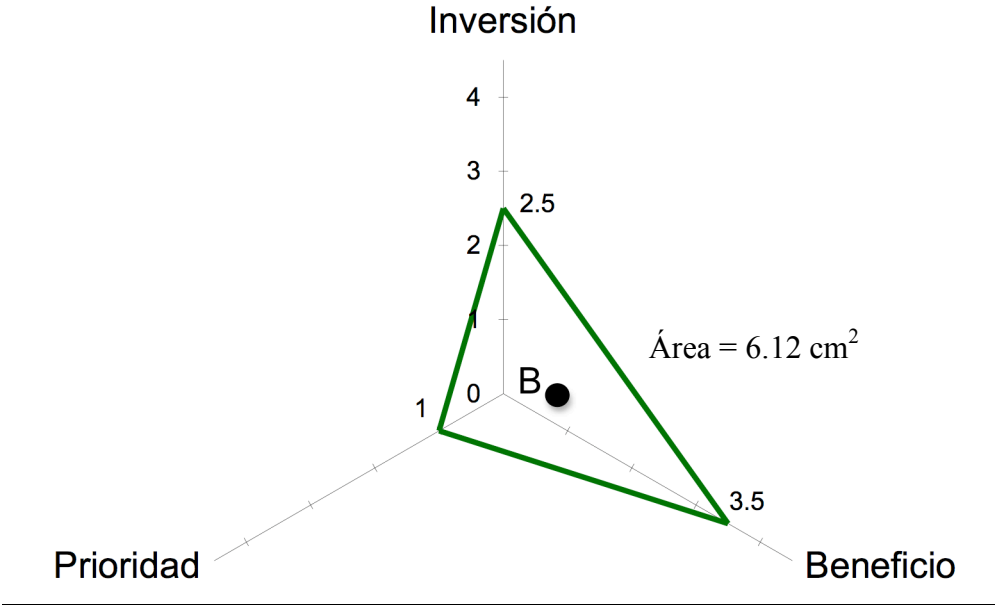
Obtuvo el nivel de prioridad más bajo de todos los casos evaluados (con un valor de 1), la población que potencialmente se beneficiaría con un CAIM en Cartago sería una de las mayores del país (el valor de este factor es de 3.5), y la inversión en recursos que resultó tener un valor de 2.5 (Tabla 3.25). Utilizando estos resultados el área de la figura formada es de 6.12 cm^2 (Gráfica 3.5), lo cual significa que la conversión del SI en Cartago tiene un nivel de complejidad mayor que Pérez Zeledón y Liberia pero menor que Limón y Heredia. Por otra

parte, el baricentro (B) se encuentra localizado en el plano formado por el eje beneficio y el eje inversión (Gráfica 3.5) con una orientación hacia en factor beneficio, implicando que este factor tenga una mayor importancia en el proceso de conversión del SI.

Gráfica 3.4 - Gráfica radar para la Subred-Liberia

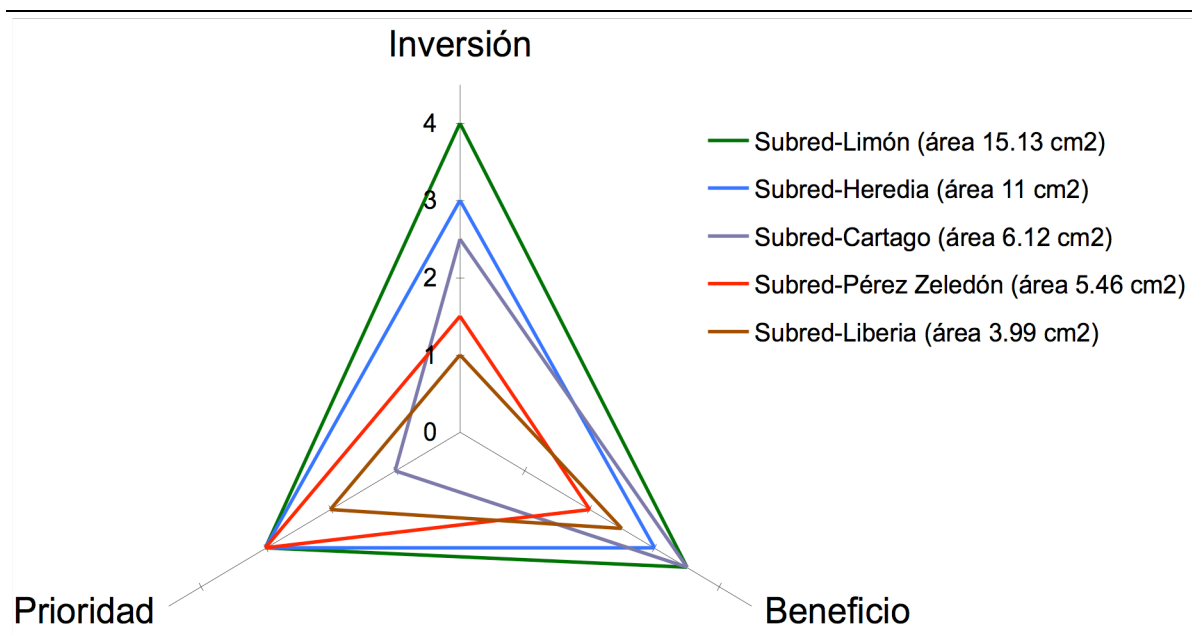


Gráfica 3.5 - Gráfica radar para la Subred-Cartago



Por último, para ilustrar que la interacción de los 3 factores es distinta en cada una de las Subredes evaluadas, en la Gráfica 3.6 se presentan los resultados de las gráficas radar para todos los casos. Se puede apreciar con mejor claridad que la Subred-Limón es la que tiene el mayor área con 15.13 cm² y por lo tanto el nivel de complejidad de conversión más alto, seguida en un nivel de complejidad menor por la Subred-Heredia con un área de 11 cm², luego la Subred-Cartago con 6.12 cm², seguida por la Subred-Pérez Zeledón con 5.46 cm², y por último con el nivel de complejidad más bajo se encuentra la Subred-Liberia con 3.99 cm². Quedando ilustrados de esta manera los diferentes escenarios del proceso de conversión (en función del nivel de complejidad), que se obtuvieron como resultado del análisis.

