



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**“PROPUESTA DE
HOSPITAL DIGITAL EN MÉXICO”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO DE CIENCIAS
DE LA COMPUTACIÓN**

PRESENTA

FRANCISCO VÁZQUEZ GUZMÁN

ASESOR

DR. MANUEL MARTÍN ORTÍZ

PUEBLA, PUE., DICIEMBRE DE 2004

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por darme la oportunidad de vivir y la fortaleza de haber culminado una de tantas etapas de mi vida, y porque vaya a donde vaya, siempre estará conmigo.

A MIS PADRES, IRMA Y FRANCISCO:

Fundamento principal de mi carrera profesional. Gracias a ellos soy lo que ahora soy. Este trabajo está dedicado a mi madre, y a mi padre, que me guía desde el cielo.

CON TODO MI AMOR A MI ESPOSA, ELVIA:

Por apoyarme incondicionalmente y animarme a seguir adelante. Sin ella no lo hubiese logrado.

CON TODO MI AMOR A MIS HIJOS, ALDO Y PACO:

Porque son la razón de mi vida. Todos nuestros objetivos siempre son trazados pensando en ellos.

A MI FAMILIA Y EN ESPECIAL A MIS HERMANOS CRISÓFORO Y MIGUEL:

Ya que siempre me han alentado a lograr mis metas.

A MI ASESOR, DR. MANUEL MARTÍN:

Por recibir durante estos años toda su sabiduría y conocimientos de manera desinteresada, pero sobre todo, por honrarme con su amistad.

A LA COORDINADORA DE POSGRADO, DRA. LOURDES SANDOVAL:

Con quien iniciamos y terminamos la maestría. Sinceramente sin ella no lo hubiésemos logrado. Gracias por todas sus atenciones.

AL COSNET Y A LOS DIRECTIVOS DEL INSTITUTO

TECNOLÓGICO DE TEHUACÁN:
Por todo el apoyo y las facilidades otorgadas para la consecución de este proyecto.

A MIS COMPAÑEROS DE MAESTRÍA, IRENE, LILIANA, ADRIÁN, EDUARDO Y ANTONIO:

Por todo el apoyo recibido durante el transcurso del posgrado. Fuimos, somos y seguiremos siendo un gran equipo.

RESUMEN

La salud pública es uno de los aspectos más importantes de la política social de cualquier país. Desde este punto de vista, el tema es qué hacer para que las instituciones públicas puedan mantener su capacidad de respuesta y recuperar la credibilidad frente a una sociedad que reclama soluciones urgentes para problemas verdaderamente acuciantes.

En la actualidad las dependencias del gobierno, como el IMSS, el ISSSTE y hospitales regionales ubicados en los Estados de la República Mexicana, entre otros, son organismos del sector salud de naturaleza gubernamental que prestan servicios de salud pública a empleados que trabajan en empresas públicas o privadas, o a derechohabientes de dichos trabajadores. Dichas empresas tienen la obligación de asegurar, por ley, a sus trabajadores.

En los últimos años se ha revolucionado la atención médica y mejorado significativamente los métodos de diagnóstico y tratamientos de recuperación de salud. Sin embargo en materia de administración y organización hospitalaria este desarrollo todavía se encuentra a mitad de camino.

Las dependencias del sector salud se manejan, casi todas, de una manera muy similar. En la actualidad se considera que la calidad de los servicios que se prestan es deficiente, empezando por los trámites clásicos de oficina y terminando por los malos servicios médicos causados por una mala administración. Todos los procesos administrativos básicos se realizan de forma manual; es decir, se almacena información en formatos previamente impresos (papelería) y los llenan o actualizan manualmente o en máquina de escribir.

El término "Hospital Digital" es un concepto poco conocido en México. Está representado en algunos centros especializados de salud por sistemas informáticos o de Internet que se dedican a hacer referencias de hospitales de especialidades en el mundo o nombres de medicamentos o genéricos; en muchos de los casos, se le relaciona con términos como e-health o telemedicina los cuales son realmente referencias farmacéuticas como parte de estrategia de marketing.

El laboratorio de imagenología es una de las áreas sustantivas y de mayor influencia sobre los diagnósticos de médicos que solicitan este tipo de estudios. Por ello resulta necesario apoyar este tipo de requerimientos mediante un proceso computacional que ayude a los médicos a realizar una adecuada toma de decisiones y sobre todo, a distinguir más información sobre placas radiográficas. Todo lo anterior se ha logrado a través del concepto computacional llamado procesamiento digital de imágenes, desarrollado sobre un lenguaje visual computacional que otorgue las facilidades apropiadas para dicho fin.

El objetivo de esta tesis es, precisamente, explicar la metodología de ingeniería de software y detallar los aspectos teóricos y prácticos del procesamiento de imágenes para llegar al producto final que es el sistema de Hospital Digital en su módulo de imagenología. Se propone una herramienta computacional orientada a instituciones de salud pública con el objeto de modernizar sus herramientas de gestión y alcanzar mayores niveles de calidad y eficiencia en la administración de los recursos y la atención de los usuarios, haciendo énfasis en el módulo de imagenología desde un enfoque de la experiencia en varias clínicas y hospitales en las ciudades de Puebla y Tehuacán, estado de Puebla para así ofrecer una asistencia mejorada y automatizada de servicios de salud en pública.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. ORGANIZACIÓN DE HOSPITALES	3
1.1. FUNCIONAMIENTO DE UN HOSPITAL Y SU ORGANIZACIÓN	3
1.2. SERVICIOS ADMINISTRATIVOS EN HOSPITALES PÚBLICOS	5
1.2.1. ISSSTE.....	5
1.2.2. IMSS.....	6
1.3. RADIOLOGÍA.....	7
1.3.1. CONCEPTOS BÁSICOS	7
1.3.2. EQUIPO RADIOLÓGICO ACTUAL EN HOSPITALES DE SALUD PÚBLICA (SSA).....	7
1.3.3. EQUIPO DE RADIOLOGÍA DESEADO.....	8
CAPÍTULO 2. ANÁLISIS GENERAL DEL HOSPITAL	10
2.1. CONSIDERACIONES GENERALES	10
2.2. ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	10
2.3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA	11
2.4. DEFINICIONES DE ESTÁNDARES E INTEROPERABILIDAD.....	11
2.4.1. CDA	11
2.4.2. DICOM.....	11
2.5. REQUERIMIENTOS DE SERVICIOS	12
2.6. ANÁLISIS DE FLUJOS DE INFORMACIÓN	12
2.6.1. ESQUEMA GENERAL DE FLUJO DEL HOSPITAL	12
2.6.2. ESQUEMA DE TRABAJO DEL ÁREA DE IMAGENOLOGÍA.....	13
2.6.3. DESCRIPCIÓN DE RUTAS DENTRO DEL HOSPITAL PÚBLICO	14
2.6.3.1. AGENDA DE CITAS U ÓRDENES DE ESTUDIO	14
2.6.3.2. CONSULTA MÉDICA GENERAL.....	14
2.6.3.3. CONSULTA CON MÉDICO ESPECIALISTA.....	14
2.6.3.4. REALIZACIÓN DEL ESTUDIO.....	14
2.6.3.5. CONFIRMACIÓN DE RESULTADOS	14
2.6.3.6. CONSULTAS DE RESULTADOS	14
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE INGENIERÍA DE SOFTWARE	15
3.1. ESTUDIO PRELIMINAR	15
3.2. DIAGRAMAS DE FLUJOS DE DATOS.....	15
3.3. DICCIONARIO DE DATOS	22
3.4. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS	23
3.5. MAPA DEL SISTEMA PROPUESTO	28
CAPÍTULO 4. DISEÑO PROPUESTO	29
4.1. ELECCIÓN DE HARDWARE Y HERRAMIENTAS DE DESARROLLO.....	29
4.2. INTERFACES DE USUARIO	30
4.3. DISEÑO DE LA BASE DE DATOS.....	33
4.4. CONEXIÓN DE LA HERRAMIENTA DE DESARROLLO CON LA BASE DE DATOS.....	34
4.4.1. ODBC.....	34
4.4.2. ADO	35
4.5. ACCESO AL SERVIDOR FTP	36
CAPÍTULO 5. IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DE IMAGENOLOGÍA	39
5.1. INTRODUCCIÓN	39
5.2. OPERACIONES ORIENTADAS AL PUNTO.....	41
5.2.1. NEGATIVO	42

5.2.2	GRIS	42
5.2.3	SENO / COSENO	43
5.2.4	LOGARITMO / EXPONENCIAL.....	44
5.2.5	POTENCIA.....	45
5.2.6	BINARIZACIÓN	46
5.2.7	ECUALIZACIÓN	47
5.3	OPERACIONES ORIENTADAS A LA REGIÓN	48
5.3.1	GRADIENTE	49
5.3.2	LAPLACIANO	50
5.3.3	ROBERTS.....	52
5.3.4	PREWITT	53
5.3.5	SOBEL.....	54
5.4	BATERÍAS.....	55
CAPÍTULO 6. PRUEBAS.....		56
6.1	ACCESO DE USUARIO.....	57
6.2	ACCESO A LA INFORMACIÓN DE BASE DE DATOS.....	57
6.3	ACCESO AL SERVIDOR DE IMÁGENES.....	58
6.4	PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES.....	60
6.5	BATERÍAS	67
CONCLUSIONES.....		70
REFERENCIAS.....		72

INTRODUCCIÓN

La gran cantidad de imágenes para diagnóstico (Rayos X, radiografía computada CR, tomografía computada CT, resonancia magnética MRI, medicina nuclear NMI, angiografía de sustracción digital DSA, entre otras) que se utilizan en la actualidad para el cuidado de la salud han hecho complicado su manejo, principalmente cuando deben de imprimirse o archivar.

Una alternativa es el manejo de imágenes digitales en forma eficiente, a través de dispositivos conectados en red, que en conjunto ofrecen una serie de servicios que dan soporte a la operatividad de las áreas de imagenología, procesamiento de imágenes para corregirlas y diagnóstico asistido por computadora, entre otras. Para ello, es necesario ofrecer facilidad, rapidez, seguridad en el acceso de imágenes y calidad en su presentación, así como la transferencia eficiente hacia estaciones de trabajo remotas, para que esta alternativa sea realmente útil como fuente de información diagnóstica.

En la actualidad no existen formalmente sistemas de cómputo para hospitales de salud pública. La presente tesis propone un análisis de ingeniería de software que describe algunos de los procesos administrativos y se avoca más a las consultas médicas y al área de imagenología, con el objeto de dar apoyo a los especialistas en estas áreas para una adecuada toma de decisiones, y con esto, ofrecer un mejor servicio a los derechohabientes.

El objetivo que se pretende con este documento es abrir una línea de investigación para conformar un verdadero sistema de Hospital Digital, el cual sea flexible, expandible y adaptable, orientado de manera importante hacia las especialidades médicas. En este caso, se propone el módulo de imagenología, el cual apoyará a dicho laboratorio y a los médicos en sus consultas al ser adoptado. Para su correcto funcionamiento hubo que considerar algunos procesos administrativos que son inherentes, como es el caso de los apartados de citas médicas o fichas, la actualización de pacientes, médicos e historiales clínicos, entre otros.

Otro aspecto importante que se tomó en cuenta fue el conformar y mantener un verdadero expediente e historia clínica digital, con el cual se minimicen procesos administrativos y se garantice una mejor atención al paciente, por medio de servidores de archivos y de bases de datos, y que al menos, en las áreas de mayor importancia (en los consultorios, en este caso) se cuente con computadoras conectadas a una red que sirvan como terminales para uso de los médicos, técnicos y administrativos.

En el sistema propuesto se implementaron técnicas de procesamiento digital de imágenes. Ésta es una rama de las ciencias computacionales que puede ser orientado a distintos tipos de aplicaciones científicas o de la vida real, como son el diseño gráfico, diseño textil, astronomía, microscopía, y para este caso, la medicina, etc. En la BUAP existe un grupo de personas especializadas en esta área del conocimiento interesadas en desarrollar software orientado al apoyo administrativo y médico de hospitales. De manera personal, surgió la motivación por crear una herramienta que apoyara a los procesos de consulta y tratamiento de información visuales relacionados con el laboratorio de imagenología, usando hardware barato y herramientas software de uso libre, con el objeto de minimizar costos.

Cabe mencionar que se visitaron hospitales y clínicas del sector salud para obtener la debida información, ya que con la presente propuesta se pretende apoyar, sobre todo, a instituciones de salud rurales o de bajos recursos.

La conformación y distribución de la presente tesis es la siguiente: en el primer capítulo se aborda la organización de hospitales así como sus procesos administrativos; en el segundo capítulo se describe el análisis general del modelo de un hospital general; la tercera parte trata sobre el planteamiento probable y su debido análisis de ingeniería de software; en el cuarto capítulo se explica el diseño propuesto, así como el siguiente capítulo trata acerca de la implementación del módulo de imagenología; el sexto capítulo muestra las pruebas, ejemplos y se discute sus resultados; por último, se expresan las conclusiones, las perspectivas y sus limitaciones; en la parte final se hace referencia a la bibliografía.

CAPÍTULO 1. ORGANIZACIÓN DE HOSPITALES

1.1. FUNCIONAMIENTO DE UN HOSPITAL Y SU ORGANIZACIÓN

Los objetivos y misión de un hospital deben guardar estrecha relación con las necesidades de la comunidad a la que está adscrito; el hospital debe contar con sus ingresos permanentes ya sea que éstos provengan del Régimen de Seguro Social, de subvención del gobierno, o sea autofinanciado por medio de su clientela.

La sección del cuerpo médico, dependiente de la subdirección de servicios médicos (ver figura 1.1) está conformada por dos unidades: la división médica y la división quirúrgica. La división médica está su vez conformada por medicina interna, pediatría, y especialidades médicas. La división quirúrgica la conforman las siguientes unidades: cirugía general, especialidades quirúrgicas y obstetro ginecología.

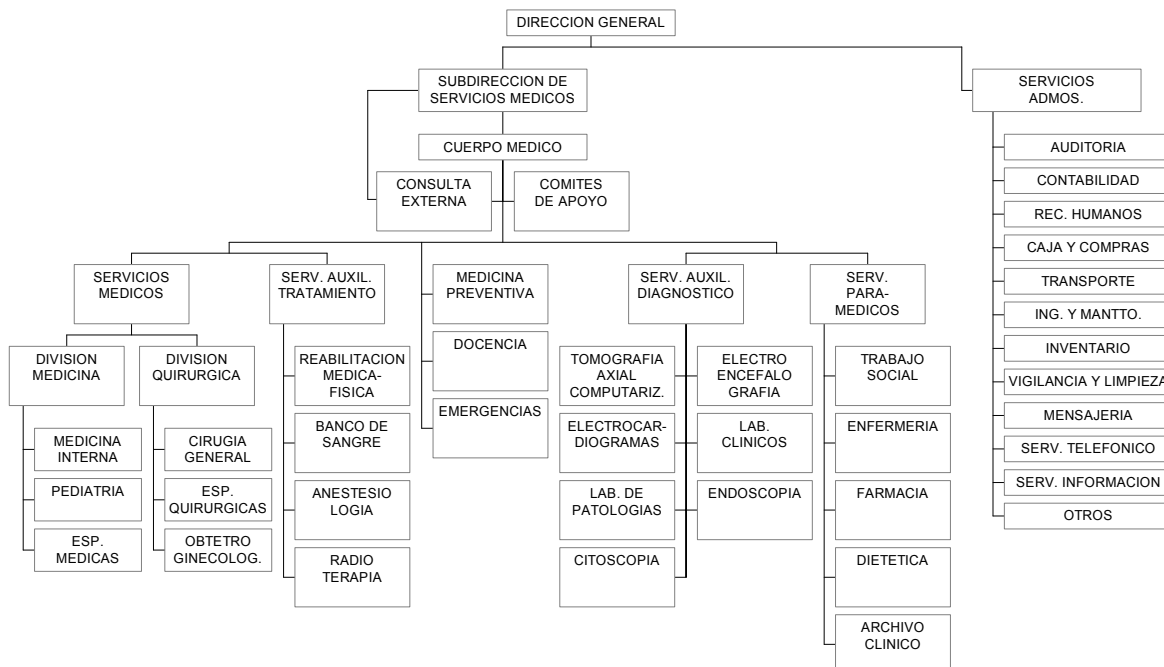


Fig. 1.1. Organigrama tradicional de un Hospital General

También bajo la jurisdicción del cuerpo médico están las unidades de medicina preventiva, docencia y emergencia.

El tramo de control de la unidad de servicios auxiliares de diagnóstico lo conforman las siguientes unidades: tomografía axial computarizada, electroencefalografía, electrocardiografía, laboratorio clínico, rayos X, laboratorio de análisis clínicos, laboratorio de anatomía patológica, endoscopia y cistoscopia.

La forma tradicional en que están conformados los servicios auxiliares de tratamiento de los hospitales en México guarda una estrecha similitud con los servicios de tratamiento de los hospitales del área latinoamericana. Los servicios de este tramo específico de control están conformados de la siguiente forma: rehabilitación y medicina física, litotripsia, banco de sangre, anestesiología y radioterapia.

Los servicios paramédicos de un hospital, clásicamente están conformados por las unidades de Trabajo Social, Enfermería, Farmacia, Dietética y Archivo y Registro de Documentos Médicos.

Los servicios hospitalarios hasta ahora mencionados, los cuales conforman parte de la estructura clásica organizacional de un hospital, deben guardar una estrecha coordinación, con el fin de que se logren cumplir los objetivos del hospital.

La dirección de un hospital de mayor magnitud (ver figura 1.2) debe descentralizar funciones en unidades especializadas para que funcionen como asesoras tanto de la dirección, así como de las otras unidades de mando especializadas.

Entre los comités de mayor apoyo con que debe contar la dirección de un hospital son indispensables: Comité de Investigación Clínica y Docencia, Comité de Medicamentos y Farmacia, Comité de Documentación Médica, Comité de Admisión y Auditoría Médica.

Lo anterior por cuanto la estructura organizacional de una unidad general de mando administrativo en un hospital, está constituida de la siguiente forma por ejemplo:

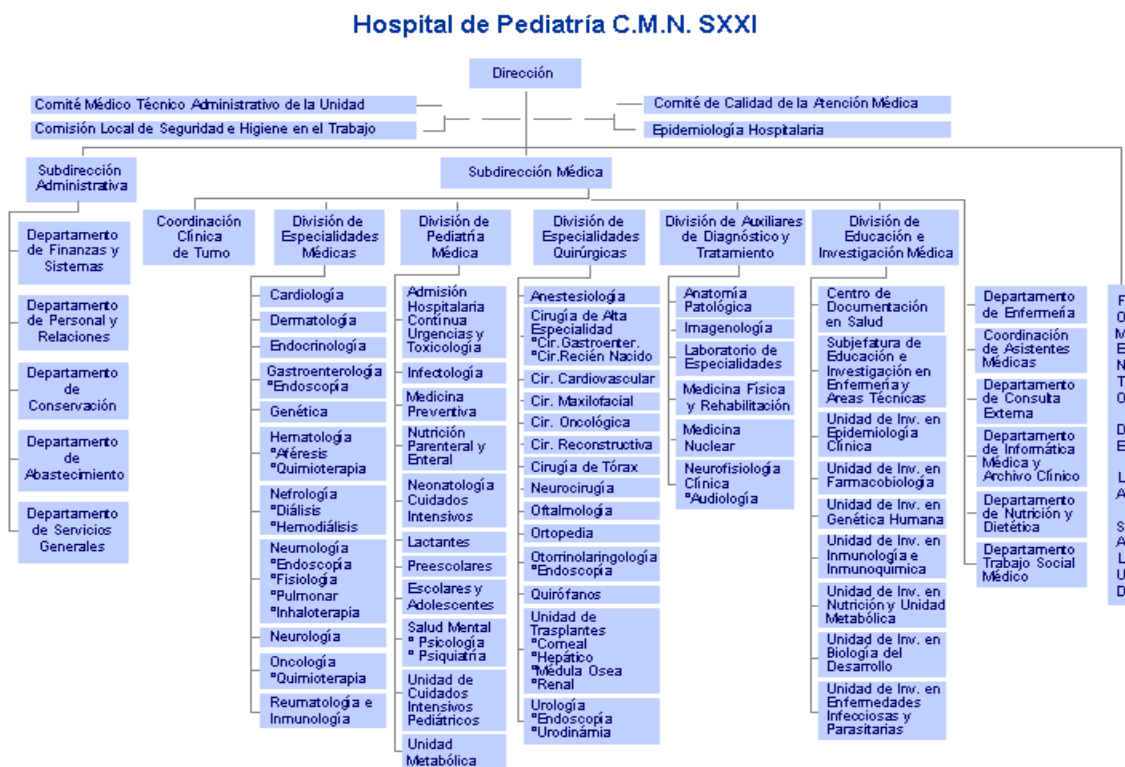


Fig. 1.2. Organigrama de un hospital del IMSS

El Administrador delega funciones para crear tramos de control compuestos por: Unidad de Recursos Humanos, Sección de Contabilidad, Unidad de Auditoría, Sección de Proveeduría e Inventarios, Unidad de Compras y Caja, Lavandería y Ropa, Unidad de Transportes, Unidad de Ingeniería y Mantenimiento, Unidad de Vigilancia y Limpieza, Servicios Religiosos, Mensajería, Servicios Telefónicos y otros.

Es deseable que, con base en el tamaño del hospital, por sus volúmenes de compras, por su presupuesto, por sus inventarios, y por su proyección a la comunidad, deba imperar una adecuada planificación, así como las buenas relaciones públicas y humanas en el personal básico administrativo. El personal debe poseer un nivel académico, cuyo perfil coincida con el perfil del puesto que ejecuta, muy especialmente cuando se trate de puestos de gerencia en cualquier nivel del hospital.

La planificación administrativa de un hospital como en cualquier otra empresa no es algo sencillo, pues los planes operativos, los tácticos y los estratégicos deben estar debidamente elaborados, si es que realmente se quieren lograr los objetivos en forma oportuna, con eficiencia y con eficacia.

Un hospital no puede trabajar a la deriva; si lo hace, pagará muy caro su improvisación. Por eso es indispensable que los diferentes niveles jerárquicos del hospital, asesorados por los comités (ver figura 1.2), establezcan un proceso de planeación estratégica con el fin de dar secuencia a las actividades y lograr los objetivos trazados.

Si realmente se conoce la misión del hospital, el primer paso es establecer los objetivos haciendo uso racional de los recursos disponibles y no exponerse a tener que desechar programas de acción indispensables para su funcionamiento.

Es indispensable hacer énfasis en que la dirección de un hospital debe identificar dentro de su ámbito, todas aquellas oportunidades que favorezcan el logro de sus objetivos, pero también ha de desarrollar políticas precisas para atender cualquier tipo de situación que se pudiera presentar. La administración en forma permanente debe comparar lo que ha hecho y lo que está haciendo para proyectar hacia el futuro sus mejores planes de acción tendientes a mejorar la salud, al más bajo costo y con el menor esfuerzo.

La cirugía ambulatoria, la medicina domiciliaria, el médico de empresa, son ejemplos de la proyección del hospital a su mercado; además, este sistema de atención le permite funcionar con bajos costos.

La organización de un hospital debe responder a los principios de autoridad, división del trabajo, unidad de mando, ámbito de control, descentralización y delegación de autoridad, para que todos éstos en acción concatenados con la estructura, actúen acorde con la jerarquía conjunta que genera la acción de cada uno de ellos. Es importante recordar, por obvio que parezca, que debe existir un marco de disciplina efectiva, una comunicación eficiente y oportuna, una motivación permanente, estilos de liderazgo situacional, relaciones informales, públicas y humanas positivas y una plena identificación con los objetivos y la misión por parte de todo el personal, aspectos que fácilmente se olvidan en los hospitales, especialmente los de gran estructura organizacional.

1.2. SERVICIOS ADMINISTRATIVOS EN HOSPITALES PÚBLICOS

Las dependencias del gobierno federal mexicano que han prestado servicios de salud pública por más de cinco décadas, presentan hoy en día serios rezagos tanto en su política interior, en su política financiera y en su política administrativa.

Sus procesos administrativos son muy similares. A continuación se describirán las principales rutas de acceso a los servicios administrativos de ambos institutos.

1.2.1. ISSSTE

Los beneficiarios principales de este instituto son trabajadores de origen federal, como maestros de nivel primaria, secundaria, bachillerato e institutos de nivel licenciatura. También lo son personal de dependencias federales como la PGR, SHCP, TELECOMM, SEPOMEX, etc.

El proceso básico para solicitar una cita médica es la siguiente:

- Apertura de expediente. Este trámite se efectúa una única ocasión. Se presentan constancia de servicios del lugar de trabajo, copia del último talón de pago del lugar de trabajo, copia de acta de nacimiento, credencial de elector y opcionalmente una foto. Cumplidos estos requisitos se abre un expediente en un fólder remarcando la zona correspondiente en función del domicilio, y que se resguardará en un archivo o anaquel donde se integra con todos los demás expedientes. A cambio, al trabajador se le otorga un carnet que avalará su pertenencia al instituto y en donde se registrarán las vigencias semestrales y las correspondientes citas médicas. Cabe mencionar que un trabajador puede registrar a este servicio a tantos derechohabientes o familiares dependientes directos como sean necesarios.
- Solicitud de citas médicas. Ante una enfermedad, el trabajador tiene derecho a solicitar una o varias citas médicas para él o sus derechohabientes. Cabe mencionar que hay la posibilidad de

apartar cita por la mañana o por la tarde, según convenga. Para solicitar una cita, se tienen tres alternativas:

- Solicitud de cita por teléfono al 01-800-012-23-50, en la cual el trabajador recibe la atención de una operadora y se concreta la cita en el horario sugerido que es respetada por los administradores de la clínica.
- Solicitud de cita vía Internet [1], donde el trabajador llena un formulario en el que se concreta la cita y de igual manera que el anterior caso, su turno es respetado.
- Solicitar una ficha personalmente, en donde el trabajador tiene que llevar el carnet a la clínica correspondiente y a cambio obtener una ficha de cartón, donde se registra el número de turno, el consultorio, médico asignado y mediante la cual se respeta el pase para la consulta médica. El paciente no deberá olvidar recoger su carnet.

En cualquiera de las modalidades antes citadas, se identifica al paciente por su expediente, el cual el asistente de archivo lleva a los consultorios.

- Consulta médica. Proceso en el cual el médico identifica al trabajador o derechohabiente por los expedientes entregados por el asistente de archivo, hace su valoración médica y según su diagnóstico extiende la correspondiente receta. Los expedientes acumulados por todos los derechohabientes que han pasado en una jornada de trabajo, son regresados a archivo por el asistente de dicha área. Cabe mencionar, que el médico puede solicitar análisis clínicos, radiografías, tomografías o cualquier otro tipo de estudio de alguna especialidad específica.
- Estudios clínicos. Si el médico considera necesario, recomendará la realización de estudios especiales de laboratorio. Esto conlleva el llenado de un formato por parte del médico donde solicita los estudios y se entrega al paciente para su trámite. Este formato es llevado al laboratorio correspondiente, donde se le indica el día y la hora que debe asistir además de recibir indicaciones para prepararse para la toma de muestras, radiografías o estudios respectivos. El resultado de este estudio se entrega al técnico, laboratorista o al departamento de archivo. El paciente tendrá que volver a solicitar otra cita para que el médico haga su diagnóstico basándose en los resultados de dichos estudios.

1.2.2. IMSS

Los beneficiarios principales de este instituto son trabajadores de empresas privadas y públicas.

El proceso básico para solicitar una cita médica es la siguiente:

- Apertura de expediente. Este trámite, también, se efectúa en una única ocasión. Se presentan las constancias que acrediten ser trabajador de una empresa previamente registrada, así como copias de identificación. Cumplidos estos requisitos también se abre un expediente remarcando la zona correspondiente en función de su domicilio; se resguardará en un archivo donde se integra con todos los demás expedientes. A cambio, al trabajador se le otorga un carnet, donde ya va asignado el horario de sus próximas citas. Cabe mencionar que un trabajador puede registrar a este servicio a tantos derechohabientes o familiares dependientes directos como sean necesarios.
- Solicitud de citas médicas. Ante una enfermedad, el trabajador tiene derecho a solicitar una o varias citas médicas. El trabajador tendrá que asistir a la hora asignada, según su carnet, para recibir atención médica según el turno que le haya tocado. Se identifica al paciente por su expediente, el cual el asistente de archivo lleva a los consultorios.
- Consulta médica. Proceso por el cual el médico identifica al trabajador o derechohabiente por los expedientes entregados por el asistente de archivo. Se hace su valoración médica y según el diagnóstico se extiende la correspondiente receta. Cabe mencionar, que el médico puede solicitar análisis clínicos, radiografías, tomografías o cualquier otro tipo de estudio de alguna especialidad específica.
- Estudios clínicos. Si el médico considera necesario, recomendará la realización de estudios especiales de laboratorio. Esto conlleva al llenado de un formato por parte del médico donde

solicita los estudios y entrega al paciente dicho formato para que los tramite. Este formato es llevado al laboratorio correspondiente, donde se le indica el día y la hora que debe asistir además de recibir indicaciones para prepararse para la toma de muestras, radiografías o estudios respectivos. El resultado de este estudio lo entrega el técnico o laboratorista al departamento de archivo. El paciente tendrá que volver a solicitar otra cita para que el médico haga su diagnóstico basándose en los resultados de dichos estudios.

Como podrá observarse, los procesos son muy similares y por ello, se puede hacer una propuesta que puede redundar en un sólo sistema para a ambas instituciones, incluso a otros tipos de clínicas u hospitales.

1.3 RADIOLOGÍA

1.3.1 CONCEPTOS BÁSICOS

La radiología se descubrió hace poco más de 100 años y se ha convertido en una ciencia altamente tecnológica, que cuenta con el equipo para obtener imágenes de casi todas las partes del cuerpo.

La radiología es una rama de la medicina que utiliza sustancias radioactivas, radiación electromagnética y ondas sonoras para crear imágenes del cuerpo, sus órganos y estructuras con fines de diagnóstico y tratamiento. Las imágenes pueden también mostrar la eficacia del funcionamiento del cuerpo, sus órganos internos y estructuras.

Aunque ha existido preocupación acerca de los efectos secundarios potencialmente dañinos asociados con el uso de la radiación, se cree que los pequeños riesgos son con mucho sobrepasados por la información obtenida sobre las condiciones de los pacientes y la contribución de la radiología a la ciencia médica.

La radiología ofrece servicios de diagnóstico y terapéuticos. Entre las áreas de especialización de la radiología se incluyen cuatro métodos distintos.

La radiología diagnóstica utiliza radiación externa para producir imágenes del cuerpo, sus órganos y otras estructuras internas con fines médicos de diagnóstico.

La medicina nuclear utiliza cantidades muy pequeñas de materiales radioactivos para crear una imagen del cuerpo, la función de sus órganos y su estructura, con fines de diagnóstico y tratamiento.

La radiología terapéutica u oncología radioterápica utiliza aplicaciones de energía radiante para estudiar, tratar y controlar el cáncer y otras enfermedades.

La radiología intervencionista utiliza diversas técnicas de imagen para guiar la inserción de pequeños instrumentos y herramientas a través del cuerpo para identificar y tratar un trastorno médico sin necesidad de cirugía convencional.

1.3.2 EQUIPO RADIOLÓGICO ACTUAL EN HOSPITALES DE SALUD PÚBLICA (SSA)

Según información recabada en la página de Internet de la secretaria de salud [2], la conformación del equipo convencional de radiología para hospitales dependientes de esta Secretaría son las siguientes:

Equipos para radiodiagnóstico:

- Unidad radiológica básica. Equipo que permite realizar radiografías de tipo general para cubrir las necesidades primarias de una unidad de medicina familiar de 5 consultorios.
- Unidad radiológica de 300 ma. Equipo para realizar radiografías simples y planografías.
- Unidad radiológica dental. Equipo de rayos X que se emplea para el diagnóstico de

padecimientos estomatológicos.

Equipos para impresión:

- Cámara identificadora. Cámara identificadora para impresión fotográfica de todos los datos de identificación, a luz ambiental. Apertura y cierre automático de la ventana marcadora del chasis.
- Marcador eléctrico para placa radiográfica. Para marcar de manera automática las películas radiográficas para su identificación.
- Marcos colgadores para película radiográfica. Equipo para sostener y manipular la película radiográfica en tamaños de 20.32 x 25.4 cm (8 x 10"), 25.4 x 30.48 cm (10 x 12"), 27.94 x 35.56 cm, (11 x 14"), 35.56 x 35.56 cm (14 x 14") y 35.56 x 43.18 cm (14 x 17").
- Porta chasis. Para sostener, en la posición vertical, chasis con rejilla.
- Revelador automático para radiografías. Equipo eléctrico fijo, que se emplea para revelar películas radiográficas.
- Revelador manual de placas dentales. Instrumento portátil para revelar manualmente placas radiográficas dentales.
- Secador eléctrico de películas radiográficas montadas en marco colgador. Equipo fijo que seca placas radiográficas montadas en marco colgador.

Para protección radiológica:

- Anteojos emplomados. Protección a los ojos contra la radiación.
- Blindaje para gónadas. Utilizado para proteger las gónadas contra la radiación ionizante.
- Collarín de plomo. Utilizado para la protección de la tiroides durante la exposición a emanaciones ionizantes.
- Guantes de plomo para protección radiológica. Para protección contra radiaciones.
- Mandil protector emplomado. Protector contra la radiación en área específica de rayos X.

1.3.3 EQUIPO DE RADIOLOGÍA DESEADO

Como ya se discutió en el apartado anterior, la radiología implica la exposición dañina controlada de radiaciones, que de cierta manera, representa un riesgo para la salud del paciente y del técnico en turno.

Una idea central debe radicar, primero, en el sentido de que se deberían digitalizar las placas radiográficas de una manera más cómoda, eficiente y rápida; y segundo, también el de poder reducir de manera gradual la impresión de placas radiográficas. En la actualidad ya existen marcas comerciales que ofrecen soluciones de este tipo.

Este documento no pretende la sustitución del equipo que actualmente se utiliza en los centros de salud del país, solamente se hacen las recomendaciones pertinentes. Por ello y como parte de los requerimientos deseados para la utilización del sistema de Hospital Digital, quedan como propuestas las siguientes recomendaciones en cuanto al equipamiento.

Hologic inc. [3] ofrece equipos que producen imágenes de calidad similar a los sistemas de radiología convencional para elevar la productividad de los hospital y proporciona nuevos medios de entrega de imágenes para un mejor cuidado del paciente.

iCROco inc [4] fabrica nuevos dispositivos de radiografía computarizada Cobrascan y equipo digital de rayos X. Algunos digitalizadores de rayos X y de radiografía computarizada RDI (Radiographic Digital

Imaging Inc) están diseñados con 16 lectores exploradores computarizados CR1 y scanners para rayos X para radiología profesional.

Sería ideal reducir el volumen de impresión fotográfica, aunque los costos por concepto de equipamiento se elevaran, corresponden a un gasto de infraestructura que contribuye a la disminución en la compra de consumibles y generación de residuos tóxicos contaminantes. Habrá que reflexionar seriamente esta última propuesta; en efecto, la inversión en equipo de imagenología digital pudiera representar un gasto muy elevado, pero se debe considerar que los gastos corrientes por concepto de película fotográfica, soluciones reveladoras y fijadoras, representan un desembolso mensual importante para la institución de salud, que a la larga pudiera justificar su eliminación a cambio de equipo de adquisición digital computarizado. Esta decisión queda como tarea para las autoridades médicas correspondientes.

CAPÍTULO 2. ANÁLISIS GENERAL DEL HOSPITAL

2.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Para desarrollar el sistema de Hospital Digital en el área de imagenología es importante definir claramente sus requerimientos. Los puntos a explorar en este sentido son:

- Los servicios de imagenología disponibles y los tipos de imágenes y datos que genera cada uno.
- Los procedimientos de petición de estudios de estudios al servicio de imagenología.
- Los procedimientos de programación, adquisición y registro de pacientes.
- Los tipos y números de pacientes que se atienden en los distintos servicios de imagenología.
- La información del paciente que se adiciona al estudio.
- Los diferentes ambientes de obtención de imágenes.
- Mecanismos de interpretación y diagnóstico de los estudios realizados.
- Las áreas del hospital que requieren consultar imágenes y su ubicación física.
- La forma en que se entrega la información donde es requerida.
- La utilidad que se le da a la información en cada servicio.
- Problemas de pérdida de información.
- Procedimientos de archivos de la información.
- La existencia de otros sistemas en el hospital.
- Intercambio de información con otros hospitales.

Para cubrir estas necesidades se requiere de un conjunto de dispositivos y estándares para este tipo de sistemas, cuyas funcionalidades ofrecen todos los elementos operativos requeridos, ya sea por un sólo hospital o todo un sistema de salud formado por distintos tipos de hospitales, comunicados a través de una red. Estas demandas incluyen:

- Adquisición de imágenes.
- Almacenamiento de información.
- Distribución de imágenes.
- Visualización de imágenes (consulta, interpretación o diagnóstico).
- Registro de resultados.
- Interoperabilidad con otros sistemas.
- Comunicación remota.
- Seguridad del sistema.

2.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN

La presente documentación se puede considerar como de observancia general para cualquier hospital del estado de Puebla, puede ayudar a definir las adquisiciones de equipos médicos de diagnóstico y tratamiento, que generen objetos como imágenes digitales y que utilizan

tecnologías de información tales como software, procesadores, monitores, entre otros, para los hospitales de salud pública.

Normalmente ante una propuesta de desarrollos de sistemas, la normatividad del presente documento se considera como mínima, pudiendo establecerse especificaciones adicionales en las licitaciones, siempre y cuando no se contraponga con lo estipulado. En el caso de discrepancias, las especificaciones técnicas establecidas pudieran ser válidas.

2.3 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Norma oficial mexicana NOM-158-SSA1-1996, sobre especificaciones técnicas para equipos de diagnóstico médico con rayos X.
- Norma oficial mexicana NOM-168-SSA1-1998, del expediente clínico.
- DICOM 3.0 [7].
- Cuadro básico de equipo médico del IMSS [8].

2.4 DEFINICIONES DE ESTÁNDARES E INTEROPERABILIDAD

Se adopta como referencia el estándar Digital de Comunicaciones en Medicina (DICOM) para la interoperabilidad en la distribución y vista de imágenes médicas. Este estándar describe el formato de los archivos, la especificación de los datos de la imagen y el encabezado requeridos, describiendo un lenguaje común a distintos sistemas médicos.

De esta forma las imágenes vienen acompañadas de mediciones, cálculos e información descriptiva relevante para diagnósticos. Los sistemas de almacenamiento de imágenes y comunicación (*PACS, picture archiving and communication system*) y los sistemas de información radiológica (*RIS, Radiology information system*) dispersos deberán tener la consideración de estándares en sus procesos internos (dentro de la misma localidad) y externos (expediente electrónico del paciente) para la integración de sus imágenes.

DICOM es un estándar que se aplica en el dominio de la *Administración de Imágenes e Información* relacionada con imágenes. Por ello el sistema desarrollado maneja un lenguaje visual como Borland Delphi, aplicando los estándares HL7 y DICOM para poder interactuar tanto con los sistemas de imágenes como con los sistemas periféricos y el expediente electrónico del paciente.

2.4.1 CDA

CDA (*Clinical Document Architecture*) es el estándar para el intercambio de documentos clínicos de HL7. Este estándar se consideró para la integración de imágenes hacia el expediente electrónico del paciente.

Se partió de la definición misma de que un “CDA es un documento definido y completo que incluye texto, imágenes y algún otro tipo de información multimedia”.

2.4.2 DICOM

DICOM es utilizado por prácticamente cualquier disciplina médica que utilice imágenes dentro de la industria del cuidado de la salud. Esto incluye neurología y neurocirugía, cardiología, endoscopía, mamografía, oftalmología, ortopedia, patología, pediatría, radioterapia, cirugía, odontología y veterinaria.

Este estándar define los métodos de transferencia de imágenes médicas para diagnóstico y la información asociada a ellas, entre equipos de imagenología y sistemas de fabricantes distintos.

Su objetivo principal es crear y mantener estándares internacionales para la comunicación biomédica diagnóstica y terapéutica para las disciplinas que utilizan imágenes digitales y datos relacionados.

El comité DICOM se formó para que se cumplieran los siguientes objetivos:

- Promover la comunicación de imágenes digitales, independientemente del fabricante del equipo.
- Facilitar el desarrollo y expansión de los sistemas de almacenamiento y comunicación de

imágenes capaces de comunicarse también con otros sistemas de información hospitalaria.

- Permitir la creación de bases de datos de información diagnóstica que pudiesen ser consultadas por una amplia variedad de dispositivos remotos.

2.5 REQUERIMIENTOS DE SERVICIOS

- Verificación. Es utilizado por las pruebas, permite saber si los dispositivos se entienden mutuamente.
- Almacenamiento. Permite el intercambio de imágenes entre dos dispositivos, el servidor de bases de datos y el servidor de archivos y la terminal de usuario (médico o encargado de imagenología o capturista).
- Consulta. Implementación de opciones para demandar una lista de imágenes, iniciar una transferencia, o verificar si la transferencia de una serie de imágenes fue completada.
- Notificación. Utilizado para iniciar una transferencia o verificar si la transferencia de una serie de imágenes fue completada.
- Administración del paciente. Gestión de pacientes, demografía, admisión y alta de pacientes.
- Administración del estudio. Creación y gestión de los exámenes o estudios.
- Administración de resultados. Permite la gestión de los resultados del examen.

2.6 ANÁLISIS DE FLUJOS DE INFORMACIÓN

Con base en entrevistas hechas en instituciones de salud pública, particularmente el IMSS, el ISSSTE y a la experiencia personal, se esquematizan los flujos de información de los procesos administrativos entre pacientes, personal de atención, enfermeras, funcionarios, médicos y técnicos.

2.6.1 ESQUEMA GENERAL DE FLUJO DEL HOSPITAL

El esquema que se muestra en la figura 2.1, considera todas las partes involucradas que considera, desde que llega un paciente al hospital, es atendido y sale del mismo. Se omitieron algunos trámites o requisitos administrativos que serán detallados en el análisis de ingeniería de software.

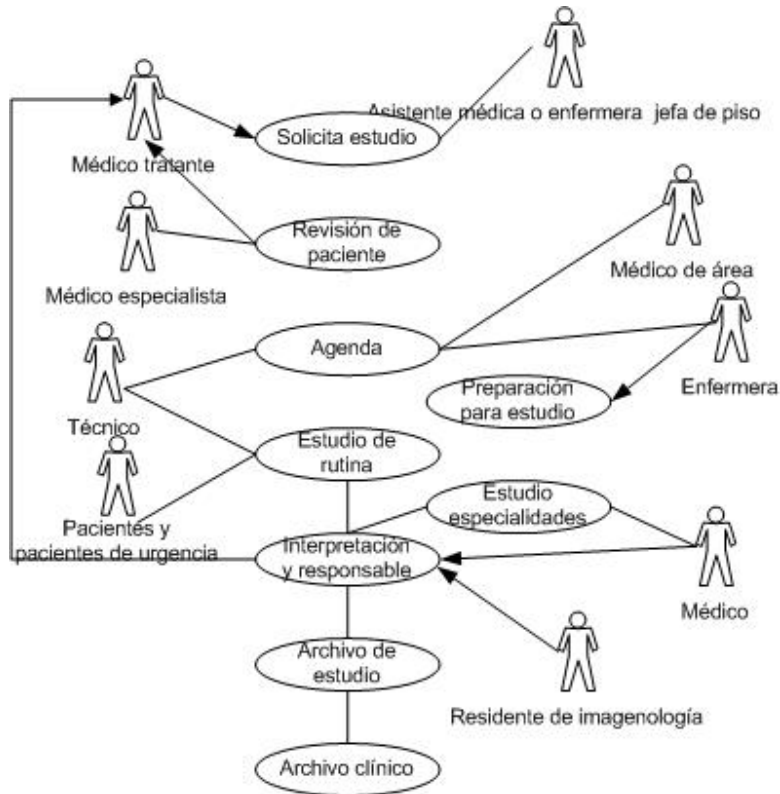


Figura 2.1. Diagrama general de atención de pacientes en un hospital público

2.6.2 ESQUEMA DE TRABAJO DEL ÁREA DE IMAGENOLOGÍA

El esquema 2.2 considera a todos los actores que intervienen en el proceso de solicitud de estudios de imagenología.

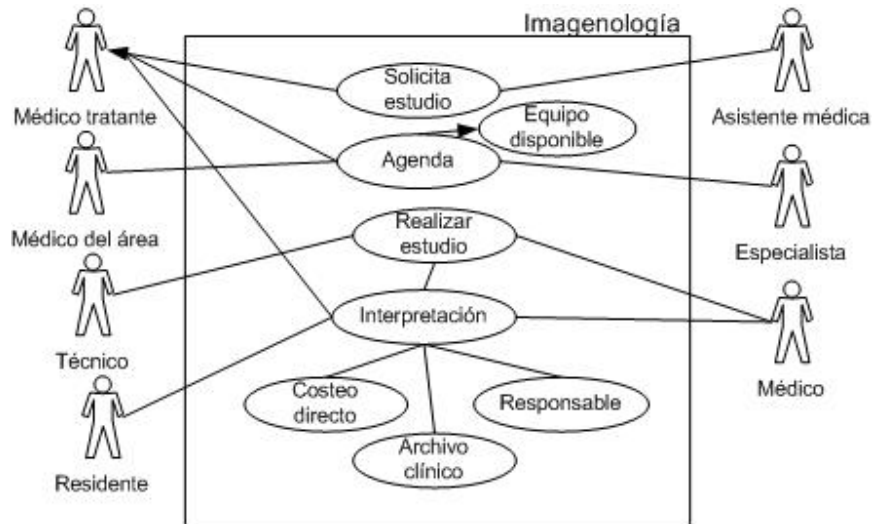


Figura 2.2. Roles y personas relacionadas con el módulo de imagenología

2.6.3 DESCRIPCIÓN DE RUTAS DENTRO DEL HOSPITAL PÚBLICO

2.6.3.1 AGENDA DE CITAS U ÓRDENES DE ESTUDIO

Los actores primarios son el derechohabiente y el asistente. En esta etapa el derechohabiente ingresa al hospital y solicita una cita médica, deberá obtener como respuesta un horario de atención en un consultorio médico mediante un comprobante. El asistente es quien debe agendar la cita, siempre y cuando el solicitante tenga su carnet actualizado; como resultado deberá obtener una lista de todos los pacientes que solicitaron una cita y con ello, podrá pasar los expediente manualmente de la sección de archivo de a cada uno de los consultorios.

2.6.3.2 CONSULTA MÉDICA GENERAL

En esta etapa el derechohabiente ingresa al consultorio en la hora indicada en la agenda de citas. Como posible resultado el derechohabiente obtiene el diagnóstico médico y un tratamiento con sus medicamentos correspondientes. Otra posibilidad es obtener una solicitud de estudios de imagenología la cual deberá ser sellada para que se autorice dicha orden. El médico general obtiene el registro del diagnóstico que es depositado en el expediente. Cabe aclarar que el médico general puede procesar hasta tres consultas consecutivas con un paciente en fechas continuas, y si el paciente requiere de mayor atención, turna al paciente con un médico especialista o internista. Otro motivo de traspaso de paciente puede ser que éste requiera un tratamiento especial, como puede ser cirugía, ortopedia, ginecología, etc.

2.6.3.3 CONSULTA CON MÉDICO ESPECIALISTA

El paciente ya tiene un historial clínico por el cual se le asignó a esta área. El paciente obtiene a cambio una orden de realización de estudios clínicos, estudios de imagenología, de cirugía, etc. El médico tendrá que registrar su diagnóstico y la orden de estudios o cirugía correspondiente.

2.6.3.4 REALIZACIÓN DEL ESTUDIO

Los actores principales son el derechohabiente y el técnico de imagenología o laboratorista. En esta etapa el derechohabiente entrega al técnico la orden de estudios de imagenología, análisis clínicos, etc. y procede a realizar la toma de la imagen o muestra. Como resultado el derechohabiente tendrá en un formato un diagnóstico presuntivo y el técnico obtendrá la toma para procesarla por medio de métodos fotográficos y de datos.

2.6.3.5 CONFIRMACIÓN DE RESULTADOS

En esta etapa el técnico correspondiente obtiene la placa radiográfica o estudios y procede a depositar sus resultados o placas radiográficas en el expediente del paciente. En este caso para imagenología, también registraría digitalmente los resultados de las placas.

2.6.3.6 CONSULTAS DE RESULTADOS

En el momento que el paciente se encuentra en la cita médica, el médico tratante revisará las imágenes procesadas en el laboratorio de imagenología y con ello realizar un diagnóstico específico.

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE INGENIERÍA DE SOFTWARE

3.1 ESTUDIO PRELIMINAR

La primera fase de análisis de sistemas del Hospital Digital inició con una serie de visitas en distintos hospitales de la ciudad de Tehuacán, Puebla. En algunas de estas instituciones hubo más facilidades para recabar y extraer información, ya sea con entrevistas al personal o con formatos usados en los distintos roles que se llevan a cabo en el hospital.

Específicamente hablando, en la clínica de ISSSTE Tehuacán se tuvo mayor acceso a la información, y es en ésta en la que en su mayoría se apoya el análisis. Aunado a esto, el que escribe la presente tesis es también derechohabiente de esta institución, por lo cual se conocen de antemano algunos procesos administrativos específicos. También cabe resaltar que, como se explicó en el Capítulo 1, los servicios en otras instituciones públicas de salud son similares y por ello el diseño se trató de hacer adaptable y flexible.

Las reuniones realizadas fueron muy importantes ya que en ellas se hizo el análisis de las necesidades específicas de cada proceso y basándose en esto se tomó la decisión de elegir el sistema operativo, el lenguaje de programación, entornos gráficos, sistema manejador de bases de datos, seguridad y medidas a seguir para la creación del sistema.

Por todo lo anterior se encontraron algunas situaciones específicas viables a mejorar, entre las que podemos mencionar: el método de agendamiento de citas médicas, el extravío de expedientes, el acceso rápido a los expedientes, el cambio de programación de citas médicas, la falta de capacidad para la realización de análisis o estudios urgentes, el elevado gasto de material fotográfico de radiología, la tramitación de comprobantes como vigencias, incapacidades, viáticos, la falta de medicamentos, la falta de equipo o instrumental de laboratorio entre otros.

De todas estas necesidades hubo que seleccionar aquellos que fueran viables de resolver computacionalmente a corto y mediano plazo. También se consideraron los procesos en los que se pudieran llevar a cabo actualizaciones de equipamiento digital como son radiología, tomografía, medición de presión arterial y glucosa, laboratorios de análisis clínicos, etc., recalcando que el mayor caso de uso se enfocará a la imagenología.