Gráfica 3.6 - Gráficas radar para todas las Subredes analizadas



CONCLUSIONES

- Se identificó que el problema de concentración de recursos que tiene la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS) se presenta de la siguiente manera: el 51% de todos los establecimientos de salud y el 100% de los hospitales de tercer nivel se encuentran dentro de la Capital, además el 79% de los estudios de imaginología diagnóstica se realizan en hospitales ubicados también en la Capital.
- Se identificó que las personas que viven en la red Noroeste tienen mejores condiciones de acceso a los servicios de imaginología (SI) que los habitantes de las redes Este y Sur respectivamente. En la Noroeste hay 0.46 hospitales y 0.52 equipos de imagen por cada 10 mil habitantes, en la Este 0.17 hospitales y 0.37 equipos por cada 10 mil, y en la Sur 0.20 hospitales y 0.24 equipos por cada 10 mil.
- Se generó un Método con el que fue posible estimar de manera cuantitativa, el nivel de acceso a los servicios de imaginología (*ASI*) que tienen los habitantes de una región geográfica particular. Dicho Método se desarrolló basándose en la teoría de reconocimiento de patrones con enfoque de lógica combinatoria, generando un modelado matemático para resolver un problema de clasificación de regiones según su nivel de *ASI*.
- La validación de este Modelo se realizó en 8 Subredes de establecimientos de la CCSS estimando el nivel de *ASI* en cada una. Los resultados permitieron clasificar a tres Subredes con un *ASI malo*: Heredia, Limón y Pérez Zeledón, a tres con un *ASI regular*: Liberia, San Carlos y Puntarenas, y a dos con un *ASI bueno*: Alajuela y Cartago.
- Se llevó a cabo una evaluación *in situ* al SI del hospital regional de cinco Subredes (Heredia, Limón, Pérez Zeledón, Liberia y Cartago), y se logró determinar el número de recursos tecnológicos, humanos y de infraestructura que poseen actualmente, cada SI para ofrecer el servicio de diagnóstico por imágenes.
- Se definió el concepto de un Centro Autosuficiente de Imágenes Médicas (CAIM), con la característica principal de que posee los recursos necesarios para satisfacer de forma autosuficiente la demanda de estudios de imaginología de los habitantes de una región geográfica particular. Para lograr lo anterior, generaron procedimientos y criterios con los cuales fue posible estimar:

- el número de equipos de imagen que necesita tener el CAIM instalados, de cada una de las 5 modalidades de imagen utilizadas la CCSS.
 - el número de trabajadores de cada perfil profesional, con los que se requiere disponer en el CAIM para asegurar la operación del servicio.
 - el número de salas de estudio y áreas físicas de apoyo que debería tener un CAIM para asegurar el correcto funcionamiento del servicio.
- Estos procedimientos y criterios fueron validados en las ocho Subredes de establecimientos de la CCSS, estimando teóricamente el número de recursos tecnológicos, humanos y de infraestructura, que requeriría cada Subred para alcanzar la autosuficiencia en la prestación del servicio de diagnóstico por imágenes.
 - Se realizó un análisis comparativo de los recursos instalados y disponibles en cada SI evaluado con los recursos que se requieren en la respectiva región. Se logró determinar el número de equipos, el número de trabajadores, el número de salas de estudio y el número áreas físicas, que carece el SI para alcanzar la autosuficiencia y poder convertirse a un CAIM.
 - Utilizando gráficas radar, se realizó un análisis multivariado entre la inversión, el beneficio y la prioridad, que tiene una Subred para realizar la conversión de su SI a un CAIM. Con este análisis se logró determinar que:
 - la conversión del SI de la Subred-Limón resultó ser la más compleja de todas las Subredes evaluadas, y que el factor de inversión en recursos es el que tiene la mayor importancia dentro del proceso de conversión.
 - la conversión del SI de la Subred-Heredia obtuvo el segundo nivel de complejidad más alto, tan sólo superado por Limón. En este proceso la inversión, el beneficio y la prioridad obtuvieron el mismo grado de importancia.
 - la conversión del SI de la Subred-Cartago resultó ser la tercera más compleja, y en la que el factor del beneficio posee la mayor importancia en el proceso.
 - la conversión del SI de la Subred-Pérez Zeledón obtuvo un nivel de complejidad menor y el factor prioridad resultó ser el de mayor importancia para la conversión

→ la conversión del SI de la Subred-Liberia resultó ser la menos compleja de todas las Subredes analizadas, y el beneficio hacia la población es el factor con mayor importancia del proceso de conversión.

Finalmente y con base en los resultados obtenidos es posible afirmar que la metodología de gestión tecnológica presentada, representa una propuesta que coadyuva a solucionar el problema de concentración y mala distribución de los SI ofrecidos por establecimientos de la CCSS, cumpliendo de esta manera con el objetivo general del trabajo.

Cabe resaltar que los indicadores, métodos y estrategias de evaluación y análisis utilizados, son un conjunto de herramientas con las cuales fue posible generar información útil y de forma integrada, para que los tomadores de decisiones puedan realizar una gestión de tecnológica basada en evidencia, y de esta manera la solución propuesta sea óptima, bajo las condiciones del sistema de salud local. Y aunque dichas herramientas fueron aplicadas al problema particular de los servicios de imaginología de la CCSS, es importante mencionar que pueden adaptarse y ser utilizados para evaluar **otros problemas de gestión tecnológica** en diferentes sistemas de salud.

PERSPECTIVAS DE TRABAJO

Adicionalmente a los resultados obtenidos con la elaboración de esta tesis, se describe a continuación el trabajo a futuro que permitiría complementar la labor hasta el momento realizada, que comprende diferentes acciones en diferentes niveles de jerarquía:

1. Trabajo técnico – queda pendiente demostrar a través de un modelo económico la utilidad que tendría el proceso de conversión de un SI a un CAIM.
2. Trabajo operativo – una vez desarrollado el modelo económico, es necesario instrumentar la metodología que se presentó en este trabajo, para llevar a cabo la conversión del SI a un CAIM en una región geográfica particular.
3. Trabajo estratégico – en aras de reproducir la metodología de gestión tecnológica en la solución de otros problemas de salud del país, la perspectiva de trabajo se enfocará en la creación de un departamento/dirección de GTS dentro de la CCSS, que se encargue de proponer estudios u otros modelos de gestión tecnológica capaces de optimizar el recurso y por tanto servicio otorgado hacia los asegurados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Murray C., Frenk J., *World Health Report 2000: A Step Towards Evidence-Based Health Policy*. The Lancet. Vol 357 May 26, 2001
- [2] Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias (AETS) Instituto de Salud Carlos III - Ministerio de Sanidad y Consumo «*Sistemas de Detección de Tecnologías Sanitarias Nuevas y Emergentes*».
- [3] US Congress Office of Technology Assesemnt. *Assessing the Efficacy and Safety of Medical Technologies*. Washington DC: US Government Printing Office, 1978, n.º OTA-75.
- [4] Banta HD; Luce BR. *Health Care Technology and its Assessment. An International Perspective*. New York: Oxford University Press, 1993.
- [5] Health Techology Assessment International, HTAi. Disponible en: <http://www.htai.org/> (consultado en Julio 2009).
- [6] Sarlinga, M. *Gestión de Tecnología Médica*. Hospital Alemán, Argentina. 2008. Disponible en: <http://auditoriamedicahoy.com> (consultado en julio 2009).
- [7] Sox HC., *Understanding Rising Health Care Costs: Introducing a Series of Articles*. Ann Intern Med. 2005 May 17;142(10):865
- [8] Galván, P. “*Desarrollo Tecnológico en los Servicios de Salud del Paraguay*”. Departamento de Ingeniería Biomédica. Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Asunción. Disponible en: <http://www.iics.una.py/> (consultado en octubre 2009).
- [9] Valdivia, M. “*Evolución en la Equidad en el Acceso a Servicios de Salud: Perú 1994-1997*”. Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE). Lima, Perú. Abril 1999.
- [10] Céspedes, JE. et al. “*Efectos de la Reforma en Seguridad Social en Salud en Colombia sobre la Equidad en el Acceso y Utilización de los Servicios de Salud*”. Revista de Salud Pública, Universidad de Colombia. Volumen 2, Julio 2000.
- [11] Rosales-López, A. and Ortiz-Posadas, MR. “*A Distribution Strategy for Imaging Centers in the Costa Rican Public Health System*”. IFMBE. Medical, Physics and Biomedical Engineering 11th World Congress. Munich, Germany. September 2009.
- [12] Rosales-López, A. y Ortiz-Posadas, MR. “*Una Metodología de Gestión Tecnológica para Solucionar la Concentración de Servicios de Imaginología en la Caja Costarricense del Seguro Social*”. Primer Congreso de Bioingeniería. San José, Costa Rica. Noviembre 2009.
- [13] Calderón-Mora, E. “*Servicios Compartidos y Externalizados en la Gestión Hospitalaria*” Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), Octubre 2008. Disponible en: <http://www.fecyt.es/> (consultado en octubre 2009).
- [14] Observatorio del Desarrollo. “*Distribución Político-Administrativa de Costa Rica*”. Universidad de Costa Rica. Disponible en: <http://www.odd.ucr.ac.cr/> , (consultado en noviembre 2008).
- [15] Ortiz-Barboza, A. et al. “*Incidencia y Mortalidad del Cáncer en Costa Rica, 1990-2003*”. Ministerio de Salud. Dirección de Vigilancia en Salud. Unidad Estadística-Registro Nacional de Tumores. San José, Costa Rica. Julio 2005.
- [16] Solano, J. y Villalobos, R. “*Regiones y Subregiones Climáticas de Costa Rica*”. Instituto Meteorológico Nacional. Disponible en: [http://www.imn.ac.cr/publicaciones/estudios/ Reg_climaCR.pdf](http://www.imn.ac.cr/publicaciones/estudios/Reg_climaCR.pdf) , (consultado en noviembre 2008).
- [17] Instituto Nacional de Estadística y Censos, INEC. “*Indicadores Mensuales*”. Disponible en: <http://www.inec.go.cr/>, (consultado en junio 2008).