3.2 DIAGRAMAS DE FLUJOS DE DATOS

En esta sección se describe como se analizan los procesos administrativos y de especialidades de cada una de las partes del sistema. La figura 3.1 recibe el nombre de diagrama de contexto, que muestra una visión general del sistema, seguido de los diagramas desarrollados o estructurados que muestran más a detalles los procesos a seguir para el tratamiento de los datos. A continuación se detalla el análisis desde el nivel cero hasta las mini especificaciones de cada proceso.

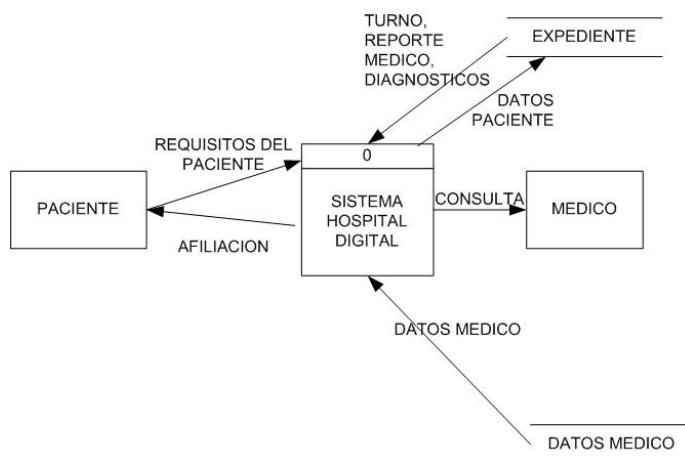


Figura 3.1. Diagrama de flujo de datos de contexto del sistema Hospital Digital.

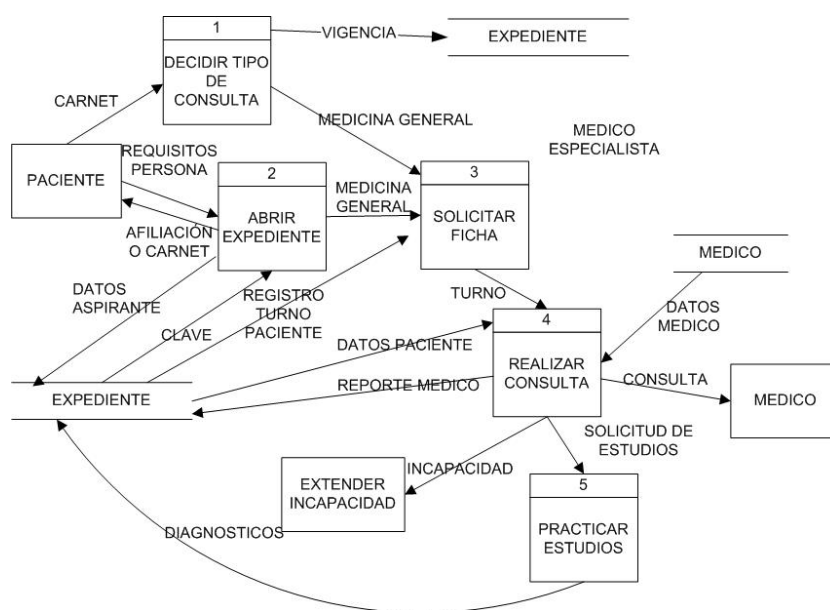


Figura 3.2. Diagrama de flujo de datos para el primer nivel del sistema Hospital Digital.

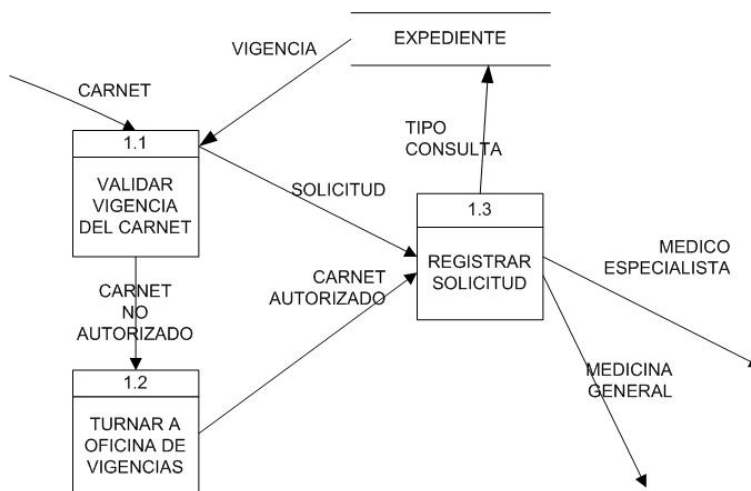


Figura 3.3. Diagrama de flujo de datos de segundo nivel para el proceso de decisión de tipo de consulta

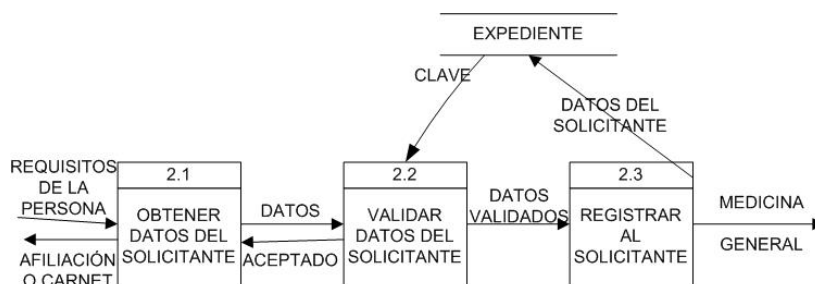


Figura 3.4. Diagrama de flujo de datos de segundo nivel para el proceso de apertura de expediente.

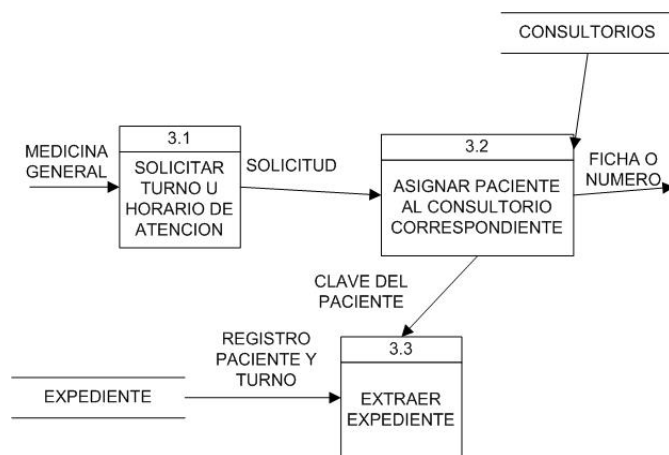


Figura 3.5. Diagrama de flujo de datos de segundo nivel para la solicitud de fichas.

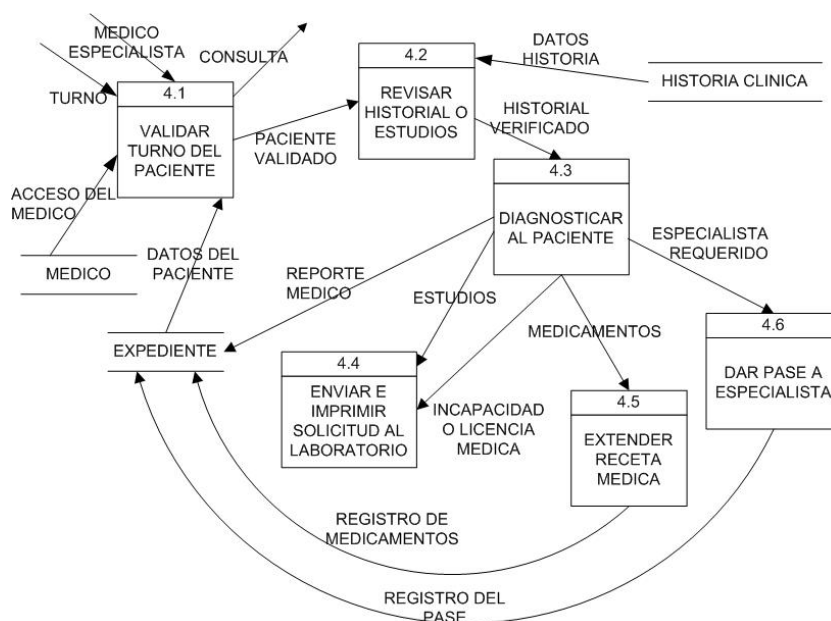


Figura 3.6. Diagrama de flujo de datos de segundo nivel para la realización de la consulta.

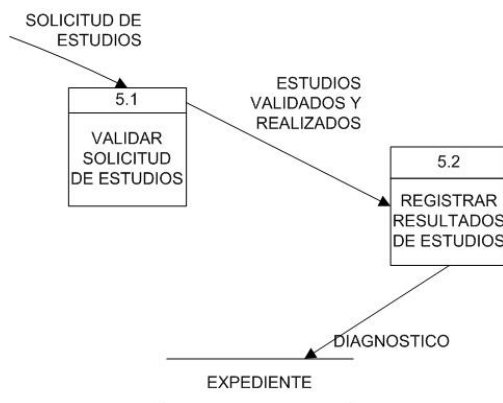


Figura 3.7. Diagrama de flujo de datos de segundo nivel para la realización de estudios.

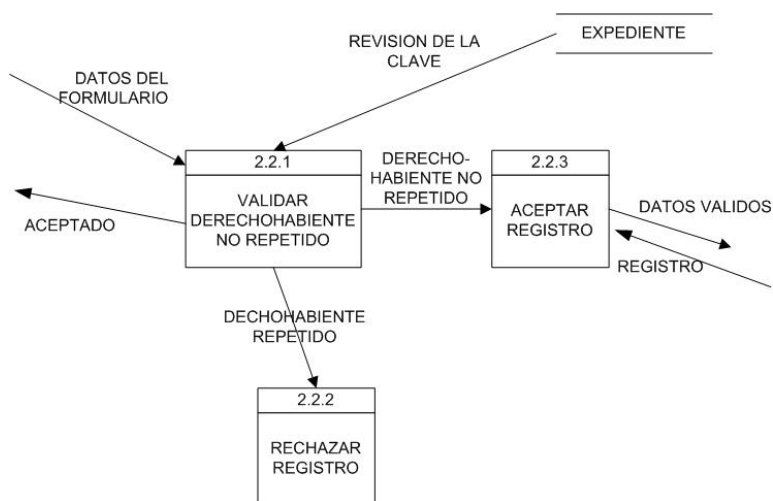


Figura 3.8. Diagrama de flujo de datos de tercer nivel para la validación del paciente.

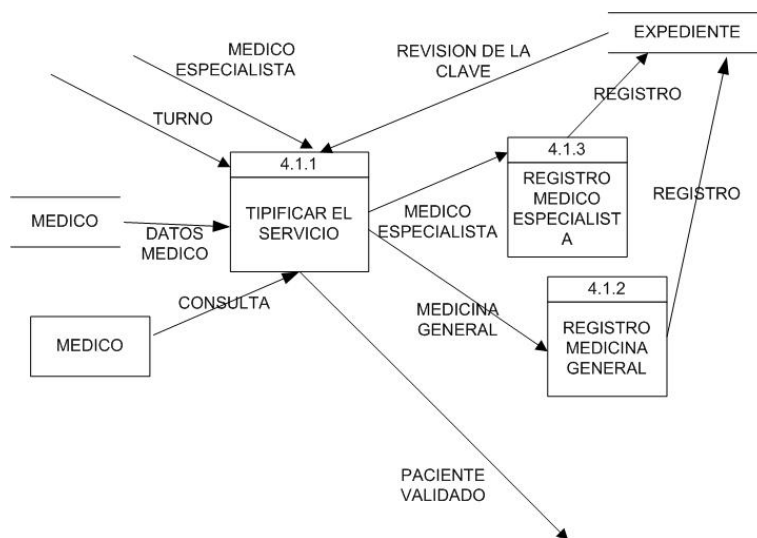


Figura 3.9. Diagrama de flujo de datos de tercer nivel para la validación de turno



Figura 3.10. Diagrama de flujo de datos de tercer nivel para la revisión de historial o estudios.

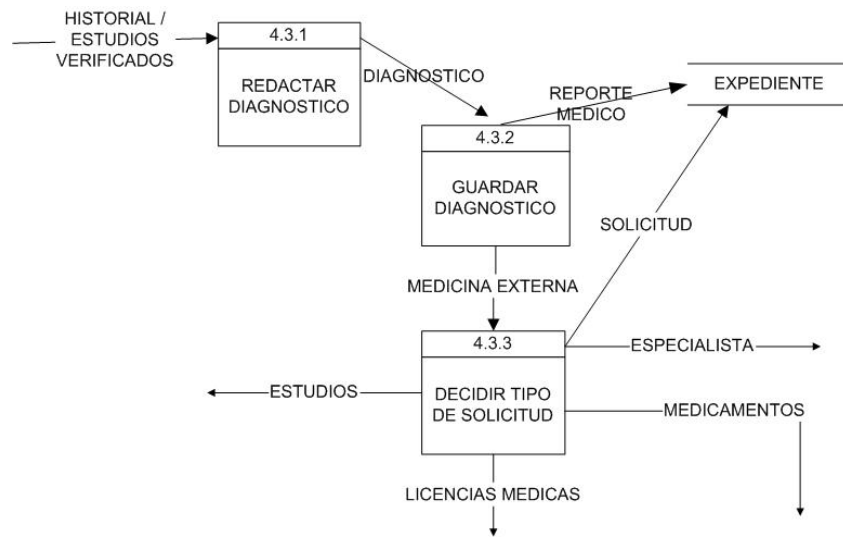


Figura 3.11. Diagrama de flujo de datos de tercer nivel para el diagnóstico al paciente.

3.3 DICCIONARIO DE DATOS

Teniendo estructurados los flujos de datos, se identifican sus almacenes y con ello se establece su estructuración correspondiente. A continuación se describe el diccionario de datos para el sistema respetando las reglas de normalización de bases de datos.

Paciente	= @Afiliación + Fecha_alta + RFC_paciente + CURP + Paterno + Materno + Nombre + Fech_nac + Sexo + Ecivil + Domicilio + Colonia + Teléfono + Dependencia + Clínica + Delegación + Zona + Beneficiario
Médicos	= @RFC_médico + Cédula + Paterno + Materno + Nombre + Especialidad + Horario + Unidad + Clínica + Delegación + Clave_sustituto + No_consultorio+ Teléfono1 + Teléfono2 + Teléfono3
Consultorios	= @No_consultorio + Clínica + Delegación + Zona
Imagenología	= @Afiliación + RFC_médico + Fecha + Estudio + Placa + Diagnóstico
Historia Clínica	= @Afiliación + @RFC_médico + Fecha + Interrogatorio+ Diabetes + Enf_cardiacas + Epilepsia + Hipertensión_art + Neoplásicos + Alérgicos + Obesidad + Reumatismos + Congénitos + Otros + Tipo_habitud + Calidad_alimentación + Inmunizaciones + Diabetes + Edad_inicio_diabetes + Hipertensión + Edad_inicio_hiper + Quirúrgicos + Transfusionales + Cardiopatías + Neoplásicos + Traumatismo + Alérgicos + Alcoholismo + Edad_inicio_A + Toma + Tabaquismo + Edad_inicio_T + Cuantos_cigarros_dia + Drogas + Edad_inicio_D + Cuales + Menarca + Ritmo + Eumenorreica + Dismenorrea + IVSA + No_parejas + FUM + G + P + A + C + FUP + PUA + FUC + No_hijos_vivos + FU_papanicolau + M_anticonceptivo + Padecimiento_actual + Peso + Talla + Temperatura + TA + FC + FR + Exploración + Imp_diagnostica + Terapéutica + Familiograma + Desarrollo + Demográfico + Integración + Composición

**ARCHIVO: HOSPITAL
CONSULTORIOS**

ETIQUETA DE LA TABLA:

DESCRIPCION: CONTIENE INFORMACIÓN O REFERENCIAS DE CONSULTORIOS

NO. DE ATRIBUTOS: 4

EXPRESION DE ÍNDICE: No consultorio

NO.	NOMBRE	LLAVE	TIPO	LONG.	DEC.	DESCRIPCION
1	No consultorio	X	Caracter	5		Número de consultorio
2	Clínica		Caracter	30		Clínica de adscripción
3	Delegación		Caracter	30		Delegación
4	Zona		Caracter	5		Zona asignada a la clínica

**ARCHIVO: HOSPITAL
IMAGENOLOGÍA**

ETIQUETA DE LA TABLA:

DESCRIPCION: CONTIENE INFORMACIÓN DE LOS ARCHIVOS REFERENCIADOS DEL LABORATORIO DE IMAGENOLOGÍA

NO. DE ATRIBUTOS: 5

EXPRESION DE ÍNDICE: Afiliación

NO.	NOMBRE	LLAVE	TIPO	LONG.	DEC.	DESCRIPCION
1	Afiliación	X	Caracter	15		Afiliación del paciente
2	RFC médico		Caracter	13		Clave del médico
3	Fecha		Fecha	8		Fecha de los estudios
4	Estudio		Caracter	1008		Nombre del estudio a realizar
4	Placa		Blob			Imagen escaneada
5	Diagnóstico		Caracter	255		Redacción del diagnóstico

**ARCHIVO: HOSPITAL
CLÍNICA**

ETIQUETA DE LA TABLA: HISTORIA

DESCRIPCION: CONTIENE LA HISTORIA CLÍNICA DEL PACIENTE

NO. DE ATRIBUTOS: 68

EXPRESION DE ÍNDICE: Afiliación

NO.	NOMBRE	KEY	TIPO	LONG	DEC.	DESCRIPCION
1	Afiliación	X	Carácter	15		Afiliación del paciente
2	RFC médico		Carácter	13		RFC del médico
3	Fecha		Date	8		Fecha de redacción
4	Interrogatorio		Carácter	1		Interrogatorio directo/indirecto
5	Diabetes		Carácter	10		Antecedentes heredo/familiares Diabetes del paciente
6	Enf_cardiacas		Carácter	20		Antecedentes heredo/familiares Enfermedades cardiacas
7	Epilepsia		Carácter	10		Antecedentes heredo/familiares Epilepsia del paciente
8	Hipertensión_art		Carácter	10		Antecedentes heredo/familiares Hipertensión arterial
9	Neoplásicos		Carácter	10		Antecedentes heredo/familiares

						Neoplásicos
10	Alérgicos		Carácter	10		Antecedentes heredo/familiares Alérgicos
11	Obesidad		Carácter	10		Antecedentes heredo/familiares Obesidad del paciente
12	Reumatismos		Carácter	10		Antecedentes heredo/familiares Reumatismo del paciente
13	Congénitos		Carácter	30		Antecedentes heredo/familiares Enf. congénitas
14	Otros		Carácter	50		Antecedentes heredo/familiares Otros
15	Tipo_habita		Carácter	20		Antecedentes personales no patológicos. Tipo de habitación
16	Calidad_alime ntación		Carácter	20		Antecedentes personales no patológicos. Calidad de la alimentación del paciente
17	Inmunizaciones		Carácter	20		Antecedentes personales no patológicos. Inmunizaciones del paciente.
18	Diabetes		Carácter	10		Antecedentes personales patológicos del paciente.
19	Edad_inicio_di abetes		Numérico	2		Antecedentes personales patológicos. Edad de inicio de diabetes.
20	Hipertensión		Carácter	10		Antecedentes personales patológicos. Hipertensión arterial del paciente
21	Edad_inicio_hi per		Numérico	2		Antecedentes personales patológicos. Edad de inicio de la hipertensión arterial del paciente.
22	Quirúrgicos		Carácter	20		Antecedentes personales patológicos. Intervenciones quirúrgicas.
23	Transfusionales		Carácter	20		Antecedentes personales patológicos.
24	Cardiopatías		Carácter	20		Antecedentes personales patológicos.
25	Neoplásicos		Carácter	20		Antecedentes personales patológicos.
26	Traumatismo		Carácter	20		Antecedentes personales patológicos
27	Alérgicos		Carácter	20		Antecedentes personales patológicos
28	Alcoholismo		Carácter	20		Antecedentes personales patológicos. El paciente es alcohólico.

29	Edad_inicio_A		Numérico	2		Antecedentes personales patológicos. Edad en la que se inicio el alcoholismo.
30	Toma		Carácter	20		Antecedentes personales patológicos. Que toma el paciente.
31	Tabaquismo		Carácter	20		Antecedentes personales patológicos. El paciente es fumador.
32	Edad_inicio_T		Numérico	2		Antecedentes personales patológicos. Edad en la que se inicio el tabaquismo.
33	Cuantos_cigarr os_día		Numérico	2		Antecedentes personales patológicos. Cantidad de cigarros que el paciente fuma al día.
34	Drogas		Carácter	20		Antecedentes personales patológicos. El paciente es drogadicto.
35	Edad_inicio_D		Numérico	2		Antecedentes personales patológicos. Edad en la que se inició el consumo de drogas.
36	Cuales		Carácter	20		Antecedentes personales patológicos. Drogas que consume el paciente.
37	Menarca		Carácter	10		Anteced. Gineco / Obstétricos
38	Ritmo		Carácter	10		Anteced. Gineco / Obstétricos
39	Eumenorreica		Carácter	10		Anteced. Gineco / Obstétricos
40	Dismenorrea		Carácter	10		Anteced. Gineco / Obstétricos
41	IVSA		Carácter	10		Anteced. Gineco / Obstétricos
42	No_parejas		Numérico	2		Anteced. Gineco / Obstétricos
43	FUM		Carácter	10		Anteced. Gineco / Obstétricos
44	G		Carácter	10		Anteced. Gineco / Obstétricos
45	P		Carácter	10		Anteced. Gineco / Obstétricos
46	A		Carácter	10		Anteced. Gineco / Obstétricos
47	C		Carácter	10		Anteced. Gineco / Obstétricos
48	FUP		Carácter	10		Anteced. Gineco / Obstétricos
49	PUA		Carácter	10		Anteced. Gineco / Obstétricos
50	FUC		Carácter	10		Anteced. Gineco / Obstétricos
51	No_hijos_vivo s		Numérico	2		Anteced. Gineco / Obstétricos
52	FU_papanicola u		Carácter	10		Anteced. Gineco / Obstétricos
53	M_anticoncept ivo		Carácter	10		Anteced. Gineco / Obstétricos

54	Padecimiento_ actual		Carácter	255		Padecimiento actual del paciente
55	Peso		Numérico	3		Peso del paciente
56	Talla		Numérico	1	2	Altura del paciente
57	Temperatura		Numérico	2	2	Temperatura del paciente
58	TA		Carácter	10		Exploración física
59	FC		Carácter	10		Exploración física
60	FR		Carácter	10		Exploración física
61	Exploración		Carácter	255		Detalle de la exploración física del paciente
62	Imp_diagnostica		Carácter	255		Impresión diagnóstica del paciente
63	Terapéutica		Carácter	255		Terapias que ha seguido el paciente
64	Familiograma		Carácter	255		Padecimientos detectados en la familia del paciente
65	Desarrollo		Carácter	1		Elección: 0= moderna, 1= tradicional, 2= primitiva
66	Demográfico		Carácter	1		Elección: 0= rural, 1= urbana, 2= otro
67	Integración		Caracter	1		Elección: 0= integrada, 2= semi-integrada, 3= desintegrada
68	Composición		Caracter	1		Elección: 0= nuclear, 1= extensa, 2= extensa compuesta

3.5 MAPA DEL SISTEMA PROPUESTO

La figura 3.12 muestra cómo se estandarizó el menú del sistema, puesto que si se quiere añadir alguna otra opción, se tenga una referencia de cómo hacerlo.

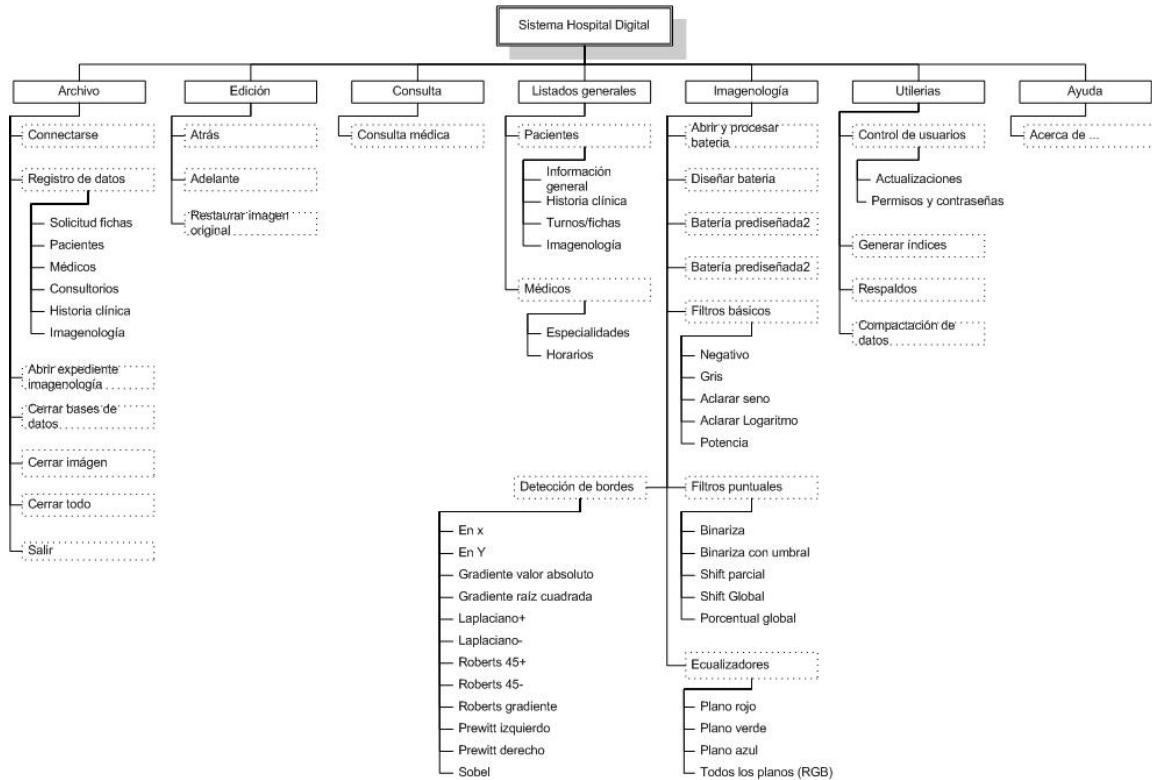


Figura 3.12. Estandarización operativa
Menú principal y submenús del sistema Hospital Digital

CAPÍTULO 4. DISEÑO PROPUESTO

4.1 ELECCIÓN DE HARDWARE Y HERRAMIENTAS DE DESARROLLO

Uno de los objetivos del sistema de Hospital Digital es el de producir una herramienta de bajo costo que beneficie a hospitales de salud pública. Aunque es cierto que el hospital deberá considerar invertir en equipamiento, éste debe ser lo más accesible y económico posible.