-
- [18] Álvaro-Salas, R. “*Regiones y Cantones de Costa Rica*”. Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (IFAM). Dirección de Gestión Municipal. San José, Costa Rica. 2003. Disponible en: <http://www.ifam.go.cr/PaginaIFAM/docs/regiones-cantones.pdf>, (consultado en noviembre 2008).
- [19] Ministerio de Salud. “*Situación de la Salud en Costa Rica. Indicadores básicos, 2006*”. Ministerio de Salud y Organización Panamericana de la Salud. Disponible en Biblioteca Virtual en Salud: <http://www.bvs.sa.cr/>, (consultado en noviembre 2008).
- [20] García-González, R. “*El Sistema Nacional de Salud en Costa Rica*”. Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS), Centro de Desarrollo Estratégico e Información en Salud y Seguridad Social (CENDEISSS). San José, Costa Rica. 2004. Disponible en: <http://www.cendeiss.sa.cr/cursos/sistemanacsaludgeneral.pdf>, (consultado en noviembre 2008).
- [21] Rosero-Bixby, L. “*Estimaciones y Proyecciones de Población por Distrito y otras Áreas Geográficas: Costa Rica 1970-2015*”. San José, Costa Rica: CCP / INEC, 2002.
- [22] Organización Mundial de la Salud. *Informe sobre la Salud en el Mundo 2006*. Trabajando juntos por la salud. Ginebra: OMS, 2006. Disponible en: <http://www.who.int/whr/es/>, (consultado en marzo 2008).
- [23] Caja Costarricense del Seguro Social, “*Cultura Organizacional, Caja Costarricense del Seguro Social*”. Disponible en http://www.ccss.sa.cr/html/organizacion/c_organizacion/c_org_06.html, (consultado en noviembre 2008).
- [24] Caja Costarricense del Seguro Social, “*Cobertura Seguro Salud, Indicadores Seguro Social 2006*”. Dirección Actuarial, Departamento Estadística. 2006.
- [25] Caja Costarricense del Seguro Social, “*Memoria Institucional, 2006*”. Dirección de Comunicación Organizacional, 2006.
- [26] Caja Costarricense del Seguro Social, “*Informe de Activos por Código de Bien*”. Área de Contabilidad y Control de Activos y Suministros. Sistema Contable de Bienes y Muebles. CCSS. Octubre, 2008.
- [27] Caja Costarricense del Seguro Social, “*Estadísticas Generales de los Servicios de Atención de la Salud, 1980-2005*”. Departamento de Estadística de Salud, Dirección de Información en Salud, Gerencia División Médica. Agosto 2006.
- [28] Organización Mundial de la Salud, OMS. *Datos sobre el cáncer. Nota Descriptiva #297*, Julio 2008. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/es/> (consultado en noviembre 2008).
- [29] Organización Panamericana de la Salud, OPS. Organización Mundial de la Salud, OMS. “*La salud en las Américas*”. Vol I. Washington. 1998, pág 185.
- [30] Centro Centroamericano de Población. “*Registro Nacional de Tumores*”. Disponible en <http://ccp.ucr.ac.cr/> (consultado en Noviembre 2008).
- [31] Morera-Salas, M. Aparicio-Llanos, A. “*Atlas de Mortalidad por Cáncer en Costa Rica, 2000-2005*”. Centro Centroamericano de Población, Universidad de Costa Rica. Ed. Masterlitho SA. Septiembre 2007. San José, Costa Rica.
- [32] Organización Mundial de la Salud, OMS. “*Enfermedades Cardiovasculares*”. Nota descriptiva #317, Febrero 2007. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/index.html> (consultado en diciembre 2008).
- [33] Organización Mundial de la Salud, OMS. “*The Atlas of Heart Disease and Stroke. Economic Cost*”. Disponible en: http://www.who.int/cardiovascular_diseases/resources/atlas/en/index.html (consultado en diciembre 2008).
- [34] Caja Costarricense del Seguro Social. “*Indicadores Básicos por Región y Áreas de Salud*”. Departamento de Estadística, Dirección Actuarial, CCSS. Noviembre 2008.

-
- [35] Organización Mundial de la Salud, OMS. “*Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica*”. Nota descriptiva #317, Febrero 2007. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/index.html> (consultado en diciembre 2008).
- [36] Ruiz-Schulcloper, J. Guzmán-Arenas, A. y Martínez-Trinidad, J. “*Enfoque Lógico Combinatorio al Reconocimiento de Patrones. I-Selección de Variables y Clasificación Supervisada*” Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional. México DF, 1997.
- [37] Carrasco-Ochoa, J.A. “*Reconocimiento de Patrones*”. Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica. México. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=61540108> (consultado en agosto 2009).
- [38] Keinosuke F. “*Introduction to Statistical Pattern Recognition*”. Second Edition. Computer Science and Scientific Computing Series. Academic Press, 1990.
- [39] Mondragón-Pérez, A.R. “*¿Qué son los indicadores?*”. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI. Revista de información y análisis. Num 19. 2002.
- [40] Barquín-Calderón, M. *Dirección de Hospitales*. Capítulo 1: La Atención Médica y la Salud, p 4-5. Mc Graw Hill, 7a ed, México 2003.
- [41] Barquín Calderón M. *Dirección de Hospitales*. Capítulo 2: Sistemas y servicios de salud, p 15-51. Mc Graw Hill, 7a ed, México 2003.
- [42] Borrás, C. “*Organization, Development, Quality Assurance and Radiation Protection in Radiology Services: Imaging and Radiation Therapy*”. Pan American Health Organization, World Health Organization. December 1997.
- [43] Sociedad Española de Radiología Médica, SERAM. “*Guía de Gestión de los Servicios de Radiología*”. Disponible en <http://www.seram.es/> , (consultado en marzo 2009).
- [44] Secretaría de Salud. “*Norma Oficial Mexicana, NOM 229-SSA1-2002 Requisitos técnicos para las instalaciones, responsabilidades sanitarias, especificaciones técnicas para los equipos y protección radiológica en establecimientos de diagnóstico médico con rayos X*”. Disponible en <http://portal.salud.gob.mx/> (consultado en abril 2009).
- [45] Fundación Unidad de Radiología Intervencionista. “*Radiología Intervencionista*”. Hospital Vargas de Caracas. Disponible en: <http://www.terapiaendovascular.org> (consultado en 16 junio 2009).
- [46] Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud, CENETEC. “*Guía de Equipamiento, Unidad de Imaginología*”, Junio 2005. Disponible en <http://www.cenetec.salud.gob.mx/> , (consultado en marzo 2009).
- [47] Instituto Mexicano del Seguro Social, Subdirección General de Obras y Patrimonio Inmobiliario: *Normas de Diseño de Arquitectura, Imaginología*. 1993.
- [48] Centro de Desarrollo Estratégico e Información en Salud y Seguridad Social, CENDEISS. “*Programa de Postgrado en Radiología e Imágenes Médicas*”. Caja Costarricense del Seguro Social, CCSS. Disponible en <http://www.cendeiss.sa.cr/> (consultado en enero 2009).
- [49] Colegio de Médicos y Cirujanos de Costa Rica. Disponible en: <http://www.medicos.sa.cr/> (consultado en marzo 2009).

ANEXO 1:
Evaluación de los Servicios de Imaginología: Subred-Limón

<u>Hospital:</u> DR. TONY FACIO	Cuadro 1 - Información general
<u>Provincia:</u> LIMÓN	<u>Fecha:</u> 02 /ABRIL/2009
<u>Subred:</u> LIMÓN	<u>Nivel:</u> REGIONAL
<u>Jefe del servicio:</u> DR. DAVER VIDAL ROMERO	<u>Teléfono:</u> 2758 - 2222
<u>Guía visita:</u> SR. ERNESTO SIMPSON	<u>Email:</u> ernestosimpon47@yahoo.com

Cuadro 2 - Información del personal					
perfil	mañana	tarde	noche	otro	total
Médicos R.	1	-	-	-	1
horario	07-16				
Técnicos R.	4	1	1	1	7
horario	07-13	15-22	22-07	07-15	
Enfermera	1	-	-	-	1
horario	07-15				
Protección R.	1	-	-	-	1
horario	07-15				
Recepcionista	2	1	-	-	3
horario	07-15	13-21			
Secretaria	1	-	-	-	1
horario	07-15				
Archivo	-	-	-	-	0
horario					
Revelado	1	1	-	-	2
horario	07-15	15-22			

Cuadro 3 - Información de áreas físicas de apoyo					
Apoyo al servicio	N°	Apoyo a estudios	N°	Apoyo tareas admin.	N°
Vestidor para personal	0	Estación de camas	0	Jefatura del servicio	1
Sanitario para personal	1	Sala de espera	0	Área del RPR	0
Archivo	1	Área preparación	1	Recepción	1
Almacén	0	Cuarto Oscuro	1	Secretaria	1
Cuarto séptico	0	Área interpretación	1		
Guarda equipo móvil	0				
TOTAL	2		3		3

ANEXO 1:
Evaluación de los Servicios de Imaginología: Subred-Limón

Cuadro 4 - Información de equipos y salas de estudio					
Modalidad:	RX	Funcionamiento		Sala N° 1	
		bueno	malo	si	no
Marca:	GE	x		Sala emplomada	x
				Accesorios protec.	x
Modelo:	Sentry Three	Año	1981	Dosímetros de sala	x
Estudios x día	Pacientes x día	Fecha lista de espera			
NA	200	3 meses			
Modalidad:	FL	Funcionamiento		Sala N° 2	
		bueno	malo	si	no
Marca:	Toshiba	x		Sala emplomada	x
		* FL no funciona		Accesorios protec.	x
Modelo:	DS-PB	Año	2000	Dosímetros de sala	x
Estudios x día	Pacientes x día	Fecha lista de espera			
NA	40	3 meses			
Modalidad:	RX	Funcionamiento		Sala N° 3	
		bueno	malo	si	no
Marca:	Picker	x		Sala emplomada	x
				Accesorios protec.	x
Modelo:	DU-175	Año	1970	Dosímetros de sala	x
Estudios x día	Pacientes x día	Fecha lista de espera			
NA	25	3 meses			
Modalidad:	MA	Funcionamiento		Sala N° 4	
		bueno	malo	si	no
Marca:	PlanMed	x		Sala emplomada	x
				Accesorios protec.	x
Modelo:	Sophie	Año	2002	Dosímetros de sala	x
Estudios x día	Pacientes x día	Fecha lista de espera			
20	20	2 meses			
Modalidad:	US	Funcionamiento		Sala N° 5	
		bueno	malo		
Marca:	Siemens	x		Sala emplomada	NA
				Accesorios protec.	NA
Modelo:	Sonoline	Año	1990	Dosímetros de sala	NA
Estudios x día	Pacientes x día	Fecha lista de espera			
NA	NA	NA			

ANEXO 2:

Evaluación de los Servicios de Imaginología: Subred-Heredia

Hospital: <u>DR. SAN VICENTE PAÚL</u>	Cuadro 1 - Información general
Provincia: <u>HEREDIA</u>	Fecha: <u>26 /MARZO/2009</u>
Subred: <u>HEREDIA</u>	Nivel: <u>PERIFÉRICO</u>
Jefe del servicio: <u>DR. JOHNNY ALFARO</u>	Teléfono: <u>2261 - 0091 ext. 2003</u>
Guía visita: <u>SR. GUILLERMO ARCE CALDERÓN</u>	Email: _____

Cuadro 2 - Información del personal					
perfil	mañana	tarde	noche	otro	total
Médicos R.	2	-	-	1	3
horario	06-14			06-12	
Técnicos R.	3	2	1	-	6
horario	06-14	14-22	22-06		
Enfermera	1	-	-	-	1
horario	07-16				
Protección R.	1	-	-	-	1
horario	06-14				
Recepcionista	3	-	-	-	3
horario	07-15				
Secretaria	2	-	-	-	2
horario	07-15				
Archivo	1	-	-	-	1
horario	06-14				
Revelado	1	1	-	-	2
horario	06-14	14-22			

Cuadro 3 - Información de áreas físicas de apoyo					
Apoyo al servicio	Nº	Apoyo a estudios	Nº	Apoyo tareas admin.	Nº
Vestidor para personal	0	Estación de camas	0	Jefatura del servicio	1
Sanitario para personal	1	Sala de espera	1	Área del RPR	0
Archivo	1	Área preparación	0	Recepción	1
Almacén	0	Cuarto Oscuro	1	Secretaria	1
Cuarto séptico	0	Área interpretación	1		
Guarda equipo móvil	0				
TOTAL	2		3		3

ANEXO 2:

Evaluación de los Servicios de Imagenología: Subred-Heredia

Cuadro 4 - Información de equipos y salas de estudio					
Modalidad:	RX	Funcionamiento		Sala N° 1	
		bueno	malo	si	no
Marca:	Benett	x		Sala emplomada	x
				Accesorios protec.	x
Modelo:	HG Q – 10kP	Año	2001	Dosímetros de sala	x
Estudios x día	Pacientes x día	Fecha lista de espera			
250-280	NA	4 meses			
Modalidad:	FL	Funcionamiento		Sala N° 2	
		bueno	malo	si	no
Marca:	Toshiba	x		Sala emplomada	x
		* FL no funciona		Accesorios protec.	x
Modelo:	KXO – 50F	Año	2001	Dosímetros de sala	x
Estudios x día	Pacientes x día	Fecha lista de espera			
200-250	NA	4 meses			
Modalidad:	MA	Funcionamiento		Sala N° 3	
		bueno	malo	si	no
Marca:	Benett	x		Sala emplomada	x
				Accesorios protec.	x
Modelo:	Sienemobil	Año	2001	Dosímetros de sala	x
Estudios x día	Pacientes x día	Fecha lista de espera			
40-45	NA	7 meses			
Modalidad:	US	Funcionamiento		Sala N° 4	
		bueno	malo		
Marca:	Toshiba	x		Sala emplomada	NA
				Accesorios protec.	NA
Modelo:	Xario	Año	NA	Dosímetros de sala	NA
Estudios x día	Pacientes x día	Fecha lista de espera			
30	NA	8 meses			
Modalidad:	US	Funcionamiento		Sala N° 5	
		bueno	malo		
Marca:	GE	x		Sala emplomada	NA
				Accesorios protec.	NA
Modelo:	730PV	Año	2009	Dosímetros de sala	NA
Estudios x día	Pacientes x día	Fecha lista de espera			
16 (solo 4 h)	NA	8 meses			