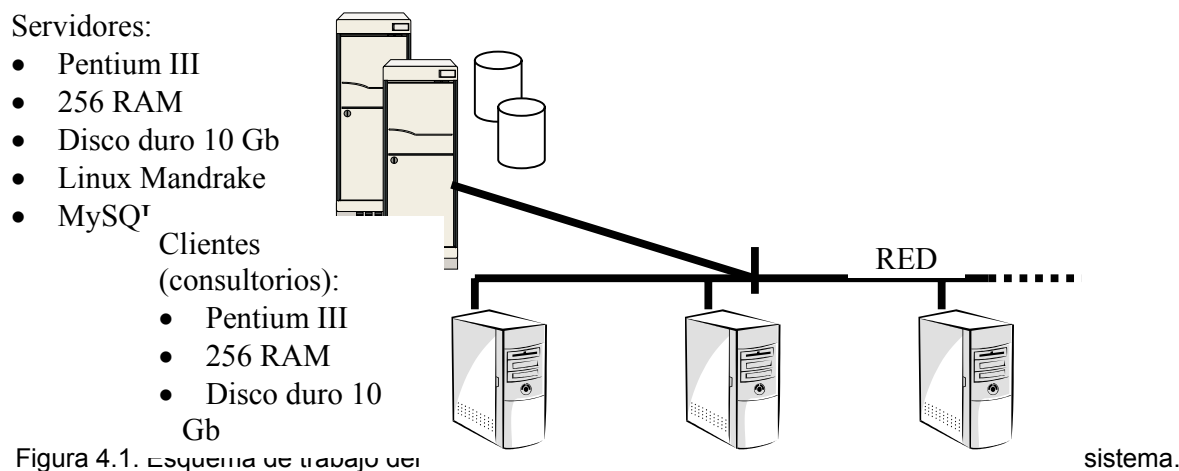
Por el lado del hardware se deberá considerar que los equipos de la sección de servidores deben estar separados de los equipos cliente. Los servidores deberán estar ubicados en un área cerrada asegurada, con la temperatura adecuada y junto al rack de comunicaciones; sólo el personal autorizado tendrá acceso a esta área. La configuración mínima para esta sección puede ser: Una o dos computadoras (depende del padrón de pacientes) con procesador Pentium III, 256 Mb de memoria RAM, 1 o 2 discos duros de 10 Gb (depende del padrón de pacientes). El software asignado para esta área es Linux Mandrake 9.2, como sistema operativo, MySQL 4, como sistema manejador de bases de datos, puesto que es un sistema basado en SQL, muy seguro y que permite el acceso controlado a los datos y el protocolo FTP para el envío y recepción de archivos de imágenes.

Asimismo, se deberán contemplar los equipos clientes que se asignen a los consultorios. Harán uso de estos equipos los médicos, y su acceso al sistema se hará mediante su nombre de usuario y una contraseña. La configuración mínima de las computadoras de esta sección es similar a la de los servidores, con la diferencia que sólo se necesitaría un disco duro. Habrá que considerar que estos equipos deben estar conectados en red, es decir, contar con una instalación adecuada o cableado estructurado. El sistema operativo asignado es, como mínimo, Windows 2000 y sobre éste se deberá ejecutar la aplicación cliente. También resulta indispensable el uso de ODBC para el acceso a la base de datos remota. En la figura 4.1 se muestra un esquema básico del equipo y herramientas para el desarrollo del sistema.

Según el análisis de sistemas previo, el sistema Hospital Digital tendrá que acceder a servidores de bases de datos locales, remotas o distribuidas, según sea el caso, por medio de una aplicación que se ejecute en la estación cliente. Es cierto que se desaprovechan las ventajas que trae consigo la ejecución del código del cliente en el servidor, pero se sacrifica esto para asegurar en cierto modo, la no disponibilidad abierta de los datos en el Internet, por razones de seguridad. La aplicación cliente también deberá tener la capacidad de realizar procesamiento digital de imágenes.

Por todos lo anterior, la elección de la herramienta de desarrollo recae en un lenguaje visual. Se eligió Borland Delphi por su facilidad de manejo, aprendizaje y poder, además de su disponibilidad para sistemas Linux (Borland Kilyx) y su capacidad de acceso a información de tipo multimedia. También se eligió ODBC por tener la capacidad de ingresar a sistemas manejadores de base de datos (SMBD) de cualquier firma comercial. Se abordará ODBC con más detalle en la sección 4.4.1.

Cabe resaltar que no se aplicaron métodos de compresión de imágenes para no ocasionar retardos al momento de guardar las placas radiográficas. Por el momento se decidió usar el formato gráfico comprimido JPEG.



4.2 INTERFACES DE USUARIO

El diseño de interfaces está basado en formularios de Borland Delphi, usando sus componentes visuales más frecuentes basadas en el API de Windows.

Las principales interfaces de usuario son:

- Acceso principal al sistema. El acceso al sistema se hará por medio de un nombre de usuario o login y una contraseña que se extraerá de la base de datos principal (figura 4.2).
- Pacientes. Ventana dedicada al registro de los datos principales del paciente. Con los botones incluidos se permite dar de alta y modificar los datos (figura 4.3).
- Médicos. Datos personales de los médicos. El campo de especialidad distingue a un médico de especialidad de un médico general (figura 4.4).
- Consultorios. Contiene los datos que hacen referencia a un consultorio y que se relacionan con los datos de los médicos (figura 4.5).
- Consultas generales. Listados generales de datos, para este caso, pacientes (figura 4.6).
- Diseño de baterías. Formulario para la creación de baterías personalizadas de usuario y que se pueden guardar en archivos (figura 4.7).
- Historia clínica. La figura 4.8. contiene los datos históricos del paciente divididos por categorías: (a) datos generales, (b) patología, (c) gineco obstétrico, (d) padecimientos, (e) diagnósticos, (f) familiograma. Este apartado está considerado en una tabla de la base de datos de 68 campos.
- Imagenología. Proceso por el cual se hará una orden para dicho estudio (figura 4.9).
- Abrir expediente de imagenología. Módulo de captura de datos e imágenes del paciente por parte del médico o especialista (figura 4.10).

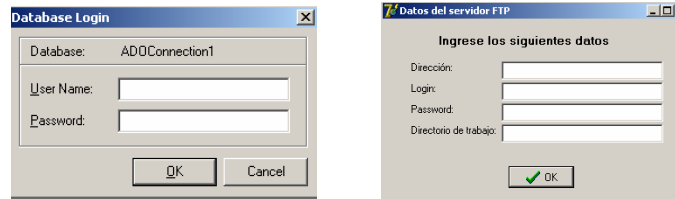


Figura 4.2. Ingreso al sistema

Afiliación	VAGF680523541	Fecha alta	11/10/2004
RFC	VAGF680523541	CURP	VAGF680523541ASDF
Ap. Paterno	VAZQUEZ	Sexo	MASCULINO
Ap. Materno	GUZMAN	Estado civil	CASADO
Nombre	FRANCISCO		
Fecha Nacimiento	23/05/1968		
Domicilio	5 NORTE 113-1		
Colonia	ZARAGOZA		
Teléfono	01238 3823341		
Dependencia	TEHUACAN		
Clínica Adscripción	TEHUACAN		
Delegación	TEHUACAN		
Zona	2		

Figura 4.3. Registro de pacientes

RFC Médico	PERE650906123	Cédula Profesional	PERE650906
Apellido Paterno	PEREZ	Apellido Materno	REYES
Nombre	ELVIA		
Especialidad	MEDICO GENERAL		
Horario	8:00-14:00 LUNES A VIERNES		
Unidad	TEHUACAN		
Clínica	TEHUACAN		
Delegación	TEHUACAN		
Clave Sustituto			
Consultorio	1		
Teléfono 1	---38 212345		
Teléfono 2			
Teléfono 3			

Figura 4.4. Registro de médicos

Consultorio	1
Clínica	CLINICA 15 IMSS
Delegación	CENTRO
Zona	5

Figura 4.5. Registro de consultorios

PACIENTES							
afiliación	fecha_alta	rfc_paciente	curp	paterno	materno	nombre	fecha_nac
AAAAAAAAAA	01/01/2004	AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA	AAAAAAAAAA	01/01/2004
VAGF680523541	11/10/2004	VAGF680523541	VAGF680523541ASDF	VAZQUEZ	GUZMAN	FRANCISCO	23/05/1968
VAFP3905191	11/10/2004	VAFP3905191	VAFP3905191DS75J5I	VAZQUEZ	PEREZ	FRANCISCO	19/05/1999
CALG790531	26/11/2004	CALG790531	CALG790531123	CASTILLO	LEZAMA	GERARDO	31/05/1979

Figura 4.6. Consultas generales de pacientes.

Seleccione los filtros adecuados para crear su Bateria personalizada

Filtros básicos:
Negativo

Filtros puntuales:
Binariza

Detección de bordes:
en X

Ecuilibradores:
Rojo

Eliminar filtro seleccionado Guardar Bateria

Figura 4.7. Diseño de baterías

Historia Clínica

Generales | Patología | Gineco-Obstétricos | Padecimientos | Diagnósticos | Familiograma

Paciente

Afiliación

Fecha

Médicos

RFC

Interrogatorio

Antecedentes Heredo-Familiares

Diabetes	<input type="text"/>	Enf. Cardíacas	<input type="text"/>	Epilepsia	<input type="text"/>
Hip. Arterial	<input type="text"/>	Neoplásicos	<input type="text"/>	Alérgicos	<input type="text"/>
Obesidad	<input type="text"/>	Reumáticos	<input type="text"/>	Congénitos	<input type="text"/>
Otros	<input type="text"/>				

(a)

Historia Clínica

Generales | Patología | Gineco-Obstétricos | Padecimientos | Diagnósticos | Familiograma

Antecedentes personales no patológicos

Tipo de habitación

Calidad de alimentación

Inmunizaciones

Antecedentes personales patológicos

Diabetes mellitus	<input type="text"/>	Edad de inicio	<input type="text"/>	Hipertensión arterial	<input type="text"/>	Edad de inicio	<input type="text"/>
Quirúrgicos	<input type="text"/>	Transfusionales	<input type="text"/>	Cardíacas	<input type="text"/>	Neoplásicos	<input type="text"/>
Traumatismos	<input type="text"/>	Alérgicos	<input type="text"/>	Alcoholismo	<input type="text"/>	Edad de inicio	<input type="text"/>
Tabaquismo	<input type="text"/>	Edad de inicio	<input type="text"/>	Cigarrillos por día	<input type="text"/>	Que toma	<input type="text"/>
Drogas	<input type="text"/>	Edad de inicio	<input type="text"/>	Cuáles	<input type="text"/>		

(b)

Historia Clínica

Generales | Patología | Gineco-Obstétricos | Padecimientos | Diagnósticos | Familiograma

Antecedentes Gineco-Obstétricos

Menarca

Rítmica

Eumenorreica

Dismenoreia

NVA

No. de parejas sexuales

FUM

G.

P.

A.

C.

FUP

PUJA

FUC

No. de hijos vivos

FU papnicolau

Método anticonceptivo

(c)

Historia Clínica

Generales | Patología | Gineco-Obstétricos | Padecimientos | Diagnósticos | Familiograma

Padecimiento actual

Exploración física

Peso	<input type="text"/>	Talla	<input type="text"/>	Temperatura	<input type="text"/>
TA	<input type="text"/>	FC	<input type="text"/>	FR	<input type="text"/>

(d)

Historia Clínica

Generales | Patología | Gineco-Obstétricos | Padecimientos | Diagnósticos | Familiograma

Inspección Diagnóstica

Terapéutica

(e)

Historia Clínica

Generales | Patología | Gineco-Obstétricos | Padecimientos | Diagnósticos | Familiograma

Familiograma

Clasificación integral

Desarrollo	<input type="text"/>
Demográfico	<input type="text"/>
Integración	<input type="text"/>
Composición	<input type="text"/>

(f)

Figura 4.8. Historia clínica, (a) sección general, (b) patología, (c) gineco-obstetro, (d) padecimientos, (e) diagnósticos, y (f) familiograma.



Figura 4.9. Captura de datos e imágenes del paciente

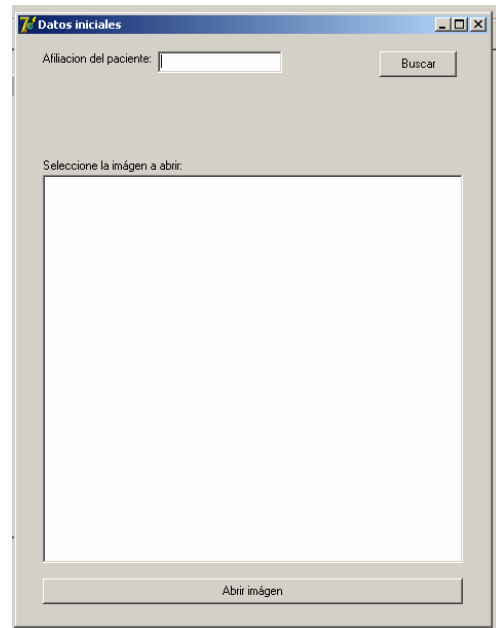


Figura 4.10. Abrir expediente de imagenología

4.3 DISEÑO DE LA BASE DE DATOS

La base de datos principal lleva por nombre HD (Hospital Digital). Los usuarios autorizados para usar este recurso están configurados sobre los archivos de definición de MySQL, donde se otorgan los permisos correspondientes de creación, actualización, eliminación, consulta, etc.

En la figura 4.11. se muestra el esquema de base de datos de MySQL para el sistema de Hospital Digital.

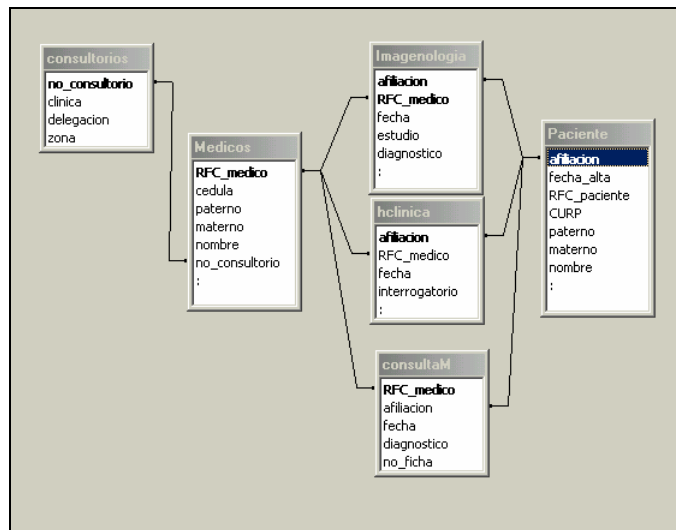


Figura 4.11. Esquema general de la base de datos HD (Hospital Digital).

Respecto al almacenamiento de las imágenes, la propuesta fue guardarlas en directorios como archivos y referenciarlas por su nombre dentro de la base de datos, esto facilita el uso del protocolo FTP el cual es

implementado en Indy (componente de Delphi) para transferirlas entre el server y los clientes, además reduce el peso de la base de datos ya que son los objetos de mayor tamaño que se manejan dentro del sistema.

Consideramos que no es adecuado guardar las imágenes en la base de datos puesto que esto origina un crecimiento no controlado de ella y con esto que baje el rendimiento del servidor y del sistema. Esta propuesta trae consigo una ventaja: la posibilidad de guardar la base de datos y las imágenes en directorios, servidores y discos duros diferentes, y con esto, poder controlar el almacenamiento incremental, hacer predicciones de requerimientos de espacio de trabajo y respaldo. La figura 4.12 muestra el esquema de dicha propuesta.

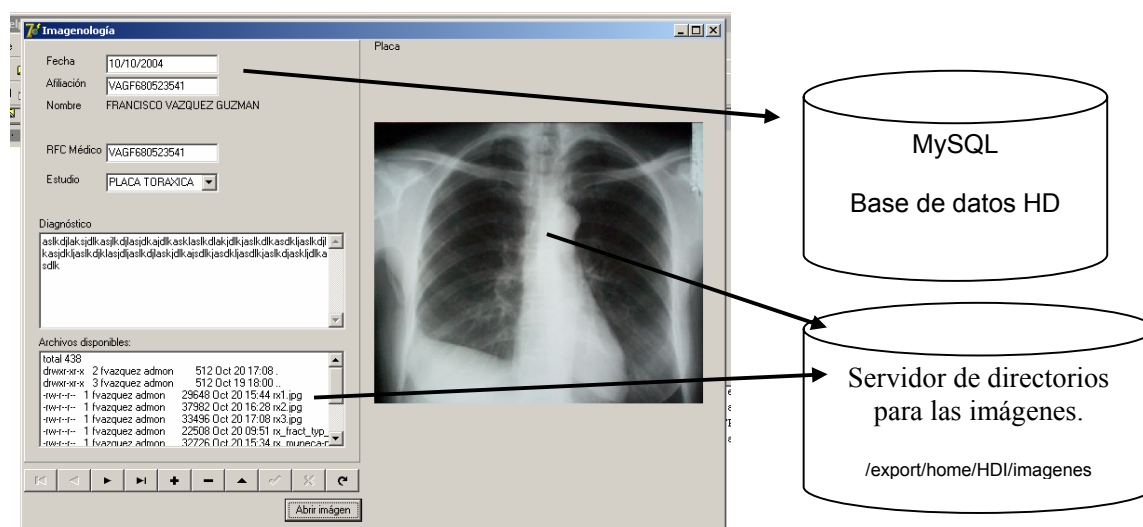


Figura 4.12 Esquema base de datos – almacenamiento de imágenes

4.4 CONEXIÓN DE LA HERRAMIENTA DE DESARROLLO CON LA BASE DE DATOS

4.4.1 ODBC

La *conexión abierta de bases de datos* (ODBC) permite la comunicación con una amplia variedad de bases de datos comerciales (Oracle, Informix, Sybase, Postgress, Mysql, etc.) mediante una interfaz común que se conoce como controlador ODBC, el cual contiene código que entiende las características específicas de una base de datos en particular, y proporciona acceso a ella mediante un conjunto estándar de llamadas definidas en un API. El uso de ODBC da a una aplicación la mayor flexibilidad posible, porque en teoría, cambiar el tipo de base de datos que utiliza la aplicación es tan fácil como cambiar de controlador ODBC. En la realidad, es preciso realizar otros cambios menores en el lenguaje de desarrollo (para este caso, Borland Delphi) que hace uso de ODBC para poder comunicarse correctamente con diferentes motores de bases de datos. Para nuestro caso, fue conveniente el uso de ODBC.

Debido a que la herramienta de programación fue Borland Delphi con la posibilidad de migrar a Borland Kilyx, se descartaron otras conexiones a bases de datos como JDBC, CGI, ISAPI y SQL links.

Se decidió no usar CGI (Common Gateway Interface) porque la propuesta no es una aplicación de tipo PHP y además se requería que los datos no estuviesen disponibles tan abiertamente en el Internet por razones de seguridad.

Como inicio, se debe adquirir el manejador ODBC apropiado de MySQL en su portal de Internet, según la plataforma de trabajo (Windows o Linux) y se procedió a configurar la conexión al servidor remoto (figura 4.13.).

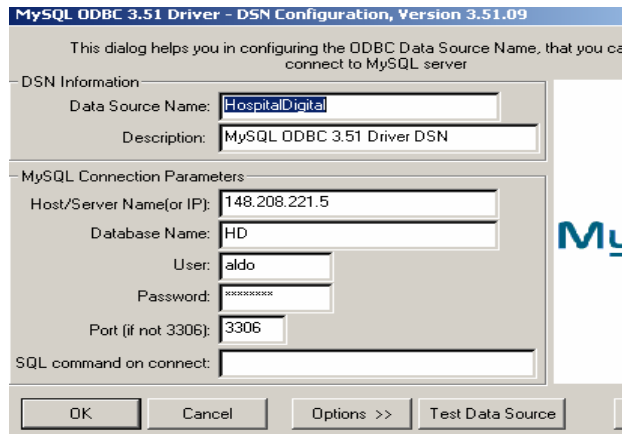


Figura 4.13. Configuración del manejador de MySQL en ODBC

4.4.2 ADO

Para poder hacer una conexión apropiada a la base de datos de MySQL desde el entorno de programación de Delphi, fue necesario usar el componente ADO el cual funciona como puente y conecta de manera correcta al manejador ODBC y MySQL. Este mecanismo permite operar con información almacenada con otros DBMS, lo cual posibilita un ambiente heterogéneo.

La secuencia correcta de componentes ADO para realizar la conexión con MySQL (ver figura 4.14.) es la siguiente:

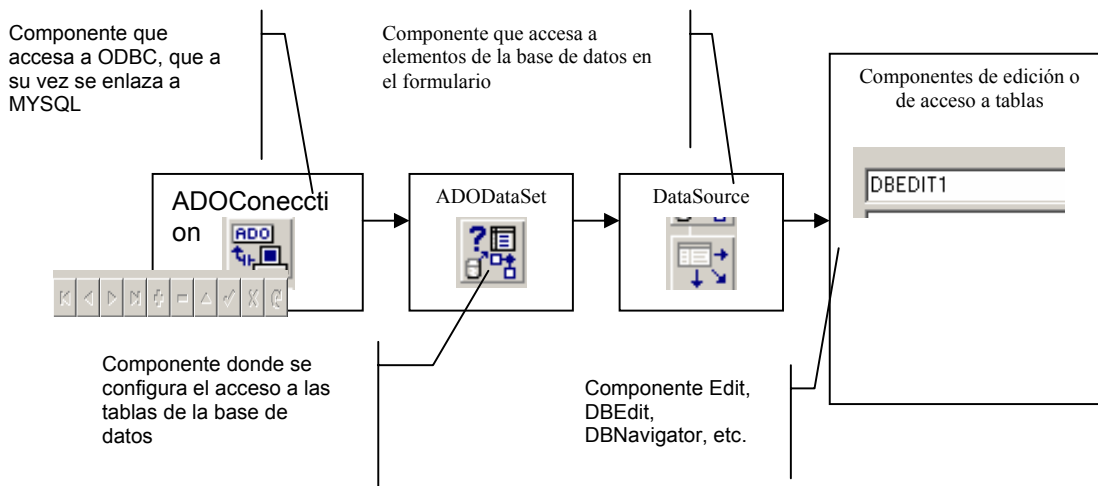
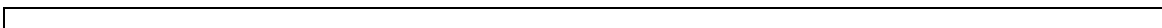


Figura 4.14. Esquema de comunicación ADO

La figura 4.15. muestra en código nativo a los componentes ADO y de base de datos relacionándose entre sí.



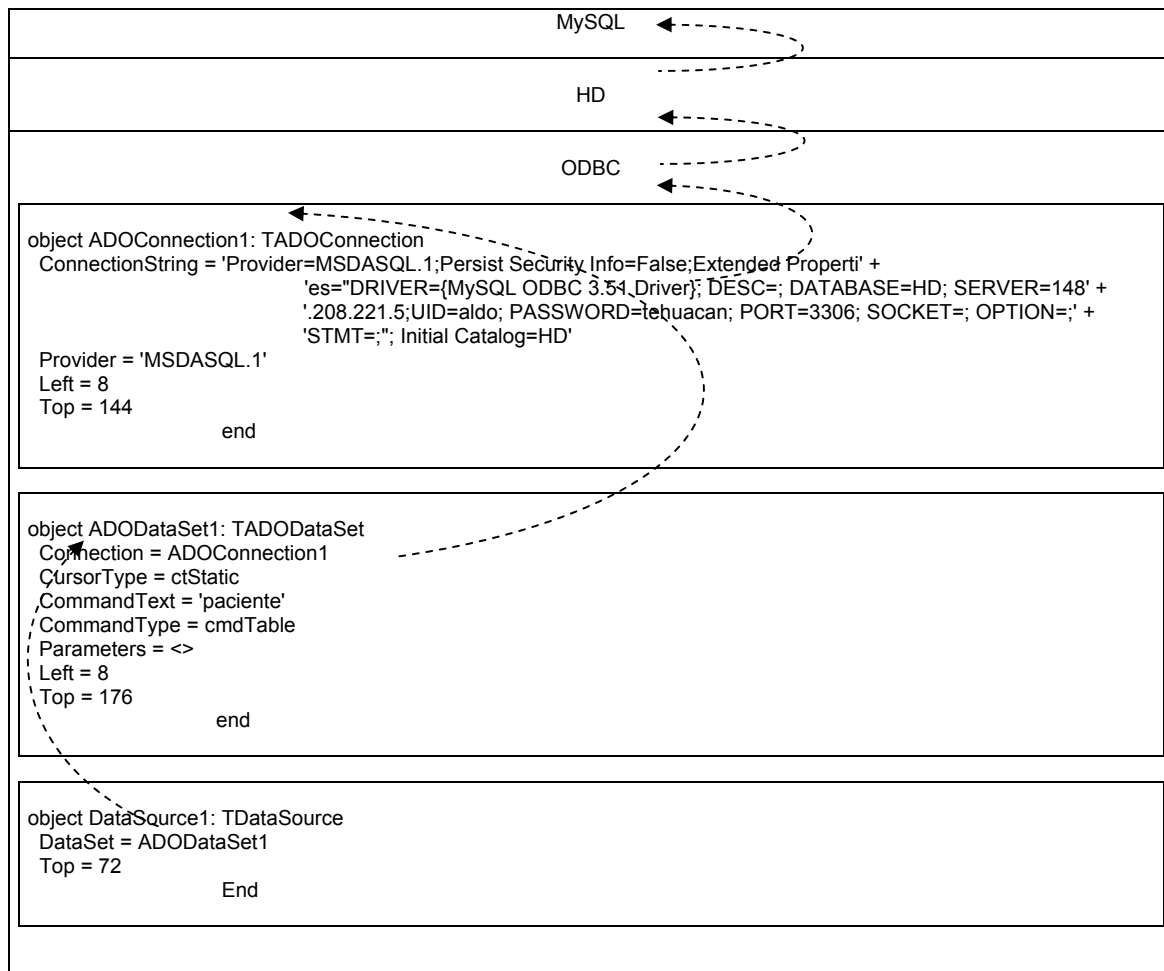


Figura 4.15. Secuencia de comunicación ADO-ODBC en Borland Delphi

4.5 ACCESO AL SERVIDOR FTP

Como ya se mencionó anteriormente (sección 4.3), debido a que el sistema debe de guardar imágenes y éstas son archivos binarios generalmente grandes (mayores a 500 Kb), lo mas conveniente es implementar una estrategia de almacenamiento de archivos distribuidos en directorios y no en la base de datos, puesto que originaría que su tamaño creciera mucho con tan sólo unos cuantos registros y por ende, bajaría el rendimiento del acceso al sistema y a los datos. El programa cliente en una estación remota tendrá que abrir y guardar los archivos de imágenes vía el protocolo FTP (File Transfer Protocol), es decir, cuando se abren y guardan los datos de la base de datos, se deberán abrir y guardar los archivos de las imágenes en lugares específicos y sus ligas.

Esto se logra gracias a la funcionalidad de los componentes Indy de Delphi. Para nuestro caso, se usa el componente IdFTP, al cual habrá que configurar para realizar la transferencia de archivos requerida, como son: host, nombre de usuario, contraseña, directorio de trabajo y tipo de transferencia entre otros.

El listado 4.16. muestra la codificación del componente DBNavigator1, en su botón Post (actualizar en la base de datos), para que en el momento en que se use, a la vez se guarde el archivo de imagenología en un servidor previamente especificado.

```

procedure TForm_imagenologia.DBNavigator1Click(Sender: TObject; Button: TNavigateBtn);
var
  ruta:string;
begin
  case Button of
    nbPost:
      // Botón de altas al registro de la BD y
      //Usar el protocolo FTP
      with IdFTP1 do
        try
          user:= Form_datosFTP.usuario;
          password:= Form_datosFTP.clave;
          host:= Form_datosFTP.servidorFTP;
          Connect;
          ruta:=Form_menus.rutai+DBEdit1.Text;
          ChangeDir(ruta); //Ruta previamente asignada
          IdFTP1.TransferType:= ftBinary; //Activa modo binario
          IdFTP1.Put(archivo_put,ExtractFileName(archivo_put)); //Guarda la imagen
          AbrirImagen.Enabled:=false;
          Disconnect;
        finally
          end;

    nbNext: begin
      verdatosocultos; //Refresca el ListBox que contiene
      refrescaListado; //los archivos de las imágenes
      end;

    nbPrior: begin
      verdatosocultos; //Refresca el ListBox que contiene
      refrescaListado; //los archivos de las imágenes
      end;
  end;
end;
end;

```

Listado 4.16. Actualización de registros de pacientes de imagenología, así como el envío de imágenes al servidor de directorios.

Con el componente IdFTP1 (Indy FTP) se actualizan las propiedades user, password, y host con las variables usuario, clave y servidorFTP contenidas en el formulario Form_FTP, del cual se actualizaron sus valores al iniciar el programa. Acto seguido, se invoca a la conexión del servicio. Se extrae la ruta en donde se quieren guardar los archivos de imagenología y se procede a invocar al comando Put. A continuación se desconecta el servicio FTP.

La ruta de trabajo se forma de la cadena contenida en la variable rutai del formulario del menú principal, Form_menus, y del componente DBEdit1 en su propiedad text, en este caso, la afiliación del paciente. Es decir, la ruta se formaría de la siguiente manera:

Si:	Form_menus.rutai:= '/export/home/HDI/' DBEdit1.Text='VAGF680523541'
Entonces:	ruta:= Form_menus.rutai+DBEdit1.Text; //ruta = '/export/home/HDI/VAGF680523541'

Y con ello se configuran directorios personalizados del paciente y se consigue que los archivos de los pacientes se administren mejor.

Los botones nbNext y nbPrior refrescan los listados del ListBox1 donde se muestran los archivos de imagenología que se han depositado en el servidor correspondiente (Listado 4.17. y 4.18.):

```
procedure TForm_imagenologia.verdatosocultos;
var
  V: Variant;
  A,B,C: String;
begin
  label8.Caption:=' ';
  label8.Visible:=false;
  ADODataSet2.Active:=true;
  V := ADODataSet2.Lookup('afiliacion', dbedit1.Field.Text,
    'nombre;paterno;materno');
  if not (VarType(V) in [varNull]) then
  begin
    A := V[0];
    B := V[1];
    C := V[2];
    label8.Visible:=true;
    label8.Caption:= V[0] + ' ' + V[1] + ' ' + V[2];
  end
  else ShowMessage('Search unsuccessful!');
  ADODataSet2.Active:=False;
  end;
```

Listado 4.17. Código fuente que actualiza los datos del formulario de imagenología.

```
procedure TForm_imagenologia.refrescaListado;
var
  ruta: string;
begin
  with IdFTP1 do
  try
    user:= Form_datosFTP.usuario;
    password:= Form_datosFTP.clave;
    host:= Form_datosFTP.servidorFTP;
    Connect;

    ruta:=Form_menup.rutai+DBEdit1.Text;

    Self.ChangeDir(ruta); //Refresca el listado
    Disconnect;

  finally
    end;
  end;
```

Listado 4.18. Código fuente que refresca el listado de imágenes.

Por ello se concluye la necesidad de evaluar si realmente vale la pena guardar información binaria (en formato gráfico, sonido, video, etc.) en una tabla de la base de datos (campos BLOB), o usar recursos de transferencia de archivos mediante la herramienta de programación, controlando el almacenamiento de información.

Si el hospital llegara a tener 4,000 derechohabientes, como en el caso de la delegación ISSSTE Tehuacán, entonces la propuesta anterior descrita resulta necesaria.

CAPÍTULO 5. IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DE IMAGENOLOGÍA

5.1 INTRODUCCIÓN

El procesamiento digital de imágenes es una de las ramas de la ciencia que más desarrollo ha experimentado en la última década, debido fundamentalmente a dos factores: primero, el avance vertiginoso que se ha originado en el hardware, en particular, los procesadores especializados, los arreglos de procesadores y las computadoras digitales; y segundo, a la importancia que esta técnica ha adquirido en la vida moderna.

No obstante el procesamiento digital de imágenes es relativamente joven (no más de 100 años) comparado con otras ramas de la ciencia, y en él han intervenido e intervienen de forma intensa, en todo el mundo, un gran número de instituciones y científicos, debido principalmente, a los factores antes mencionados y a que también el procesamiento digital de imágenes es cada vez más utilizado en diferentes ramas de la ciencia y la técnica. Todo este desarrollo se refleja en la literatura científica sobre el tema, que comprende una enorme relación de referencias de todo tipo.

El objetivo del procesamiento de imágenes es mejorar la calidad de las imágenes para su posterior utilización o interpretación como son, remover defectos y desenfoques, el mejoramiento de ciertas propiedades como el color, contraste, estructura, etc. [10] [21]

La representación simple de una imagen es una colección de puntos en un arreglo bidimensional, donde cada punto se almacena una serie de parámetros propios de la imagen (figura 5.1.).

$$I = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

Figura 5.1. Representación de una imagen.

Para el registro de una imagen se acostumbra usar formatos que están referenciados por el número de bits que son utilizados para la cuantización de la cantidad de luz recibida. Cuando se trabaja sólo la intensidad de la luz recibida en el detector se dice que la imagen ha sido adquirida en tonos de gris. Los tipos más frecuentes son: con un bit corresponden imágenes monocromáticas, blanco y negro o de alto contraste; con 4 bits, imágenes de 16 niveles; y con 8 bits, imágenes con 256 niveles. Actualmente la mayor parte de los dispositivos simples permiten adquirir la imagen con una profundidad de 8 bits, los cuales permiten representar 256 niveles de gris; el rango es el típico $[0, 255]$. Por ello, los elementos de la matriz que representa a la imagen $x_{ij} \in [0 \dots 255]$.

Al punto $x_{ij} = I[i, j]$ se le llama *pixel* y se debe entender el tono de gris que se ha asociado a la imagen en la coordenada (i, j) de la partición definida por el sistema de digitalización.

Si consideramos a la clase que representa a una imagen en tonos de gris, sus *propiedades* básicas serán (figura 5.2.):

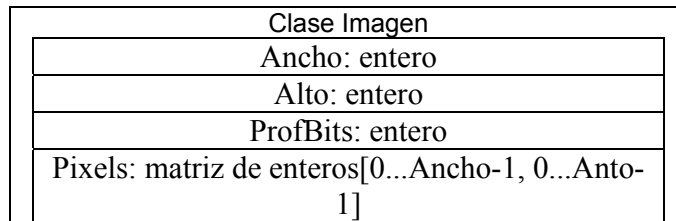


Figura 5.2. Representación de la clase de una imagen en tonos de gris.

Donde $Pixels \in [0 \dots 2^{ProfBits} - 1]$.

Muchos de los dispositivos modernos permiten realizar el registro en colores, de tal forma que para cada zona de la imagen se genera un pixel con tres componentes, la representación común es mediante un vector formado por una combinación de los colores básicos utilizados en la electrónica de video. Estos colores son el azul (B=Blue), el verde (G=Green) y el rojo (R=Red).

Así, un color cualquiera se puede expresar como una combinación lineal de los colores básicos, es decir:

$$C = rR + gG + bB \quad (\text{Ecuación 5.1})$$

Se interpreta un color como una combinación lineal de los vectores unitarios cromáticos (R,G,B) y las proyecciones en cada eje cromático o coordenada de color C son (r,g,b). Se puede interpretar la ecuación (5.3) como la mezcla de los colores primarios, donde se utilizará una cantidad *r* de rojo, una *G* de verde y una *b* de azul. Si *r*, *g* y *b* se manejan a 8 bits cada uno, se dice que la imagen esta representada a 24 bits.

Una representación en términos de clase para un pixel en la base RGB, puede ser la siguiente:

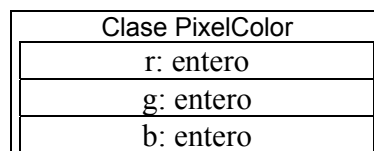


Figura 5.3. Representación de la clase PixelColor.

De donde la clase ImagenenColor, puede quedar como sigue:

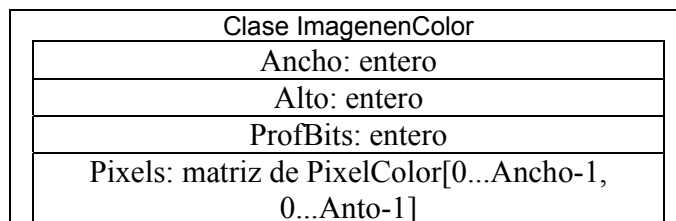


Figura 5.4. Representación de la clase ImagenenColor.

Si se toma una profundidad en bits de 8, los colores puros serán: rojo=(255,0,0), verde=(0,255,0) y azul=(0,0,255).

Se define un color “gris” en el espacio RGB, aquel que tiene sus tres componentes iguales, por lo todo gris tendrá la forma $Z=(z,z,z)$. Es decir, la proporción de cada uno de los colores básicos es

la misma. Por tanto, se puede afirmar que los *grises* se ubican en la recta que va del origen (0,0,0) al punto (255,255,255).

Se denomina *resolución* al número de píxeles por pulgada utilizados en el proceso de adquisición, se indica en *dpi* (*dots per inch*, puntos por pulgada). Mientras mayor es la resolución mayor es la fidelidad de la imagen se obtienen mas detalles de ella. Los valores de resolución varían de 75 dpi hasta algunos miles (7200 dpi). Generalmente éste es un parámetro del dispositivo de adquisición que es posible definir durante el proceso de registro.

En las siguientes secciones se detallan las transformaciones elementales usadas durante el sistema Hospital Digital, en las cuales se hará una breve descripción de su implementación.

5.2 OPERACIONES ORIENTADAS AL PUNTO

Las operaciones orientadas al punto transforman a la imagen modificando un pixel a la vez, en general, sin importar el estado de los píxeles vecinos. La transformación se puede aplicar a toda la imagen o a una región de ella.

Sea x un pixel de una imagen I , es decir $x \in I$. Supongamos que la función $y = f(x)$ transforma un pixel x mediante la regla f , generando un nuevo valor para él, digamos y . Entonces se dice que la nueva imagen I' , donde $y \in I'$, es el producto de aplicar f sobre I . Simbólicamente:

$$I' = f(I) \quad (\text{Ecuación 5.2})$$

El proceso de transformación en la mayor parte de los casos será tal que:

$$\text{si } x = I[i, j] \Rightarrow y = I'[i, j], \text{ donde } y = f(x) \quad (\text{Ecuación 5.3})$$

Para que la transformación f no ocasione problemas de representación, si el dominio de x está en el intervalo $D=[0, L-1]$, donde $L=2^p$, donde p es la profundidad en bits de la imagen, entonces se va a exigir que $y \in D'$, donde en general $D' \subseteq D$. Lo cual implica que el mecanismo de representación de la imagen sobre el elemento de la clase x seguirá siendo válido para la clase a a la que pertenece y . Esta condición permite que los métodos desarrollados para la visualización de la imagen I se pueden utilizar para I' .

El algoritmo básico de transformación bajo f para una región rectangular de I definida por

$$R = [i1 \dots i2, j1 \dots j2] \quad (\text{Ecuación 5.4})$$

es el siguiente:

```

for i= i1,i2 {
  for j= j1,j2 {
    I'[i,j]= f( I[i,j] )
  }
}
```

Figura 5.5. Algoritmo básico para transformar una región de una imagen I bajo f .

En el caso que: $i1=0$, $i2=M$ (donde $M= \text{Imagen.Ancho}-1$), $j1=0$, $j2= N$ (donde $N= \text{Imagen.Alto}-1$); el proceso modificaría toda la imagen.

5.2.1 NEGATIVO

Esta transformación se construye de la siguiente manera.

Sea $x=(r,g,b)$ un pixel de la imagen I , entonces el negativo de x se puede hallar simplemente como:

$$x' = (\sim r, \sim g, \sim b) = (\wedge - r, \wedge - g, \wedge - b) \quad (\text{Ecuación 5.5})$$

donde $\wedge = L-1$ y $L=2^p$

Este proceso es muy claro de entender para una imagen monocromática, pues en ella $p=1$, y entonces $L=2$ y en consecuencia $\wedge=1$, en donde dado que los valores permitidos para un pixel (en cada plano) serán únicamente $x=\{0,1\}$, de donde las transiciones serán: $0 \rightarrow 1$ y $1 \rightarrow 0$. De donde un pixel en 0 (negro) se transformará en 1 (blanco) y viceversa.

De forma gráfica, para cada canal el negativo se puede interpretar como una línea de transformación con pendiente negativa.

Su implementación es la siguiente:

```

procedure TForm_menusup.negativo;
var i,j,k : Integer;
begin
  for i := 0 to Ian-1 do
    for j := 0 to Ial-1 do
      for k := 0 to 2 do
        matT[i,j,k] := NOT mat[i,j,k];
      copiaM(matT,mat);
    end;
  end;

```

5.2.2 GRIS

El ojo percibe distintas intensidades de luz en función del color que se observe, esto es debido a la respuesta del ojo al espectro visible la cual se puede observar en la figura, por esa razón el cálculo del equivalente blanco y negro (escala de grises o luminancia) de la imagen debe realizarse como una media ponderada de las distintas componentes de color de cada pixel.

La ecuación de la luminancia es la expresión matemática de este fenómeno y los factores de ponderación de cada componente de color nos indican la sensibilidad del ojo humano a las frecuencias del espectro cercanas al rojo, verde y azul.

$$Y = R*0.3+G*0.59+B*0.11 \quad (\text{Ecuación 5.6})$$

Por tanto, para realizar esta conversión llega con aplicar esta ecuación a cada pixel de la imagen true-color. Aparecería una nueva matriz de un byte por pixel que daría la información de luminancia.

Si quisiéramos convertir a escala de grises una imagen de paleta, bastaría con convertir cada color de la paleta a su gris correspondiente según la ecuación anterior, creando una nueva paleta de grises.

Su implementación genérica es la siguiente:

```

procedure TForm_menus.Grises;
var
  i,j,k,z,C : integer;
begin
  for i := 0 to Ian-1 do begin
    for j := 0 to Ial-1 do
      begin
        z := 0;
        for k := 0 to 2 do z := z + mat[i,j,k];
        C:=z div 3;
        for k := 0 to 2 do matT[i,j,k] := C;
      end;
    end;
  copiaM(matT,mat);
end;

```

5.2.3 SENO / COSENO

Es posible construir una función que aclare a partir de la función *seno* en el intervalo $[0, \pi/2]$. Se selecciona este intervalo con el propósito de aprovechar que en él la función es monótona creciente. La transformación tiene la forma general:

$$z' = \mu \sin(kz) \quad (\text{Ecuación 5.7})$$

para realizar la normalización, pediremos que para $(z = \wedge) \Rightarrow (z' = \wedge)$. Dado que la función es uno en $\pi/2$, entonces $k = \frac{\pi}{2 \wedge}$.

Y $\mu = \wedge$, por lo tanto la función normalizada en el cuadrado $(0, \wedge) \times (0, \wedge)$ tendrá la forma:

$$z' = \wedge \sin\left(\frac{\pi z}{2 \wedge}\right) \quad (\text{Ecuación 5.8})$$

Su implementación es la siguiente:

```

procedure TForm_menus.Seno;
var
  i,j,k : Integer;
  p,C1 : Real;
begin
  C1 := PI/(2*255);
  for i:= 0 to Ian-1 do
    for j := 0 to Ial-1 do
      for k := 0 to 2 do begin
        p := mat[i,j,k]*C1;
        matT[i,j,k] := Round(255*sin(p));
      end;
    end;
  CopiaM(matT,mat);
end;

```

Para la transformación coseno, simplemente se sustituye por la función seno.

```

procedure TForm_menusup.Coseno;
var
  i,j,k : Integer;
  p,C1 : Real;
begin
  C1 := PI/(2*255);
  for i:= 0 to Ian-1 do
    for j := 0 to Ial-1 do
      for k := 0 to 2 do begin
        p := mat[i,j,k]*C1;
        matT[i,j,k] := Round(255*(1-cos(p)));
      end;
    CopiaM(matT,mat);
  end;
end;

```

5.2.4 LOGARITMO / EXPONENCIAL

La función logarítmica se conoce también como transformación de rango dinámico generalizada, introduciendo un parámetro α se puede modificar la curva de respuesta para incrementar el efecto de aclarado para los tonos oscuros. Su forma analítica es la siguiente.

$$z' = A \ln(\alpha z + 1), \alpha > 1, z \in [0, \wedge] \quad (\text{Ecuación 5.9})$$

Es claro que cuando $z=0 \Rightarrow z'=0$, para determinar A pediremos que $z'=\wedge$ cuando $z=\wedge$, de donde $A = \wedge / \ln(\alpha \wedge + 1)$. La razón del porque sumar uno a z en el argumento radica en el hecho que los valores de z comienzan en "cero" y para este valor el logaritmo no está definido.

Su implementación es la siguiente:

```

procedure TForm_menusup.Loga;
var
  i,j,k : Integer;
  p : Byte;
  C1 : Real;
begin
  C1 := 255/LnXP1(255);

  for i:= 0 to Ian-1 do
    for j := 0 to Ial-1 do
      for k := 0 to 2 do begin
        p := mat[i,j,k];
        matT[i,j,k] := Round(C1*LnXP1(p));
      end;
    copiaM(matT,mat);
  end;
end;

```

La función exponencial consiste en obtener un filtro de aclarado tomando la curva de carga de un condensador en un circuito RC en serie. La forma funcional es

$$z' = A(1 - e^{-\alpha/\wedge}), \text{ donde } \alpha > 0, z \in [0, \wedge] \quad (\text{Ecuación 5.10})$$

Es fácil verificar que en $z=0 \Rightarrow z'=0$. La función tiende a A cuando z crece, para determinar el valor de A pediremos que en $z=\wedge \Rightarrow z'=\wedge$, de donde $A=\wedge/(1 - e^{-\alpha})$.

Su implementación es la siguiente:

```

procedure TForm_menusup.Exponencial;
var
  i,j,k : Integer;
  p,C1 : Real;
begin
  C1 := 255/(exp(1)-1);
  for i:= 0 to Ian-1 do
    for j := 0 to Ial-1 do
      for k := 0 to 2 do begin
        p := mat[i,j,k]/255;
        matT[i,j,k] := Round(C1*(exp(p)-1));
      end;
    CopiaM(matT,mat);
  end;
end;

```

5.2.5 POTENCIA

La función potencia típica tiene pixeles perceptiblemente más brillante en el centro (en una frecuencia de cero) y una disminución gradual del brillo hacia el borde del cuadro. Una imagen original con poca estructura genera una imagen potencia con una referencia circular en el centro, también con poca estructura. Si hay puntos referencia al centro, esto puede indicar un patrón regular en la imagen original. Estos puntos pueden ser removidos de varias maneras usando filtros.

Su implementación es la siguiente:

```

procedure TForm_menusup.FPot(pp : String);
var
  i,j,k,s : Integer;
  pr,p : Double;
begin
  pr := 0.5;
  if length(pp) > 1
  then
    case pp[3] of
      '2' : pr := 0.5;
      '3' : pr := 1.0/3.0;
      '4' : pr := 0.25;
    end
  else pr := StrToFloat(pp);

  for i:= 0 to Ian-1 do
    for j := 0 to Ial-1 do
      for k := 0 to 2 do begin
        p := Power(mat[i,j,k]/255,pr);
        s := round(255*p);
        matT[i,j,k] := s;
      end;
    CopiaM(matT,mat);
  end;
end;

```

5.2.6 BINARIZACIÓN

Los filtros selectivos claro - oscuro tienen la característica de tratar a los tonos oscuros de manera inversa que a los tonos claros. Se pueden clasificar en dos grupos: de aumento o disminución del contraste

Los que aumentan el contraste tienen como caso extremo al *filtro de binarización* o de alto contraste. Éste modela una función de clasificación categórica con la forma:

$$z = \begin{cases} 0 & z < a \\ 1 & z \geq a \end{cases} \quad (\text{Ecuación 5.11})$$

Esta transformación convierte a la imagen en binaria o bitonal, en el cual aparecerán sólo los tonos blanco o negro.

Su implementación es la siguiente:

```

procedure TForm_menus.Binariza;
var
  i,j,k,med      : integer;
  Color,x       : Integer;
  negro,blanco  : Integer;
  Histo         : array[0..255] of integer;
begin
  // Transforma a Grises;
  for i:= 0 to Ian-1 do
    for j := 0 to Ial-1 do begin
      med := 0;
      for k := 0 to 2 do med := mat[i,j,k] + med;
      Copia8[i,j] := lo(med div 3);
    end;

  // Calcula Frecuencias
  for k := 0 to 255 do Histo[k] := 0;

  for i:= 0 to Ian-1 do
    for j := 0 to Ial-1 do begin
      k := Copia8[i,j];
      inc(Histo[k]);
    end;

  // Calcula la media
  med := Histo[0];
  for i := 1 to 255 do begin
    j := succ(i);
    med := j*Histo[i] + med;
  end;
  med := round(med/Ian/Ial) - 1;

  negro := $00;
  blanco := $FF;

  {Inicia el proceso de binarización}
  for i := 0 to Ian-1 do begin
    for j := 0 to Ial-1 do begin
      x := Copia8[i,j];

```

```

if x < med
  then Color := negro
  else Color := blanco;
for k := 0 to 2 do matT[i,j,k] := Color;
end;
end;
copiaM(matT,mat);
end;

```

5.2.7 ECUALIZACIÓN

Si se profundiza un poco más en el significado del histograma se observará que si se divide cada componente del mismo por el número total de pixels que tiene la imagen, se obtendrá una función de probabilidad (fdp) de cierto tono de gris en la imagen. Se puede hallar la función de distribución (FD) de esta fdp. Si se usa la FD como función de transferencia de la imagen de entrada, se obtendrá una imagen igualada o ecualizada.