ANEXO 3:
Evaluación de los Servicios de Imaginología: Subred-Pérez Zeledón

<u>Hospital:</u> DR. ESCALANTE PRADILLA	Cuadro 1 - Información general
<u>Provincia:</u> SAN JOSÉ	<u>Fecha:</u> 01 / ABRIL / 2009
<u>Subred:</u> PEREZ ZELEDÓN	<u>Nivel:</u> REGIONAL
<u>Jefe del servicio:</u> DR. CARLOS GUEVARA ESPINO	<u>Teléfono:</u> 2785 - 0700 ext.267
<u>Guía visita:</u> ANDREA OVARES STRUYF	<u>Email:</u> ados51@hotmail.com

Cuadro 2 - Información del personal					
perfil	mañana	tarde	noche	otro	Total
Médicos R.	2	-	-	-	2
horario	7-16				
Técnicos R.	3	2	1	1	7
horario	6-14	14-22	22-06	9-16	
Enfermera	1	-	-	-	1
horario	7-15				
Protección R.	1	-	-	-	1
horario	9-16				
Recepcionista	1	-	-	-	1
horario	7-16				
Secretaria	3	-	-	1	4
horario	7-16			9-16	
Archivo	1	-	-	-	1
horario	7-16				
Revelado	2	2	-	-	4
horario	6-14	14-22			

Cuadro 3 - Información de áreas físicas de apoyo					
Apoyo al servicio	N°	Apoyo a estudios	N°	Apoyo tareas admin.	N°
Vestidor para personal	1	Estación de camas	0	Jefatura del servicio	1
Sanitario para personal	1	Sala de espera	1	Área del RPR	0
Archivo	1	Área preparación	0	Recepción	1
Almacén	1	Cuarto Oscuro	1	Secretaria	1
Cuarto séptico	0	Área interpretación	1		
Guarda equipo móvil	0				
TOTAL	4		3		3

ANEXO 3:

Evaluación de los Servicios de Imagenología: Subred-Pérez Zeledón

Cuadro 4 - Información de equipos y salas de estudio					
Modalidad:	RX	Funcionamiento		Sala N° 1	
		bueno	malo	si	no
Marca:	Picker	x		Sala emplomada	x
				Accesorios protec.	x
Modelo:	Linear MC150	Año	1980	Dosímetros de sala	x
Estudios x día	Pacientes x día	Fecha lista de espera			
NA	200	4 meses			
Modalidad:	RX	Funcionamiento		Sala N° 2	
		bueno	malo	si	no
Marca:	Picker	x		Sala emplomada	x
				Accesorios protec.	x
Modelo:	Linear MC150	Año	1980	Dosímetros de sala	x
Estudios x día	Pacientes x día	Fecha lista de espera			
NA	200	4 meses			
Modalidad:	FL	Funcionamiento		Sala N° 3	
		bueno	malo	si	no
Marca:	Toshiba	x		Sala emplomada	x
		*No sirve impresión FL		Accesorios protec.	x
Modelo:	DT-KDO	Año		Dosímetros de sala	x
Estudios x día	Pacientes x día	Fecha lista de espera			
NA	16	5 meses			
Modalidad:	MA	Funcionamiento		Sala N° 4	
		bueno	malo	si	no
Marca:	Benett	x		Sala emplomada	x
				Accesorios protec.	x
Modelo:	Trex Medical	Año		Dosímetros de sala	x
Estudios x día	Pacientes x día	Fecha lista de espera			
24	24	12 meses			
Modalidad:	US	Funcionamiento		Sala N° 5	
		bueno	malo		
Marca:	Toshiba	x		Sala emplomada	NA
				Accesorios protec.	NA
Modelo:	Nemio 30	Año	NA	Dosímetros de sala	NA
Estudios x día	Pacientes x día	Fecha lista de espera			
NA	25	+ 12 meses			

ANEXO 3:
Evaluación de los Servicios de Imaginología: Subred-Pérez Zeledón

<u>Modalidad:</u> <u>US</u>	<u>Funcionamiento</u>	<u>Sala N°</u> <u>6</u>
	<u>bueno</u> <u>malo</u>	
<u>Marca:</u> <u>GE</u>	<u>x</u>	<u>Sala emplomada</u> <u>NA</u>
		<u>Accesorios protec.</u> <u>NA</u>
<u>Modelo:</u> <u>Logia 400</u>	<u>Año</u> <u>NA</u>	<u>Dosímetros de sala</u> <u>NA</u>
<u>Estudios x día</u> <u>Pacientes x día</u>		<u>Fecha lista de espera</u>
<u>NA</u>	<u>25</u>	<u>+ 12 meses</u>

ANEXO 3:
Evaluación de los Servicios de Imaginología: Subred-Pérez Zeledón

ANEXO 4:
Evaluación de los Servicios de Imaginología: Subred-Liberia

<u>Hospital:</u> DR. ENRIQUE BALTODANO	Cuadro 1 - Información general
<u>Provincia:</u> GUANACASTE	<u>Fecha:</u> 19 /MARZO/2009
<u>Subred:</u> LIBERIA	<u>Nivel:</u> REGIONAL
<u>Jefe del servicio:</u> DRA. JANIA ABARCA AGUILAR	<u>Teléfono:</u> 2690 - 2300 ext.1401
<u>Guía visita:</u> SRA. ANTONIA VALERIO	<u>Email:</u> carzahaa2007@yahoo.com