Con la ecualización lo que se consigue es obtener un histograma más uniforme, distribuyéndose las gamas de tonos que más aparecen por todo el histograma. Esto logra un aumento del contraste en ciertas zonas de la imagen, resaltando detalles que antes no se veía. De hecho, si en vez de trabajar con variables discretas se trabajaran con continuas, lo que se obtiene sería una señal de salida con su histograma (continuo) plano.

La diferencia con una simple modificación del contraste además de mejores resultados es que tal y como está construida la función de transferencia, no se pierde información y por tanto siempre se puede recuperar la imagen original. Se podría decir que lo que se obtiene con la igualación es un aumento de contraste en las zonas de la imagen más necesarias.

Su implementación es la siguiente:

```

procedure TForm_menusoloecualiza(filtro: integer);
const
  numniv = 256;
var
  i,j,k,npix : integer;
  k1,k2      : integer;
  FA,Histo   : array [0..255] of integer;
  Tabla      : array [0..255] of byte;
  p,q        : byte;
  ff,ncolor  : real;
  ss         : String;
begin
  k1 := 0; k2 := 0;
  SetLength(Copia8,Ian, Ial);
  case filtro of
    0 : begin ss := 'Rojo'; k1 := 1; k2 := 2; end;
    1 : begin ss := 'Verde'; k1 := 0; k2 := 2; end;
    2 : begin ss := 'Azul'; k1 := 0; k2 := 1; end;
  end;
  // Copia el Plano de Trabajo [k]
  for i:= 0 to Ian-1 do
    for j := 0 to Ial-1 do begin
      Copia8[i,j ] := mat[i,j,filtro];
      matT[i,j,k1] := mat[i,j,k1];
      matT[i,j,k2] := mat[i,j,k2];
    end;

  // Calcula Frecuencias del plano de Trabajo
  for k := 0 to 255 do Histo[k] := 0; // limpia Histo[k]
  for i:= 0 to Ian-1 do

```

```

procedure TForm_menusoloecualiza(filtro: integer);
const
  numniv = 256;
var
  i,j,k,m,npix : integer;
  FA,Histo     : array [0..255,0..2] of integer;
  Tabla        : array [0..255,0..2] of byte;
  p,q          : byte;
  ff,ncolor    : real;
begin
  // Calcula Frecuencias de cada plano
  for k := 0 to 2 do
    for m := 0 to 255 do Histo[m,k] := 0;

  for k := 0 to 2 do
    for i:= 0 to Ian-1 do
      for j := 0 to Ial-1 do begin
        m := mat[i,j,k];
        inc(Histo[m,k]);
      end;

  // Evalua total de pixeles (ancho x alto)
  npix := Ian*Ial;

  {Construir Arreglo con Función Acumulativa}
  FA[0] := Histo[0];
  for k := 0 to 2 do
    for i := 1 to 255 do FA[i,k] := FA[pred(i),k] +
      Histo[i,k];

```

<pre> for j := 0 to Ial-1 do begin k := Copia8[i,j]; inc(Histo[k]); end; // Evalua total de pixeles (ancho x alto) npix := Ian*Ial; {Construir Arreglo con Función Acumulativa} FA[0] := Histo[0]; for i := 1 to 255 do FA[i] := FA[pred(i)] + Histo[i]; {Crear tabla de conversión} ff := numniv/npix; for i := 0 to 255 do begin ncolor := ff*FA[i]; j := round(ncolor)-1; j := Max(j,0); Tabla[i] := j; end; for i:= 0 to Ian-1 do begin for j := 0 to Ial-1 do begin {Procesando el Plano correspondiente} p := Copia8[i,j]; q := Tabla[p]; {Componiendo el nuevo Pixel} matT[i,j,filtr] := q; end; end; copiaM(matT,mat); end; </pre>	<pre> {Crear tabla de conversión} ff := numniv/npix; for k := 0 to 2 do for m := 0 to 255 do begin ncolor := ff*FA[m,k]; j := round(ncolor)-1; j := Max(j,0); Tabla[m,k] := j; end; for k := 0 to 2 do for i:= 0 to Ian-1 do begin for j := 0 to Ial-1 do begin {Procesando el Plano correspondiente} p := mat[i,j,k]; q := Tabla[p,k]; {Componiendo el nuevo Pixel} matT[i,j,k] := q; end; end; end; copiaM(matT,mat); end; </pre>
---	--

5.3 OPERACIONES ORIENTADAS A LA REGIÓN

La aplicación de estos filtros se basa en la inspección de los vecinos de un pixel y una máscara, dada la vecindad de $p[i, j]$ como se muestra en la figura 5.3.1:

$p[i-1, j-1]$	$p[i, j-1]$	$p[i+1, j-1]$
$p[i-1, j]$	$p[i, j]$	$p[i+1, j]$
$p[i-1, j+1]$	$p[i, j+1]$	$p[i+1, j+1]$

Figura 5.6. Inspección de vecinos de $p[i, j]$

Donde los valores $p[i, j]$ representan el tono correspondiente a la coordenada (i, j) en la imagen de grises o bien a cada plano de color de una imagen RGB.

Así si la máscara del filtro esta dada por:

$$m = A \begin{pmatrix} m[i-1, j-1] & m[i, j-1] & m[i+1, j+1] \\ m[i-1, j] & m[i, j] & m[i, j+1] \\ m[i-1, j+1] & m[i, j+1] & m[i+1, j+1] \end{pmatrix} \quad \text{(Ecuación 5.12)}$$

Donde A se denomina peso de la transformación.

Al aplicar la máscara m sobre $p[i, j]$, se sustituye el tono del pixel $p[i, j]$ por la ecuación 5.13:

$$p[i, j] \leftarrow A \sum_{j=-1}^1 \sum_{i=-1}^1 p[i, j] m[i, j] \quad (\text{Ecuación 5.13})$$

A esta familia de máscaras se les llama máscaras de 3x3 por la dimensión de la matriz que las define. De igual forma se puede construir máscaras de 5x5 y otras dimensiones.

5.3.1 GRADIENTE

Gradiente en Valor Absoluto (L1). Se calcula la combinación de las dos derivadas.

$$z_1 \leftarrow |z_2 - z_1| + |z_3 - z_1| \quad (\text{Ecuación 5.14})$$

debe tenerse cuidado cuando las dos diferencias correspondan al máximo (*max*) del tono en la escala de trabajo, lo cual es válido para una operación sobre grises o para un plano de color (RGB). Es claro que de haber una diferencia de esta clase en ambas direcciones (X e Y) la sustitución puede saturar el nivel permitido (*max*), ya que el resultado será 2 max . Por lo tanto una corrección que debemos hacer es incluir un factor para evitar la saturación. La expresión para hallar los bordes en las dos direcciones será entonces:

$$z_1 \leftarrow \frac{1}{2} (|z_2 - z_1| + |z_3 - z_1|) \quad (\text{Ecuación 5.15})$$

o bien usando un operador bit a bit:

$$z_1 \leftarrow |z_2 - z_1| \text{ OR } |z_3 - z_1| \quad (\text{Ecuación 5.16})$$

Este segundo método no requiere el factor de normalización.

Su implementación es la siguiente:

```

procedure TForm_menus.GradL1;
var   i,j,k,z1,z2,z3,z4,i1,j1 : Integer;
begin
  for i:= 0 to Ian-2 do begin
    i1 := succ(i);
    for j := 0 to Ial-2 do begin
      j1 := succ(j);
      for k := 0 to 2 do begin
        z1 := mat[i1,j,k];
        z2 := mat[i,j,k];
        z3 := mat[i,j,j1,k];
        z4 := mat[i,j1,k];
        matT[i,j,k] := lo((abs(z2-z1) + abs(z4-z3)) shr 1);
      end;
    end;
  end;
  copiaM(matT,mat);
end;

```

Gradiente con Cuadrados (L2). Se calcula la combinación de las dos derivadas mediante la norma L2 del gradiente:

$$z_1 \leftarrow 0.7071\sqrt{(z_2 - z_1)^2 + (z_3 - z_1)^2} \quad (\text{Ecuación 5.17})$$

donde el factor de peso 0.7071 corresponde a la normalización de $\frac{1}{\sqrt{2}}$ para evitar la saturación.

Su implementación es la siguiente:

```

procedure TForm_menus.GradL2;
var   i,j,k,z1,z2,z3,z4,i1,j1 : Integer;
      zz                       : Real;
begin
  for i:= 0 to Ian-2 do begin
    i1 := succ(i);
    for j := 0 to Ial-2 do begin
      j1 := succ(j);
      for k := 0 to 2 do begin
        z1 := mat[i1,j ,k];
        z2 := mat[i,j,k];
        z3 := mat[i,j ,k];
        z4 := mat[i,j1,k];

        zz := sqrt(sqr(z2-z1) + sqr(z4-z3)) /2.0;
        matT[i,j,k] := Round(zz);
      end;
    end;
  end;
  copiaM(matT,mat);
end;

```

5.3.2 LAPLACIANO

Éste es un filtro de paso alto que remueve los cambios finos y resalta los cambios bruscos, su forma es:

$$\begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} \quad (\text{Ecuación 5.18})$$

Puede verse que la suma de los términos es cero, por lo cual se acostumbra no usar un peso. Mas en general se debe tener cuidado con la saturación y prever el caso cuando el filtro arroje valores mayores que el máximo tono permitido.

Un ejemplo de su implementación es la siguiente:

```

procedure TForm_menus.LaplaceP;
begin
  Filtro3x3( 0, -1, 0,
            -1, 4, -1,
            0, -1, 0,
            1,
            'Laplaciano +');
end;

```

```

procedure TForm_menus.LaplaceX;
begin
  Filtro3x3( -1, 0, -1,
            0, 4, 0,
            -1, 0, -1,
            1,
            'Laplaciano X');
end;

```

```

procedure TForm_menus.filtro3x3(a11,a12,a13,
                                a21,a22,a23,
                                a31,a32,a33,
                                pp: Real; TT : String);
var
  i,j : integer;
  pr,pg,pb : Integer;
  rr,rg,rb : Real;
begin
  {Filtros de 3x3}
  {Forma Matriz}
  mat33[1,1]:=a11; mat33[1,2]:=a12; mat33[1,3]:=a13;
  mat33[2,1]:=a21; mat33[2,2]:=a22; mat33[2,3]:=a23;
  mat33[3,1]:=a31; mat33[3,2]:=a32; mat33[3,3]:=a33;
  {Inicia el proceso}
  for i := 0+1 to lAn-2 do begin
    for j := 0+1 to lAl-2 do begin
      OperaMat3X3(rr,i,j,0); pr := Round(rr * pp); enmarca(pr);
      OperaMat3x3(rg,i,j,1); pg := Round(rg * pp); enmarca(pg);
      OperaMat3x3(rb,i,j,2); pb := Round(rb * pp); enmarca(pb);

      MatT[i,j,0] := lo(pr);
      MatT[i,j,1] := lo(pg);
      MatT[i,j,2] := lo(pb);
    end;
  end;
  copiaM(matT,mat);
end;

```

5.3.3 ROBERTS

Se calcula la combinación de las dos derivadas, pero en diagonal. Estas se llaman derivadas cruzadas. Se pueden usar la norma L1 o bien la L2 para el gradiente, en norma L1 tendremos,

$$z_1 = \frac{1}{2} \left(|z_4 - z_1| + |z_3 - z_2| \right) \quad \text{(Ecuación 5.19)}$$

y en norma L2

$$z_1 = 0.7071 \sqrt{(z_4 - z_1)^2 + (z_3 - z_2)^2} \quad \text{(Ecuación 5.20)}$$

La ventaja de esta definición es que se toman los cuatro pixeles del entorno, pues en la implementación simple el pixel z_4 no participa en el cálculo de la derivada.

Sus modalidades de implementación son las siguientes:

<pre> procedure TForm_menusup.Roberts45P; var i,j,i1,j1 : Integer; p,q : Byte; begin for i:= 0+1 to Ian-2 do begin i1 := succ(i); for j := 0+1 to Ial-2 do begin j1 := succ(j); {Procesando el Azul} p := mat[i1,j1,0]; q := mat[i,j,0]; matT[i,j,0] := Abs(p-q); {Procesando el Verde} p := mat[i1,j1,1]; q := mat[i,j,1]; matT[i,j,1] := Abs(p-q); {Procesando el Rojo} p := mat[i1,j1,2]; q := mat[i,j,2]; matT[i,j,2] := Abs(p-q); end; end; copiaM(matT,mat); end; </pre>	<pre> Procedure TForm_menusup.Roberts45N; var i,j,i1,j1 : Integer; p,q : Byte; begin for i:= 0+1 to Ian-2 do begin i1 := succ(i); for j := 0+1 to Ial-2 do begin j1 := succ(j); {Procesando el Azul} p := mat[i,j1,0]; q := mat[i1,j,0]; matT[i,j,0] := Abs(p-q); {Procesando el Verde} p := mat[i,j1,1]; q := mat[i1,j,1]; matT[i,j,1] := Abs(p-q); {Procesando el Rojo} p := mat[i,j1,2]; q := mat[i1,j,2]; matT[i,j,2] := Abs(p-q); end; end; copiaM(matT,mat); end; </pre>	<pre> procedure TForm_menusup.RobertsG; var i,j,i1,j1,p : Integer; p1,p2,p3,p4 : Byte; begin for i:= 0+1 to Ian-2 do begin i1 := succ(i); for j := 0+1 to Ial-2 do begin j1 := succ(j); {Procesando el Azul} p1 := mat[i ,j ,0]; p2 := mat[i1,j ,0]; p3 := mat[i ,j1,0]; p4 := mat[i1,j1,0]; p := Abs(p1-p4) + Abs(p2-p3); matT[i,j,0] := p SHR 1; {Procesando el Verde} p1 := mat[i ,j ,1]; p2 := mat[i1,j ,1]; p3 := mat[i ,j1,1]; p4 := mat[i1,j1,1]; p := Abs(p1-p4) + Abs(p2-p3); matT[i,j,1] := p SHR 1; {Procesando el Rojo} p1 := mat[i ,j ,2]; p2 := mat[i1,j ,2]; p3 := mat[i ,j1,2]; p4 := mat[i1,j1,2]; p := Abs(p1-p4) + Abs(p2-p3); matT[i,j,2] := p SHR 1; end; end; copiaM(matT,mat); end; </pre>
---	---	--

5.3.4 PREWITT

Este operador se define para entornos de 3x3 y se basa en una aproximación de la derivada, la idea es tomar varios pixeles alrededor y tener un valor medio para la derivada con mas información de los vecinos. Las máscaras son, para los bordes en X a la derecha y a la izquierda, respectivamente:

$$D_x = A \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad D_x = A \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix} \quad (\text{Ecuación 5.21})$$

y para los bordes en Y,

$$D_y = A \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad D_y = A \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \quad (\text{Ecuación 5.22})$$

Es claro que se puede también aplicar las dos máscaras mediante una combinación.

Su implementación es la siguiente:

```

procedure TForm_menus.PrewittI;
begin
  Filtro3x3( 1, 0, -1,
            1, 0, -1,
            1, 0, -1,
            1,
            'Prewitt Izquierdo');
end;

procedure TForm_menus.PrewittD;
begin
  Filtro3x3( -1, 0, 1,
            -1, 0, 1,
            -1, 0, 1,
            1,
            'Prewitt Derecho');
end;

procedure TForm_menus.filtro3x3(a11,a12,a13,
                                a21,a22,a23,
                                a31,a32,a33,
                                pp: Real; TT : String);
var
  i,j : integer;
  pr,pg,pb : Integer;
  rr,rg,rb : Real;
begin
  {Filtros de 3x3}
  {Forma Matriz}
  mat33[1,1]:=a11; mat33[1,2]:=a12; mat33[1,3]:=a13;
  mat33[2,1]:=a21; mat33[2,2]:=a22; mat33[2,3]:=a23;
  mat33[3,1]:=a31; mat33[3,2]:=a32; mat33[3,3]:=a33;
  {Inicia el proceso}
  for i := 0+1 to Ial-2 do begin
    for j := 0+1 to Ial-2 do begin
      OperaMat3X3(rr,i,j,0); pr := Round(rr * pp); enmarca(pr);
    end;
  end;
end;

```

```

OperaMat3x3(rg,i,j,1); pg := Round(rg * pp); enmarca(pg);
OperaMat3x3(rb,i,j,2); pb := Round(rb * pp); enmarca(pb);

MatT[i,j,0] := lo(pr);
MatT[i,j,1] := lo(pg);
MatT[i,j,2] := lo(pb);
end;
end;
copiaM(matT,mat);
end;

```

5.3.5 SOBEL

Analiza la tonalidad existente entre *pixeles* vecinos en la imagen, con lo que al detectar un cambio significativo (umbral a ser superado) de intensidad, asume la existencia de una discontinuidad en esa parte de la escena, evento que generalmente se asocia a la presencia de un contorno en la superficie.

```

procedure TForm_menusobel;
var
  i,j,i1,j1,i2,j2,p : Integer;
  z1,z2,z3,z4      : Integer;
begin
  for i:= 0+1 to Ian-2 do begin
    i1 := succ(i);
    i2 := pred(i);
    for j := 0+1 to Ial-2 do begin
      j1 := succ(j);
      j2 := pred(j);
      {Procesando el Azul}
      z1 := mat[i2,j1,0]+2*mat[i,j1,0]+mat[i1,j1,0];
      z2 := mat[i2,j2,0]+2*mat[i,j2,0]+mat[i1,j2,0];
      z3 := mat[i1,j2,0]+2*mat[i,j,0]+mat[i1,j1,0];
      z4 := mat[i2,j2,0]+2*mat[i2,j,0]+mat[i2,j1,0];
      p := Abs(z1 - z2) + Abs(z3 - z4);
      matT[i,j,0] := lo(p SHR 1);
      {Procesando el Verde}
      z1 := mat[i2,j1,1]+2*mat[i,j,1]+mat[i1,j1,1];
      z2 := mat[i2,j2,1]+2*mat[i,j2,1]+mat[i1,j2,1];
      z3 := mat[i1,j2,1]+2*mat[i,j,1]+mat[i1,j1,1];
      z4 := mat[i2,j2,1]+2*mat[i2,j,1]+mat[i2,j1,1];
      p := Abs(z1 - z2) + Abs(z3 - z4);
      matT[i,j,1] := lo(p shr 1);
      {Procesando el Rojo}
      z1 := mat[i2,j1,2]+2*mat[i,j,2]+mat[i1,j1,2];
      z2 := mat[i2,j2,2]+2*mat[i,j2,2]+mat[i1,j2,2];
      z3 := mat[i1,j2,2]+2*mat[i,j,2]+mat[i1,j1,2];
      z4 := mat[i2,j2,2]+2*mat[i2,j,2]+mat[i2,j1,2];
      p := Abs(z1 - z2) + Abs(z3 - z4);
      matT[i,j,2] := lo(p shr 1);
    end;
  end;
  copiaM(matT,mat);
end;

```

5.4 BATERÍAS.

Al cambiar f la transformación será diferente. Si definimos la composición de transformaciones de la manera habitual, tendremos que:

$$f_1 \circ f_2(I) = f_1(f_2(I)) \quad (\text{Ecuación 5.23})$$

En general, al aplicar dos transformaciones a una imagen en diferente orden no se debe esperar que la imagen resultante sea la misma, es decir, la composición de transformaciones no es conmutativa, simbólicamente tendremos que:

$$f_1 \circ f_2(I) \neq f_2 \circ f_1(I) \quad (\text{Ecuación 5.24})$$

Se define una *batería* o *serie* de transformaciones f_k mediante la composición de ella. Muchas de las operaciones de mejora de la imagen, detección de bordes, etc., se definen como una batería. El sentido de ésta es similar a la composición de las funciones que generan cada transformación.

Sean f_1, f_2, \dots, f_n las funciones que definen cada proceso sobre la imagen, entonces la transformación compuesta o batería será:

$$F(I) = f_1 \circ f_2 \circ \dots \circ f_n(I) = f_1(f_2(\dots f_{n-1}(f_n(I))\dots)) \quad (\text{Ecuación 5.25})$$

Gráficamente podemos representar el proceso de transformación múltiple mediante celdas, donde cada celda representa una transformación o filtro. La figura 5.7 ilustra la situación:



Figura 5.7. Representación gráfica de la composición de procesos.

CAPÍTULO 6. PRUEBAS

En esta sección se mostrarán algunas de los procesos más importantes que considera el sistema de Hospital Digital. Se darán de alta algunos registros y se mostrará la información que se almacene para verificar que el sistema cumple con su función.

Como se mencionó en capítulos anteriores, para el correcto funcionamiento del sistema se deberán considerar los requisitos mínimos de hardware y software. Específicamente para esta prueba se utilizó el siguiente equipo (que puede ser fácilmente mejorado) y software:

- Una computadora pentium III a 133 Mhz, con 256 Mb de memoria RAM, y con discos duros de 10 Gb de almacenamiento que actuó como servidor de base de datos. Este servidor tiene instalado el sistema operativo Linux Mandrake 9.2 y el sistema manejador MySQL 4.0.14.
- Un servidor SUN Enterprise 250 con sistema operativo Solaris 8, teniendo activado el servicio FTP. Este equipo operó como servidor de directorios para el almacenamiento de imágenes. Cabe aclarar que este servidor puede ser sustituido por una computadora de las mismas características del servidor anterior, para hacer mas costeable la propuesta.
- Dos computadoras que actuaron como estaciones de trabajo las cuales tienen instalado el programa Hospital Digital como clientes. Éstas, como mínimo, deberán tener monitores SVGA a color. De ser necesario, en una computadora cliente se tendrá conectado un scanner que simulará al equipo de adquisición o de radiología, para su posterior digitalización y procesamiento de imágenes.
- Todos los equipos de cómputo están conectados a la red o intranet. Para la presente prueba se trabajó en la red del Instituto Tecnológico de Tehuacán. Se deberá considerar que si se requiere acceder al sistema de manera remota, se deberá tener acceso a una internet de alta velocidad.

La entrada al sistema está centralizada en una ventana principal que muestra su menú principal y accesos directos de una barra de herramientas, como se muestra en la figura 6.1.

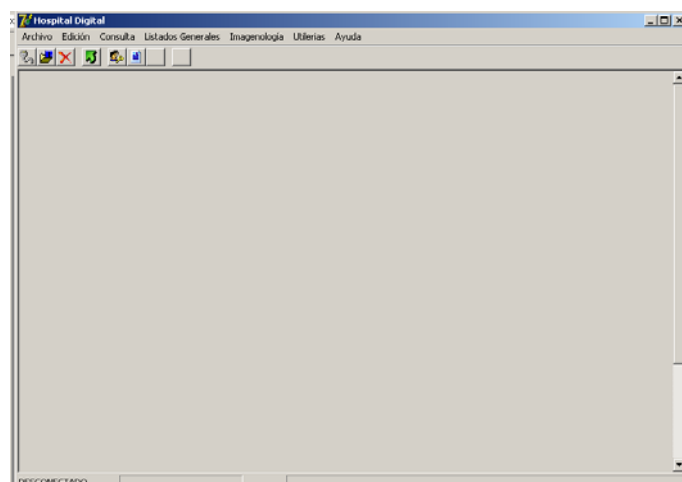


Figura 6.1. Acceso principal al sistema

6.1 ACCESO DE USUARIO

El acceso de usuario es controlado por administrador de bases de datos (DBA), en este caso, a través del sistema manejador de bases de datos en la tabla user. Cada vez que se agregan otros usuarios, el DBA deberá darlos de alta en su base de datos. Todo lo anterior es con el fin de dar mayor seguridad al acceso a los datos.

Iniciado el sistema, un formulario (figura 6.2) pregunta por el nombre de usuario y su contraseña (acceso al servidor 1). También se pregunta por la dirección del servidor FTP (acceso al servidor 2), su acceso de usuario, su contraseña y el directorio de trabajo.

Estos dos formularios especiales, pueden ser configurados por el administrador del sistema, los usuarios finales no deberán tener acceso a esta información.

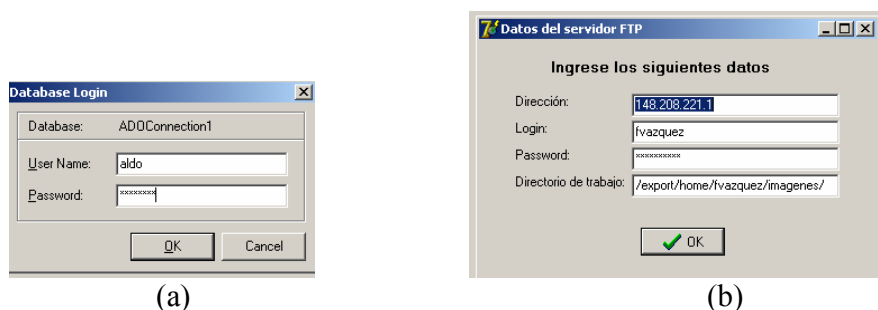


Figura 6.2. (a) Acceso al servidor de base de datos, (b) Acceso al servidor FTP.

En caso de que se ingresen datos falsos de manera arbitraria o erróneos, el sistema no permitirá el acceso a dicha persona, como se muestra en la figura 6.3.

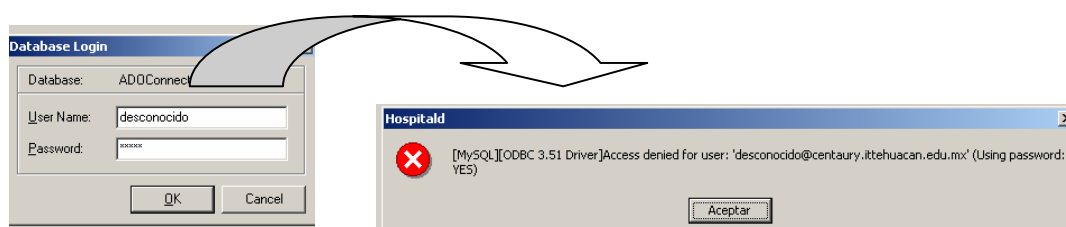


Figura 6.3. Acceso no permitido al sistema.

6.2 ACCESO A LA INFORMACIÓN DE BASE DE DATOS.

La información general que maneja el sistema Hospital Digital, como son: pacientes, médicos, consultorios, fichas, imagenología e historia clínica, se guarda por medio de formularios estándar a la base de datos HD en MySQL.

La figura 6.4 muestra cómo efectivamente, se actualizaron los datos de un paciente en el sistema y los cambios se almacenaron en la base de datos HD.

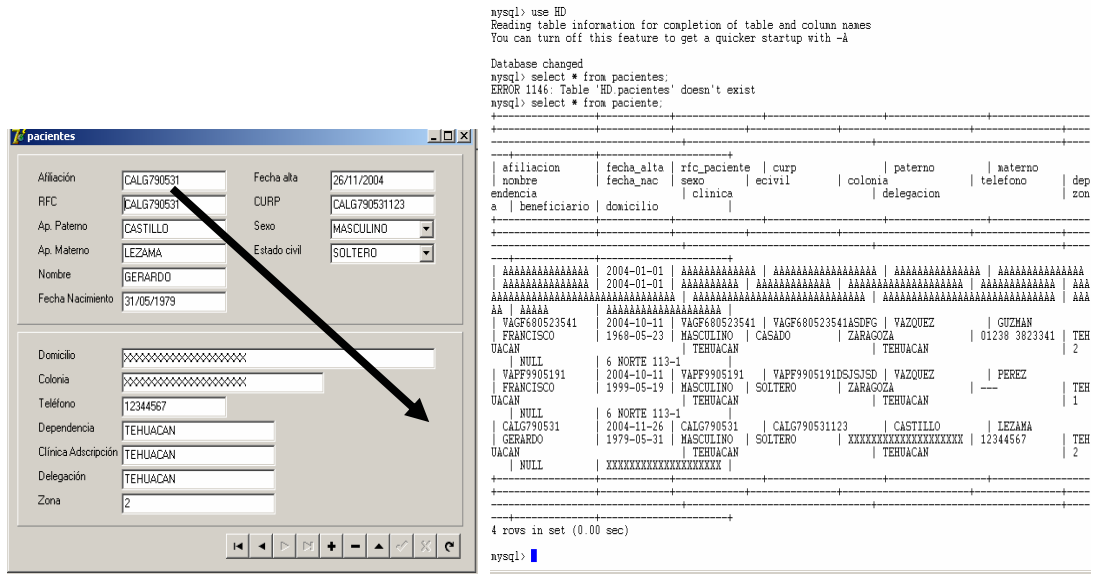


Figura 6.4. Comprobación de almacenamiento de datos.

En la figura 6.5 se muestra como los datos pueden revisarse en el módulo de consultas generales del sistema.

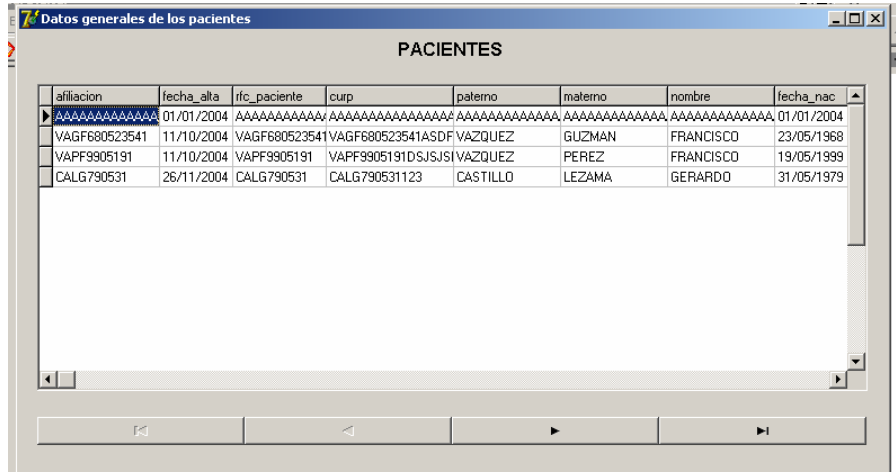


Figura 6.5. Formulario de consultas de pacientes.

6.3 ACCESO AL SERVIDOR DE IMÁGENES.

El laboratorio de imagenología tendrá, en teoría, una terminal de acceso al sistema para actualizar los datos de los pacientes que soliciten este tipo de estudios. Normalmente debe existir un técnico o especialista en imagenología asignado a este laboratorio, que será quien trabaje con este módulo. La figura 6.6 muestra la captura del diagnóstico al paciente y el sistema guardará la imagen, de manera transparente, en el servidor de FTP configurado con anterioridad.

Al seleccionar el botón de 'Abrir imagen', se muestra una ventana de diálogo con la que el capturista seleccionará la imagen creada con anterioridad (figura 6.7).

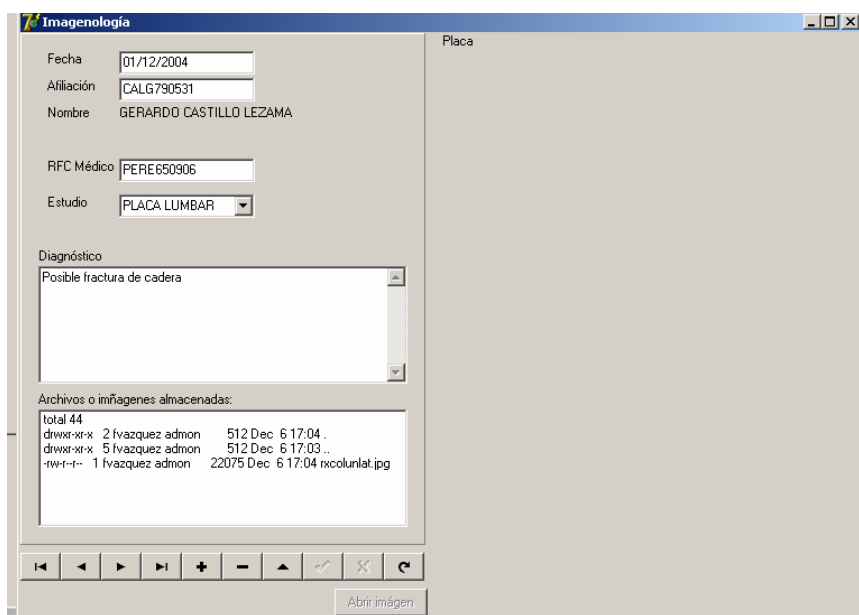


Figura 6.6. Módulos registro de datos

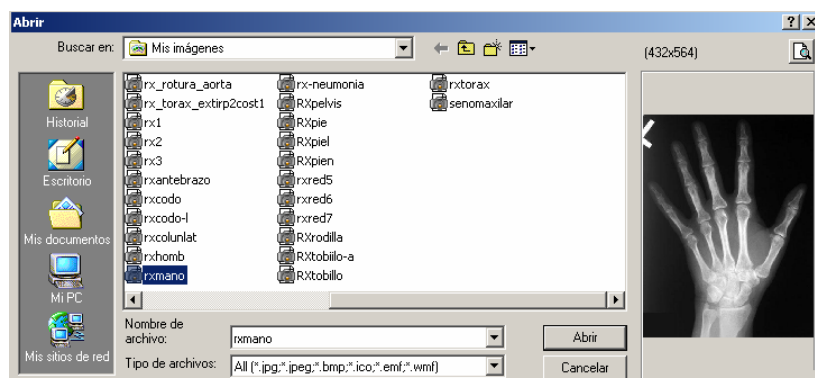


Figura 6.7. Ventana de diálogo para seleccionar un archivo de imagen

Una vez seleccionado el archivo correspondiente, se muestra la imagen (figura 6.8) y se guarda en el servidor remoto con el botón de la barra de botones de navegación.

De manera similar, cuando posteriormente el médico consulte los estudios de imagenología del paciente, usará el módulo “Abrir expediente de Imagenología”, como se muestra en la figura 6.9, identificará el archivo correspondiente y lo seleccionará. Inmediatamente se mostrará en una ventana nueva la imagen para su posterior procesamiento mediante filtros o baterías.



Figura 6.8. Guardar en el expediente de imagenología.

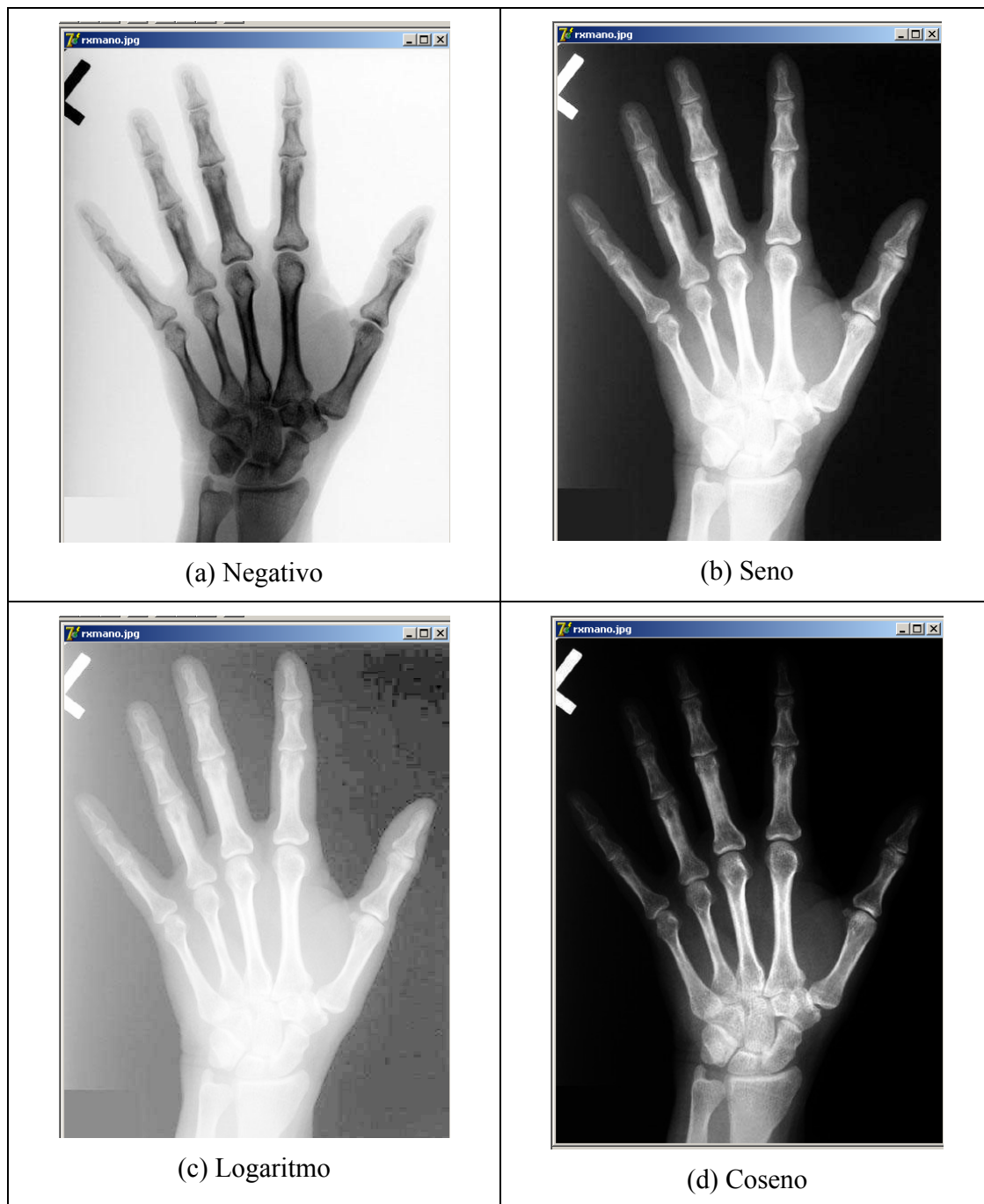


Figura 6.9. Abrir una imagen del expediente de imagenología.

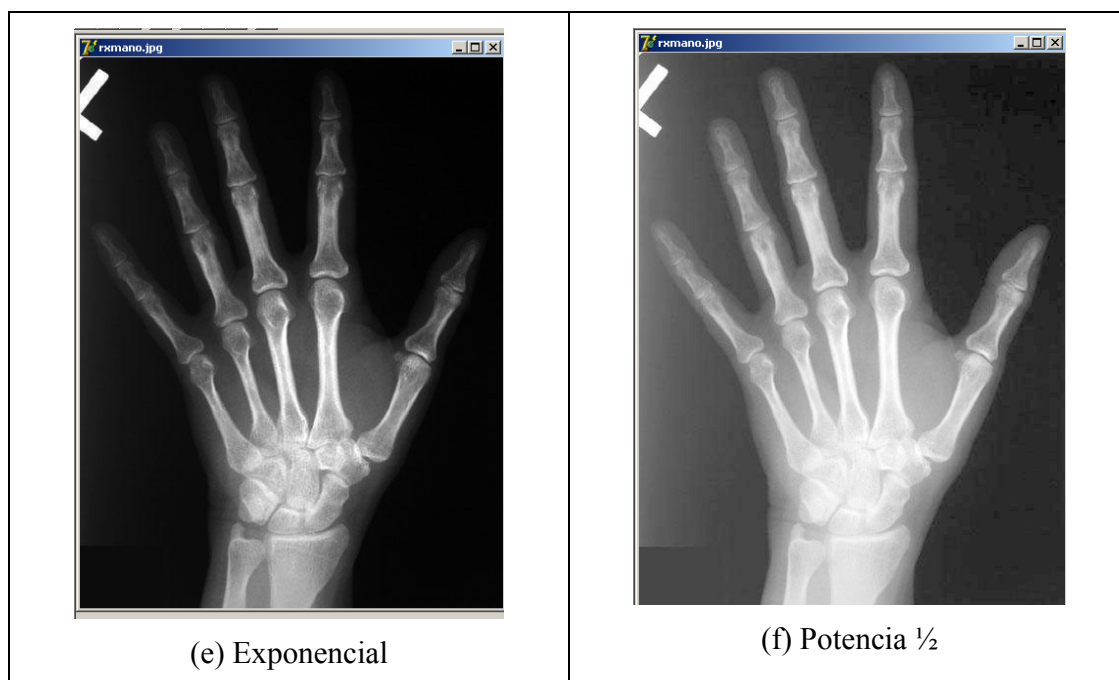
6.4 PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES.

Una vez que el médico carga la imagen del paciente, puede hacer uso de las distintas opciones de filtrado, para su mejor observancia y diagnóstico médico.

A continuación se muestran cada una de las transformaciones de la imagen original. En este caso, el cuadro 6.10 muestra las modalidades de los filtros básicos.

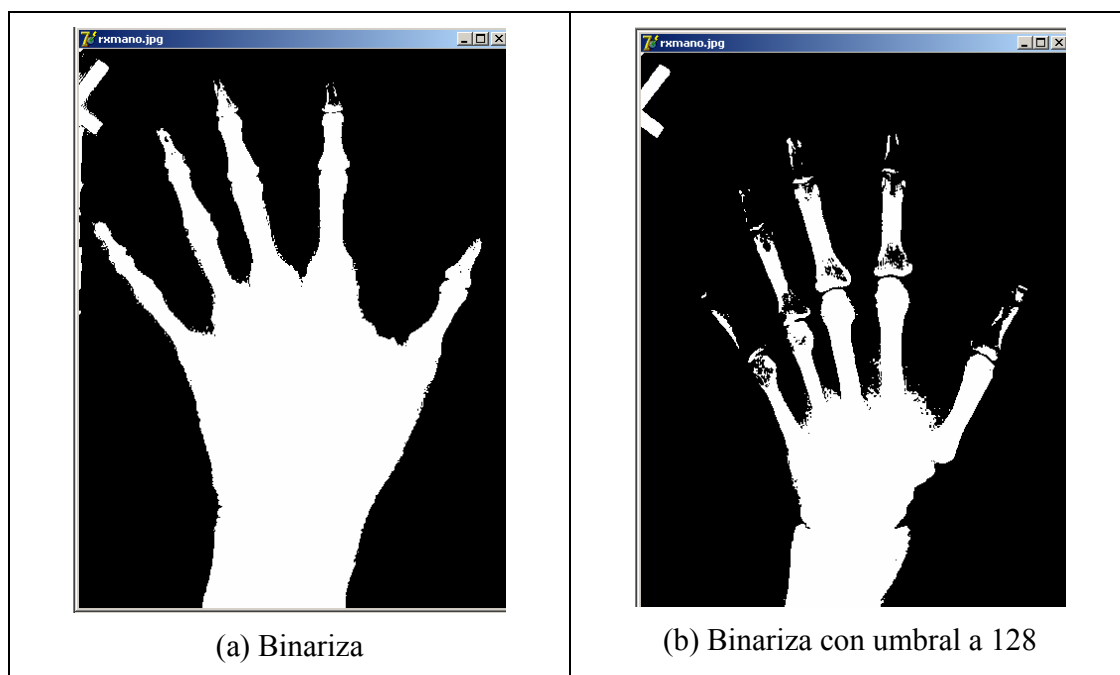


Cuadro 6.10. Filtros básicos (continúa).

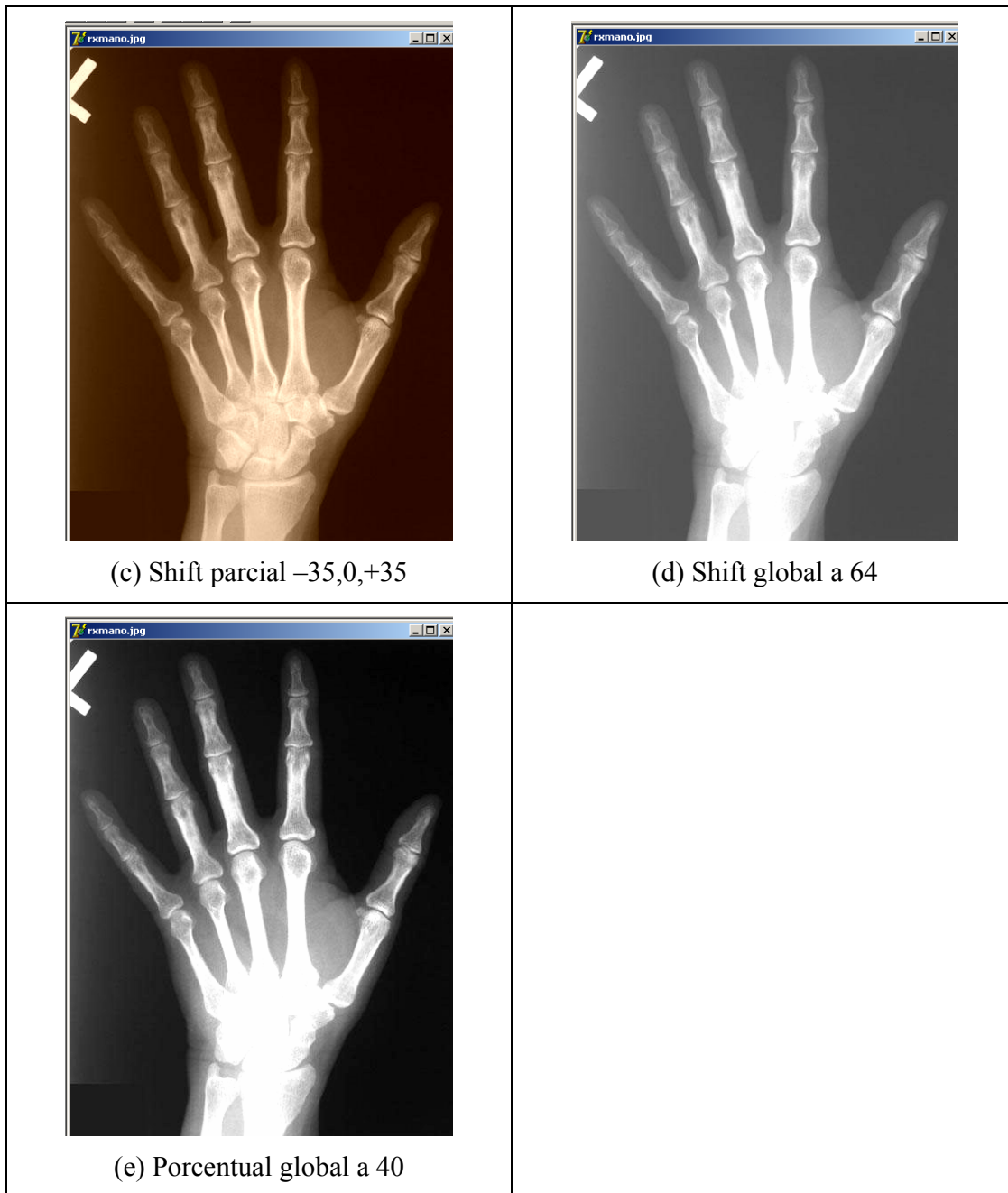


Cuadro 6.10. Filtros básicos (fin).

El cuadro 6.11 muestra las distintas opciones de los filtros puntuales.

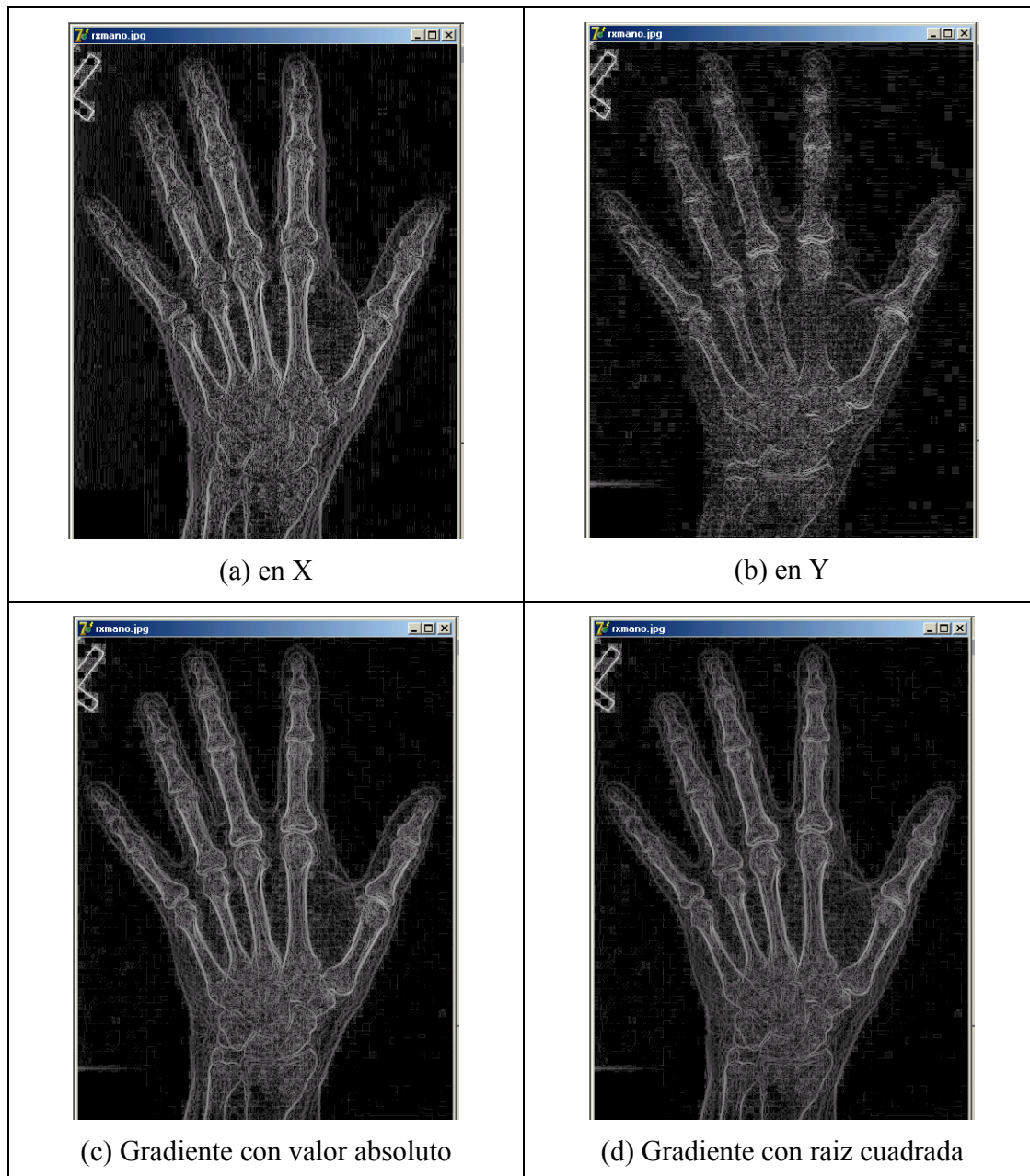


Cuadro 6.11. Filtros puntuales (continúa).