Cuadro 2 - Información del personal					
perfil	mañana	tarde	noche	otro	total
Médicos R.	2	-	-	1	3
horario	7-11			7-16	
Técnicos R.	6	2	1	-	9
horario	6-14	14-22	22-06		
Enfermera	3	-	-	-	3
horario	7-16				
Protección R.	1	-	-	-	1
horario	7-16				
Recepcionista	2	-	-	-	2
horario	7-16				
Secretaria	3	-	-	-	3
horario	7-16				
Archivo	1	1	-	-	2
horario	6-14	14-16			
Revelado	2	1	-	-	3
horario	6-14	14-22			

Cuadro 3 - Información de áreas físicas de apoyo					
Apoyo al servicio	N°	Apoyo a estudios	N°	Apoyo tareas Admin.	N°
Vestidor para personal	1	Estación de camas	0	Jefatura del servicio	1
Sanitario para personal	1	Sala de espera	1	Área del RPR	1
Archivo	1	Área preparación	1	Recepción	1
Almacén	1	Cuarto Oscuro	1	Secretaria	1
Cuarto séptico	1	Área interpretación	1		
Guarda equipo móvil	0				
TOTAL	5		4		4

ANEXO 4:
Evaluación de los Servicios de Imaginología: Subred-Liberia

Cuadro 4 - Información de equipos y salas de estudio					
<u>Modalidad:</u> MA		<u>Funcionamiento</u>		<u>Sala N° 1</u>	
		bueno	malo	si	no
<u>Marca:</u> Siemens		x		<u>Sala emplomada</u>	x
				<u>Accesorios protec.</u>	X
<u>Modelo:</u> Mammomat		<u>Año</u>	1999	<u>Dosímetros de sala</u>	x
<u>Estudios x día</u>	<u>Pacientes x día</u>	<u>Fecha lista de espera</u>			
NA	30-45	4 meses			
<u>Modalidad:</u> RX		<u>Funcionamiento</u>		<u>Sala N° 2</u>	
		bueno	malo	si	no
<u>Marca:</u> Philips		x		<u>Sala emplomada</u>	x
				<u>Accesorios protec.</u>	X
<u>Modelo:</u> Diagnostic		<u>Año</u>	2000	<u>Dosímetros de sala</u>	x
<u>Estudios x día</u>	<u>Pacientes x día</u>	<u>Fecha lista de espera</u>			
NA	200-250	NA			
<u>Modalidad:</u> TC		<u>Funcionamiento</u>		<u>Sala N° 3</u>	
		bueno	malo	si	no
<u>Marca:</u> Philips		x		<u>Sala emplomada</u>	x
				<u>Accesorios protec.</u>	X
<u>Modelo:</u> Brilliance 6		<u>Año</u>	2002	<u>Dosímetros de sala</u>	x
<u>Estudios x día</u>	<u>Pacientes x día</u>	<u>Fecha lista de espera</u>			
50	NA	NA			
<u>Modalidad:</u> FL		<u>Funcionamiento</u>		<u>Sala N° 4</u>	
		bueno	malo	si	no
<u>Marca:</u> Siemens		x		<u>Sala emplomada</u>	x
				<u>Accesorios protec.</u>	x
<u>Modelo:</u> Iconos R200		<u>Año</u>	2002	<u>Dosímetros de sala</u>	x
<u>Estudios x día</u>	<u>Pacientes x día</u>	<u>Fecha lista de espera</u>			
10	10	NA			
<u>Modalidad:</u> RX		<u>Funcionamiento</u>		<u>Sala N° 4</u>	
		bueno	malo	si	no
<u>Marca:</u> Toshiba		x		<u>Sala emplomada</u>	x
				<u>Accesorios protec.</u>	x
<u>Modelo:</u> KXO-50F		<u>Año</u>	1996	<u>Dosímetros de sala</u>	x
<u>Estudios x día</u>	<u>Pacientes x día</u>	<u>Fecha lista de espera</u>			
NA	100	NA			

ANEXO 4:
Evaluación de los Servicios de Imaginología: Subred-Liberia

<u>Modalidad:</u> US	<u>Funcionamiento</u>	<u>Sala N°</u>	<u>5</u>
	bueno malo		
<u>Marca:</u> Siemens	x	<u>Sala emplomada</u>	NA
		<u>Accesorios protec.</u>	NA
<u>Modelo:</u> Sonoline	<u>Año</u> NA	<u>Dosímetros de sala</u>	NA
<u>Estudios x día</u> 24	<u>Pacientes x día</u> NA	<u>Fecha lista de espera</u> 12 meses	
<hr/>			
<u>Modalidad:</u> US	<u>Funcionamiento</u>	<u>Sala N°</u>	<u>5</u>
	bueno malo		
<u>Marca:</u> Philips	x	<u>Sala emplomada</u>	NA
		<u>Accesorios protec.</u>	NA
<u>Modelo:</u> Envisor C	<u>Año</u> 2006	<u>Dosímetros de sala</u>	NA
<u>Estudios x día</u> 24	<u>Pacientes x día</u> 100	<u>Fecha lista de espera</u> 12 meses	

ANEXO 4:
Evaluación de los Servicios de Imaginología: Subred-Liberia

ANEXO 5:

Evaluación de los Servicios de Imaginología: Subred-Cartago

<u>Hospital:</u> DR. MAX PERALTA	Cuadro 1 - Información general
<u>Provincia:</u> CARTAGO	<u>Fecha:</u> 25 /MARZO/2009
<u>Subred:</u> CARTAGO	<u>Nivel:</u> REGIONAL
<u>Jefe del servicio:</u> DR. JORGE MEZA MADRIZ	<u>Teléfono:</u> 2550 - 1841/1924
<u>Guía visita:</u> ING. BALADAM BRENES	<u>Email:</u> bbrenes@hmp.sa.cr