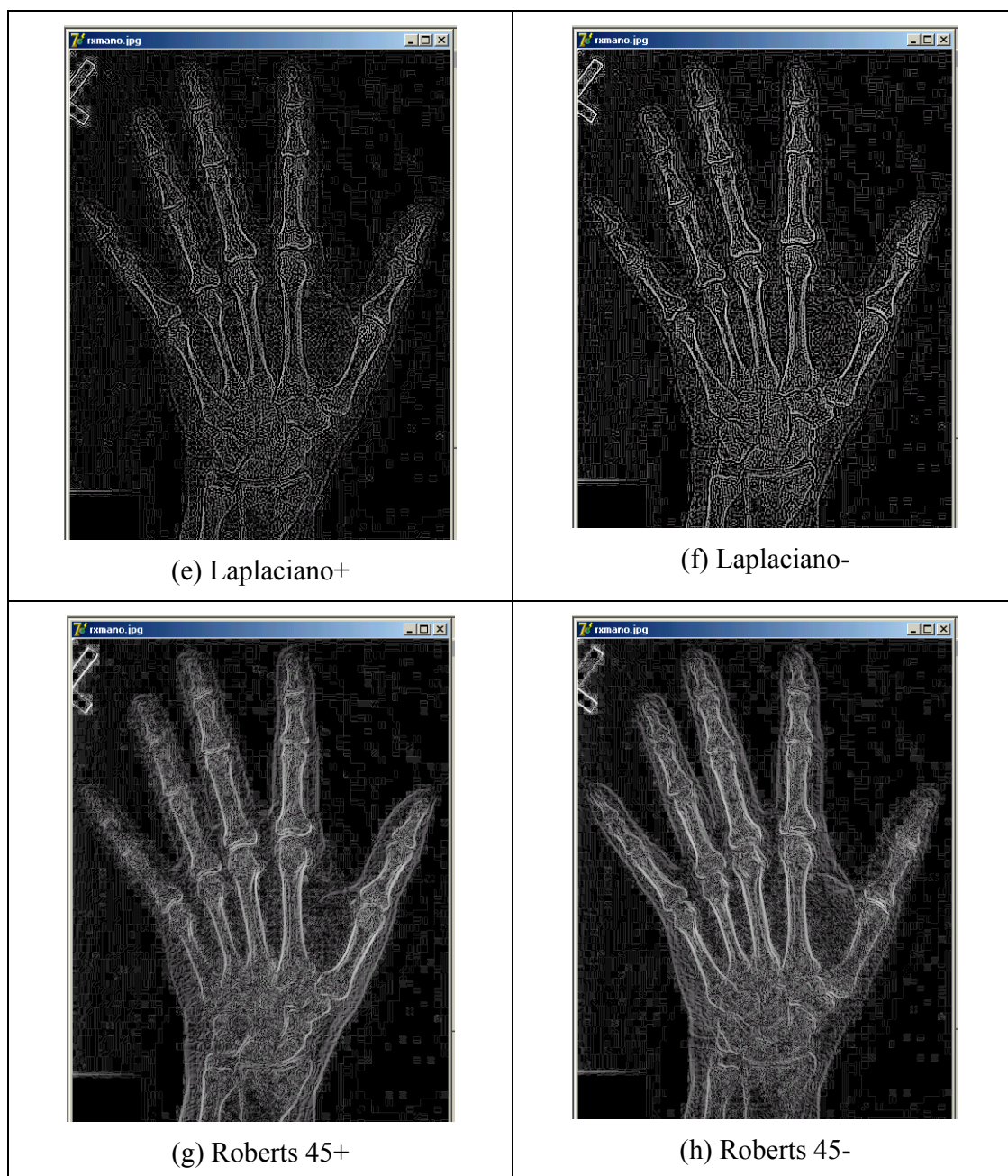


Cuadro 6.11 Filtros puntuales (fin).

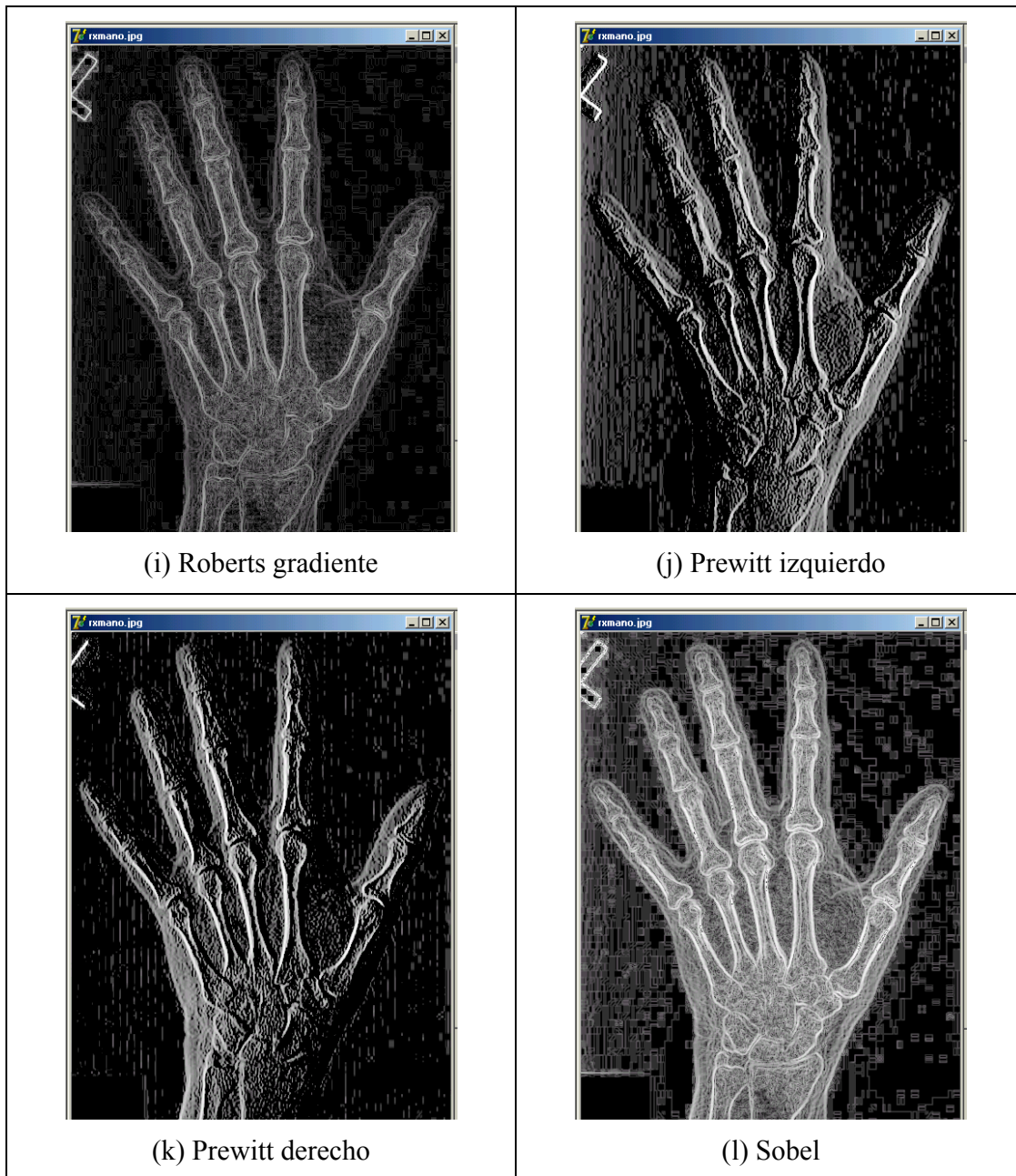
El cuadro 6.12 que se muestra a continuación, ofrece las opciones de filtros para la detección de bordes (con un filtro logarítmico posterior).



Cuadro 6.12. Filtros para la detección de bordes (continúa).

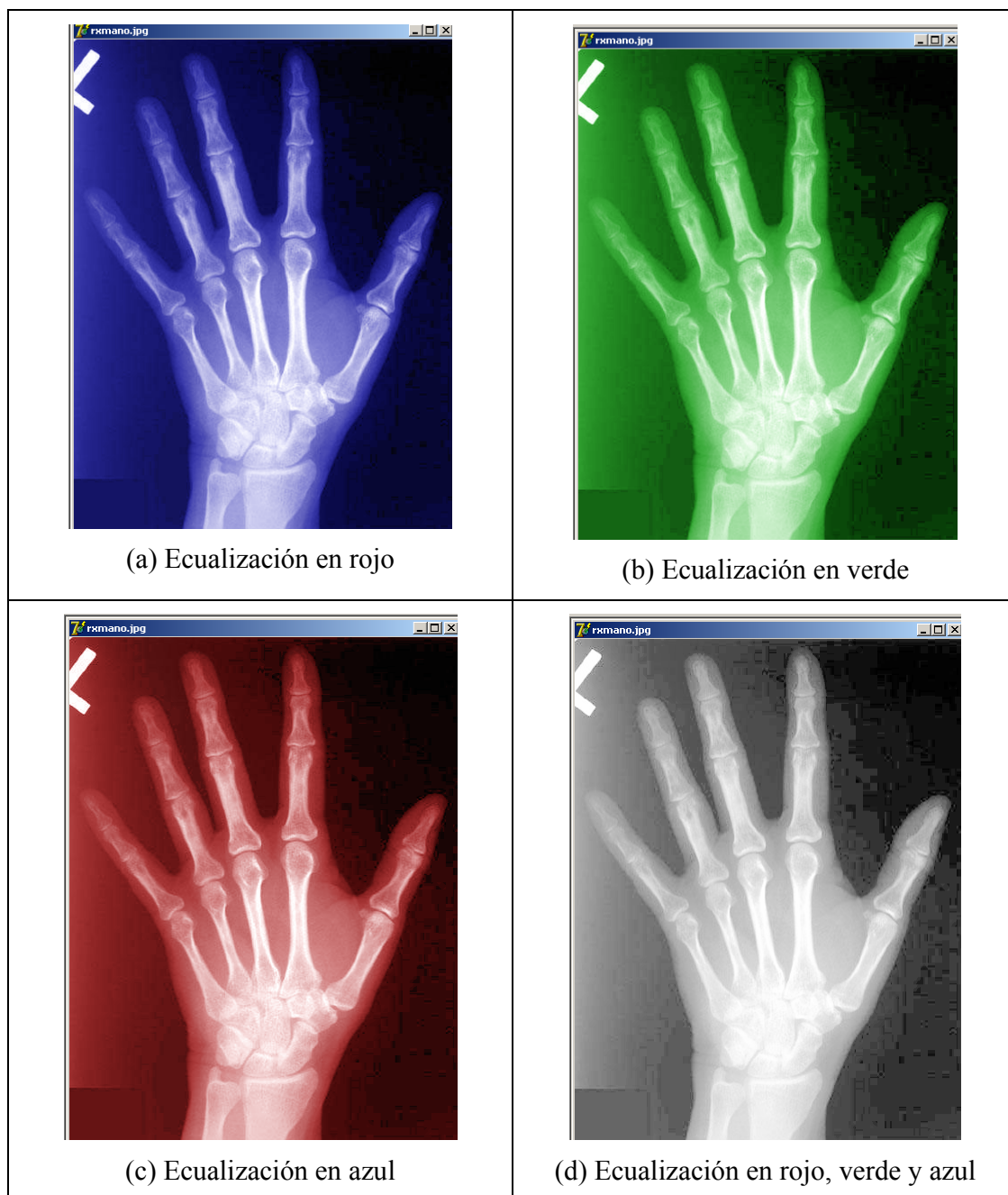


Cuadro 6.12. Filtros para la detección de bordes (continúa).



Cuadro 6.12. Filtros para la detección de bordes (fin).

El cuadro 6.13 que se muestra a continuación, ofrece las opciones de filtros para ecualización.



Cuadro 6.13. Filtros de ecualización.

6.5 BATERÍAS

Como se mencionó en el capítulo 5, es posible definir y aplicar una serie de transformaciones a una imagen. Muchas de las operaciones de mejora, detección de bordes, aplicación de contrastes, en general, transformaciones aplicadas a la imagen de manera secuencial se define como batería. Se debe

tener en cuenta que el orden de las transformaciones que componen a la batería es importante y no es conmutativa.

En el sistema se deberá tener abierta una imagen de un paciente. Al seleccionar en el menú principal la opción “imagenología”, se elige “abrir y procesar batería” para abrir un archivo con extensión brx, que en este caso, corresponden a las baterías prediseñadas, como se muestra en la figura 6.14.

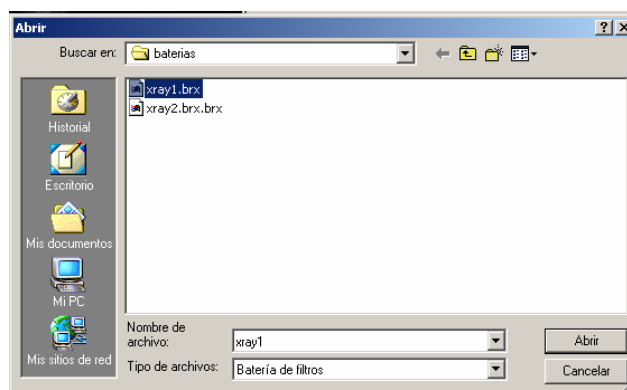


Figura 6.14. Ventana de diálogo para abrir baterías prediseñadas.

Posterior a esto, el sistema aplica las series de transformaciones sobre la imagen. Por ejemplo, una batería que contenga los filtros: Shift Parcial con los parámetros $-35,0,+35$, ecualización en rojo, gradiente L2, logaritmo, negativo y ecualización en todos los colores (RGB); da como resultado la imagen de la figura 6.15:

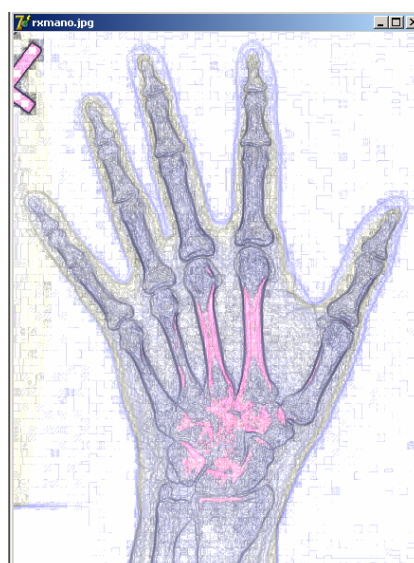


Figura 6.15. Aplicación de una batería a la imagen original.

La figura 6.16 muestra el formulario donde se elijen los filtros adecuados para el diseño de baterías. Este proceso conlleva a un entrenamiento de para seleccionar los filtros y transformaciones adecuadas. Para conservar el diseño se guarda la batería en un archivo con extensión brx (figura 6.17).

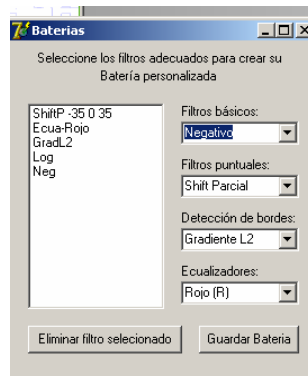


Figura 6.16. Formulario para el diseño de baterías.

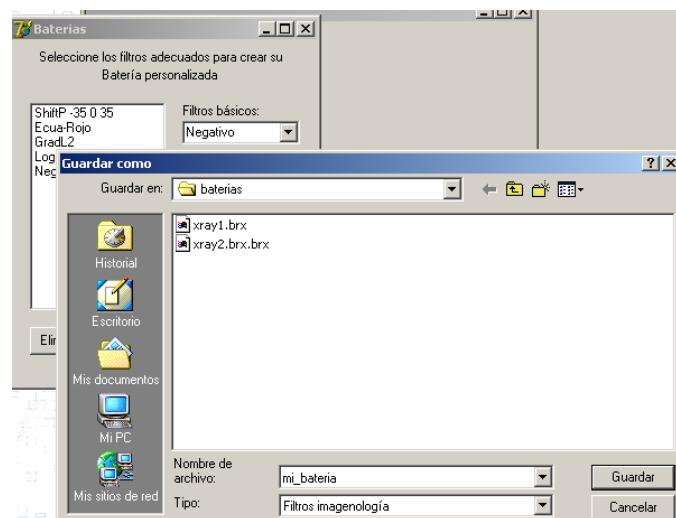


Figura 6.17. Ventana de diálogo para guardar la batería.

CONCLUSIONES

Ante la inexistencia de sistemas de cómputo en el ámbito médico para instituciones de salud nacionales, se hace necesario desarrollar propuestas computacionales que satisfagan diversas áreas de especialidades, con el propósito principal de ofrecer mejores alternativas para los diagnósticos médicos y así ofrecer un servicio adecuado a los pacientes.

Uno de los objetivos primordiales de esta tesis fue ofrecer una propuesta computacional de bajo costo. El equipo de cómputo usado para este desarrollo es básico y costeable, con computadoras pentium III o pentium IV, memoria RAM de 128 a 256 Mb y discos duros de capacidad regular para clientes (10Gb) e incluso servidores (80Gb). Por otra parte, el equipo de adquisición de imágenes de radiología puede considerarse como una inversión o gasto muy elevado para una institución de salud pública; pero si se evalúa el costo diario, semanal o mensual por concepto de material fotográfico del laboratorio de radiología la inversión en equipamiento en este rubro se justifica.

Otro objetivo es que el sistema a desarrollar fuera expandible, flexible y adaptable. El análisis del sistema fue creado con el propósito de que cualquier otro desarrollador pueda agregar los módulos necesarios y así formar un sistema más completo, puesto que la propuesta original de esta tesis está basada en el departamento de imagenología.

El lenguaje de programación en el que se desarrolló el sistema fue object pascal con Borland Delphi. Este lenguaje computacional es muy fácil de aprender, está disponible para linux (Borland Kylix), y ofrece mucho poder de cómputo para el manejo de bases de datos, para el procesamiento digital de imágenes y para cualquier otro tipo de propuesta de tipo digital, multimedia o lenguaje de programación diferente. Con esto se abarca el rubro de la flexibilidad.

La información que almacena el sistema, como son los datos y los archivos en formato gráfico, descansan sobre servidores Unix, específicamente Linux Mandrake 9.2, aunque puede proponerse otra distribución. Con esto se abarca la adaptabilidad, debido a que el sistema operativo antes mencionado, es utilizado por la mayoría de servidores de Internet en el mundo. Incluso, el sistema se probó con estaciones de trabajo remotas y el resultado fue satisfactorio.

El sistema Hospital Digital desarrollado abarcó de manera satisfactoria las áreas relacionadas con la atención a pacientes de un hospital base. Se consideraron varios actores que se interrelacionan entre sí: Pacientes, médicos, consultorios, historia clínica y el expediente de imagenología.

Se revisaron y aplicaron los métodos más significativos del procesamiento digital de imágenes, debido a que otro de los objetivos de este trabajo fue desarrollar el sistema tomando como base al departamento de imagenología.

En cuanto a las limitaciones, se puede observar (capítulos 1, 2 y 3) que el sistema Hospital Digital adolece de algunos módulos de especialidades. Específicamente, el procesamiento digital de imágenes puede aplicarse a otras áreas o especialidades donde se requieran mediciones exactas o exploración de muestras, como son los laboratorios de análisis clínicos, ortopedia, neurología, dentición, tomografía, ultrasonido, etc. En forma general, al sistema también le falta tomar en cuenta otros rubros que no tiene que ver exactamente con el procesamiento de imágenes, como son cardiología, cirugía reconstructiva, rehabilitación o medicina física, hematología, por decir de algunas especialidades. Este trabajo se deja para futuras tesis o investigaciones.

En cuanto a las perspectivas se plantean las siguientes. La propuesta inicial del sistema Hospital Digital es su aplicación en un ambiente local de red. Pero el diseño del sistema no excluye la posibilidad de poder trabajar en redes de área amplia. Eso daría pauta, con las debidas reglas de seguridad, a la aplicación del sistema en ambientes de redes metropolitanas y mundiales, y con ello, poder pensar en la probabilidad de compartir información con otras Instituciones nacionales o internacionales de salud. El telediagnóstico sería una realidad; es decir, la posibilidad de que el hospital pudiera contar con las sugerencias y opiniones de connotados especialistas de la medicina y la imagenología, aún cuando éstos se encuentren geográficamente muy lejos o incluso en el extranjero. Para lograr esto habría que promover una verdadera cultura de comunicación digital médica que incluya los servicios de correo electrónico y mensajes en línea o chat, con el objeto de ampliar y mejorar los telediagnósticos antes mencionados.

La creación de un banco de imágenes entre distintas instituciones es otra mejora a futuro, donde se pudiera fomentar la investigación de casos y diagnósticos especiales. El manejo de imágenes grandes es otra propuesta que se justifica debido a éstas contienen mucho más información útil al médico. Una propuesta más es que, por el elevado costo por concepto de equipo de adquisición de imágenes, el escaneado de dichas imágenes pudiera realizarse en otras instituciones de salud y así contar con esta información al instante para su respectivo diagnóstico.

Se ha trabajado mucho para llegar a la realización del sistema Hospital Digital. Pero falta mucho por hacer y por eso, se invita a investigadores y tesisistas a enriquecer esta propuesta con el objetivo de ofrecer a la sociedad una herramienta que mejore las condiciones de salud y atención hospitalaria.

REFERENCIAS

- [1] ISSSTE, solicitud de citas médicas vía Internet.-<http://www.issste.gob.mx/issstenet>
- [2] Índice de equipo de radiología de la secretaría de salud.-
http://www.salud.gob.mx/unidades/csg/actualizaciones/indice_equipo_cb_040117.htm.
- [3] Hologic inc.- <http://www.hologic.com>.
- [4] iCROco inc.- <http://www.cobrascan.com>.
- [5] Norma oficial mexicana NOM-158-SSA1-1996, sobre especificaciones técnicas para equipos de diagnóstico médico con rayos X.
- [6] Norma oficial mexicana NOM-168-SSA1-1998, del expediente clínico.
- [7] DICOM 3.0.- <http://medical.nema.org>.
- [8] Cuadros básicos de equipo médico del IMSS.-
<http://www.imss.gob.mx/cuadrosbasicos>.
- [9] Martín Ortíz, Manuel.- Filtros digitales espaciales (Parte 1), BUAP,
<http://www.cs.buap.mx/~mmartin/pdi/filtros.pdf>, (2000).
- [10] Martín Ortíz, Manuel.- PDI. Capítulo I. Introducción, BUAP,
<http://www.cs.buap.mx/~mmartin/pdi/PDI-Cap1.pdf>.
- [11] Martín Ortíz, Manuel.- PDI. Capítulo II. Operaciones orientadas al punto, BUAP,
<http://www.cs.buap.mx/~mmartin/pdi/PDI-Cap2.pdf>.
- [12] Martín Ortíz, Manuel.- PDI. Capitulo III. Operaciones orientadas a la región, BUAP,
<http://www.cs.buap.mx/~mmartin/pdi/PDI-Cap3.pdf>.
- [13] Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos; Baptista Lucio, Pilar.- Metodología de la Investigación, segunda edición, Mc Graw Hill, México, (1998).
- [14] Low, Adrian.- Introductory Computer Vision and Image Processing, Mc Graw Hill, England, (1991).
- [15] Senn, James.- Análisis y diseño de sistemas de información, Mc Graw Hill, USA, 1997.
- [16] Lareo, Marina; Suffia, Laura; Molina, Pablo.- Artículo: La informática en el hospital público: Una herramienta estratégica de gestión, Hospital provincial “Mariano y Luciano de Vega, Moreno, provincia. de Buenos Aires, Argentina,
<http://www.sis.org.ar/sis2002/paperssis/SIS38.pdf>, (2002).
- [17] Dr. González Beltrán, César; Psic. González Reyes, Sandra; Lic. Rico López, Lourdes; Lic. Salazar González, Jonathan.- Artículo: La implementación de un sistema de información integral en una institución pública de salud. Logros y Retos, Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, México, D. F.,
<http://www.cardiologia.org.mx>, (2001).

- [18] Restrepo, Alberto.- Procesamiento de Imágenes Médicas, Universidad EAFIT, Colombia, <http://www.eafit.edu.co/revista/110/restrepo.pdf>.
- [19] Dirección de innovación y desarrollo tecnológico, coordinación de tecnología para los servicios médicos.- Imagenología, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), México, http://transparencia.imss.gob.mx/esp_lis/IMSS_Integracion_ImagenologiaC_4_3_1_2version.pdf.
- [20] Programa de Acción: e-salud Telemedicina, Secretaria de Salud, México, http://www.salud.gob.mx/docprog/estrategia_8/e_salud.pdf, (2002).
- [21] Suar, L. Enrique y Gómez, Giovanni.- Procesamiento de Imágenes y Visión Computacional, Departamento de Computación, ITESM Cuernavaca, México, <http://dns1.mor.itesm.mx/~vision/notas.html>, (1996).