Cuadro 2 - Información del personal					
perfil	mañana	tarde	noche	otro	total
Médicos R.	2	-	-	2*	4
horario	7-16			* CDCC	
Técnicos R.	6	3	1	-	10
horario	6-14	14-22	22-06		
Enfermera	2	-	-	-	2
horario	7-16				
Protección R.	2	-	-	-	2
horario	7-16				
Recepcionista	3	-	-	-	3
horario	7-12				
Secretaria	1	-	-	-	1
horario	7-16				
Archivo	1	-	-	-	1
horario	7-16				
Revelado	1	1	-	-	2
horario	6-14	14-22			

Cuadro 3 - Información de áreas físicas de apoyo					
Apoyo al servicio	N°	Apoyo a estudios	N°	Apoyo tareas admin.	N°
Vestidor para personal	1	Estación de camas	0	Jefatura del servicio	1
Sanitario para personal	1	Sala de espera	1	Área del RPR	1
Archivo	1	Área preparación	0	Recepción	1
Almacén	1	Cuarto Oscuro	1	Secretaria	1
Cuarto séptico	0	Área interpretación	1		
Guarda equipo móvil	0				
TOTAL	4		3		4

ANEXO 5:

Evaluación de los Servicios de Imaginología: Subred-Cartago

Cuadro 4 - Información de equipos y salas de estudio					
Modalidad:	FL	Funcionamiento		Sala N° 1	
		bueno	malo	si	no
Marca:	Toshiba	x		Sala emplomada	x
		* FL no sirve		Accesorios protec.	x
Modelo:	Fluorex	Año	2001	Dosímetros de sala	x
Estudios x día	Pacientes x día	Fecha lista de espera			
200	NA	NA			
Modalidad:	RX	Funcionamiento		Sala N° 2	
		bueno	malo	si	no
Marca:	Benett	x		Sala emplomada	x
				Accesorios protec.	x
Modelo:	NA	Año	1996	Dosímetros de sala	x
Estudios x día	Pacientes x día	Fecha lista de espera			
200	NA	NA			
Modalidad:	RX	Funcionamiento		Sala N° 3	
		bueno	malo	si	no
Marca:	Benett		x	Sala emplomada	x
				Accesorios protec.	x
Modelo:	NA	Año	1996	Dosímetros de sala	x
Estudios x día	Pacientes x día	Fecha lista de espera			
NA	NA	NA			
Modalidad:	MA	Funcionamiento		Sala N° 4	
		bueno	malo	si	no
Marca:	Benett	x		Sala emplomada	x
		* De L a D		Accesorios protec.	x
Modelo:	Trex Medical	Año	1995	Dosímetros de sala	x
Estudios x día	Pacientes x día	Fecha lista de espera			
42	+30	18 meses			
Modalidad:	US	Funcionamiento		Sala N° 5	
		bueno	malo		
Marca:	Shimadzu	x		Sala emplomada	NA
		* Otro no tiene espacio		Accesorios protec.	NA
Modelo:	SDU2200	Año	2004	Dosímetros de sala	NA
Estudios x día	Pacientes x día	Fecha lista de espera			
40-60	NA	+ 24 meses			

ANEXO 5:
Evaluación de los Servicios de Imaginología: Subred-Cartago

<u>Modalidad:</u> TC	<u>Funcionamiento</u>	<u>Sala N° CNCG 1</u>	
	bueno malo	si	no
<u>Marca:</u> Toshiba	x	<u>Sala emplomada</u>	x
		<u>Accesorios protec.</u>	x
<u>Modelo:</u> Auklet	<u>Año</u> 1998	<u>Dosímetros de sala</u>	x
<u>Estudios x día</u> NA	<u>Pacientes x día</u> NA	<u>Fecha lista de espera</u> NA	
<hr/>			
<u>Modalidad:</u> FL	<u>Funcionamiento</u>	<u>Sala N° CNCG 2</u>	
	bueno malo	si	no
<u>Marca:</u> Toshiba	x	<u>Sala emplomada</u>	x
		<u>Accesorios protec.</u>	x
<u>Modelo:</u> Fluorex	<u>Año</u> 1998	<u>Dosímetros de sala</u>	x
<u>Estudios x día</u> NA	<u>Pacientes x día</u> NA	<u>Fecha lista de espera</u> NA	
<hr/>			
<u>Modalidad:</u> FL	<u>Funcionamiento</u>	<u>Sala N° CNCG 3</u>	
	bueno malo	si	no
<u>Marca:</u> Toshiba	x	<u>Sala emplomada</u>	x
		<u>Accesorios protec.</u>	x
<u>Modelo:</u> Fluorex	<u>Año</u> 1998	<u>Dosímetros de sala</u>	x
<u>Estudios x día</u> NA	<u>Pacientes x día</u> NA	<u>Fecha lista de espera</u> NA	



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Fecha : 26/04/2010

Página : 1/1

CONSTANCIA DE PRESENTACION DE EXAMEN DE GRADO

La Universidad Autónoma Metropolitana extiende la presente CONSTANCIA DE PRESENTACION DE EXAMEN DE GRADO de MAESTRO EN CIENCIAS (INGENIERIA BIOMEDICA) del alumno ALFONSO ROSALES LOPEZ, matrícula 207380788, quien cumplió con los 132 créditos correspondientes a las unidades de enseñanza aprendizaje del plan de estudio. Con fecha veintiocho de abril del 2010 presentó la DEFENSA de su EXAMEN DE GRADO cuya denominación es:

UNA PROPUESTA PARA LA CREACION DE CENTROS AUTOSUFICIENTES DE IMAGENES MEDICAS PARA ESTABLECIMIENTOS DE LA CAJA COSTARRICENSE DEL SEGURO SOCIAL.

Cabe mencionar que la aprobación tiene un valor de 60 créditos y el programa consta de 192 créditos.

El jurado del examen ha tenido a bien otorgarle la calificación de:

APROBAR

JURADO

Presidenta

DRA. MARIA TERESA GARCIA GONZALEZ

Secretaria

DRA. MARTHA REFUGIO ORTIZ POSADAS

Vocal

M. EN I. ANA BERTHA PIMENTEL AGUILAR

UNIDAD IZTAPALAPA

Coordinación de Sistemas Escolares

Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, México, DF, CP 09340 Apdo. Postal 555-320-9000

Tels. 5804-4880 y 5804-4883 Fax: 5804-4876