



Representación conceptual de imágenes médicas digitales: Integración de Contexto y Contenido Visual

Sandra Milena Roa Martínez¹; Silvana Aparecida Borsetti Gregorio Vidotti²; María José Vicentini Jorente³

Recibido: 3 de octubre 2016 / Aceptado: 1 de diciembre de 2016

Resumen. Se propone un esquema conceptual para representar imágenes médicas digitales donde se integran: 1) elementos descriptivos de las normas de catalogación y estándares de metadatos para recursos de información, 2) estándar para imágenes digitales y comunicaciones en medicina (DICOM⁴) y 3) contenido visual de las imágenes proporcionado por técnicas de extracción de características. Se utilizó el marco de referencia de requerimientos funcionales para registros bibliográficos (FRBR⁵), el modelo de requisitos funcionales para datos de imágenes digitales (RFDID⁶) y el modelo Entidad- Interrelación (ER), para definir y construir los conceptos plasmados en el diagrama propuesto por este trabajo, el cual une la información del contexto y del contenido visual de una imagen médica digital para su representación como recurso informacional abordando la complejidad de este tipo de imágenes.

Palabras clave: Imagen médica digital; Estándares de metadatos; Características visuales; DICOM; FRBR; CBIR.

[en] Conceptual representation of digital medical images: Integrating Context and Visual Content

Abstract. This paper presented a proposal conceptual framework to represent digital medical images, which is integrated: 1) descriptive elements from the rules of cataloging and metadata standards for information resources, 2) standard for digital imaging and communications in medicine (DICOM) and 3) visual content of images provided by feature extraction techniques. We using the framework of functional requirements for bibliographic records (FRBR), the model of requirements functional for digital image data (RFDID) and model Entity- Relation (ER) to define and build the concepts embodied in the diagram proposed by this work, which integrates context information and visual content of a digital medical imaging for representation as an informational resource addressing the complexity of such images.

¹ Universidad del Cauca. Departamento de Sistemas. Grupo de Investigación Inteligencia Computacional. Universidade Estadual Paulista - UNESP. Grupo de Pesquisa Nuevas Tecnologías en Información.

E-mail: smroa@unicauca.edu.co

² Universidade Estadual Paulista - UNESP. Grupo de Pesquisa Nuevas Tecnologías en Información.

E-mail: vidotti@marilia.unesp.br

³ Universidade Estadual Paulista - UNESP. Grupo de Pesquisa Nuevas Tecnologías de la Información.

E-mail: mjjorente@marilia.unesp.br

⁴ Digital Imaging and Communications in Medicine

⁵ Functional Requirements for Bibliographic Records

⁶ Requisitos Funcionais para Dados Imagéticos Digitais (Simionato, 2012: 124)

Keywords: Digital medical imaging; Metadata standards; Visual features; DICOM; FRBR; CBIR

Sumario. 1. Introducción. 2. Imagen médica digital. 3. Metadatos. 4. Extracción de características visuales de una imagen. 5. Estructura conceptual de la imagen digital. 6. Esquema conceptual propuesto para representación de imágenes médicas digitales desde su concepto y su contenido visual. 7 Conclusiones. 8 Referencias bibliográficas.

Cómo citar: Roa Martínez, S. M. et. al. (2016) Representación conceptual de imágenes médicas digitales: Integración de Contexto y Contenido Visual, en *Revista General de Información y Documentación* 26 (2), 651-672.

1. Introducción

El diagnóstico médico a partir de imágenes médicas digitales en numerosas ocasiones tiene una gran influencia subjetiva, porque generalmente se basa en la extracción de una determinada información o elementos simples sobre fondos complejos. Por esta razón, factores como la dificultad en la percepción de la imagen, determinación de características relevantes, condiciones de visualización, experiencia médica, entre otros pueden ocasionar lo que se denomina inconsistencia diagnóstica. Por otra parte, dada la proliferación de técnicas y dispositivos electrónicos que permiten capturar este tipo de información a través de imágenes, lo cual genera diariamente grandes volúmenes de datos por almacenar y gestionar, en los últimos años han sido desarrolladas una serie de propuestas, sistemas, modelos, entre otros, encaminados a describir posibles soluciones o formas de abordar la complejidad que una imagen médica digital conlleva en su representación.

Entre algunos enfoques se encuentra la búsqueda o recuperación de imágenes basada en su contenido (*Content Based Image Retrieval* – CBIR), la cual de forma automática extrae las características visuales o de bajo nivel de una imagen asociada al color, textura, forma, etc. Igualmente es necesaria la comunicación y transferencia de datos desde los dispositivos de captura de información y los sistemas que centralizan los datos del paciente. Por ello se han desarrollado también estándares ampliamente utilizados en el campo de las imágenes médicas como el estándar de imágenes digitales y comunicaciones en medicina (*Digital Imaging and Communications in Medicine* – DICOM). Ahora bien, siendo las imágenes un recurso informacional que precisa ser indexado, preservado y otras acciones propias que hacen parte del ciclo de vida de la información, se propone la representación de la imagen médica digital a través de un esquema conceptual que integre los metadatos descriptivos definidos a partir de la revisión de algunas normas de catalogación y estándares de metadatos, el contenido visual extraído de características de bajo nivel y los metadatos administrativos del estándar DICOM, utilizando para el modelado de este esquema: el marco de referencia de requerimientos funcionales para registros bibliográficos (FRBR), el modelo de requisitos funcionales para datos de imágenes digitales (RFDID) y el modelo Entidad- Interrelación (ER); confluyendo así en esta propuesta las Ciencias de la Información y la Computación, donde el objetivo central de este trabajo es ofrecer

una representación de las imágenes médicas digitales con más elementos, que garantice la generación de conocimiento, recuperación, preservación y otras acciones asociadas a estas imágenes en el campo médico o donde ellas sean requeridas.

La metodología utilizada para construir esta propuesta fue descriptiva a partir de la compilación y sistematización de información cualitativa y cuantitativa, que permitió proponer un esquema conceptual para la representación de imágenes médicas digitales; la recolección de la información fue realizada a través de artículos científicos, documentos publicados y trabajos realizados previamente en el área.

La estructura de este documento contiene las principales temáticas dentro de las cuales se enmarcan el trabajo propuesto como son las definiciones de imagen médica digital, metadatos y estándares como DICOM. Posteriormente, se contextualiza la estructura conceptual como marco para representar una imagen digital, lo cual permitió proponer un esquema conceptual para la representación de imágenes médicas digitales desde su contexto y su contenido visual, finalizando con las conclusiones derivadas del trabajo realizado.

2. Imagen médica digital

Los sistemas de información de los hospitales y centros médicos almacenan grandes volúmenes de datos asociados a los diagnósticos y tratamientos de los pacientes que son atendidos. Una de las fuentes más representativas de la información que almacenan son las imágenes diagnósticas, debido a que son capturadas y empleadas por los especialistas para obtener información del estado de salud de los pacientes. La captura de este tipo de imágenes permite a los médicos detectar las causas de los síntomas de los pacientes.

En la actualidad la captura y uso de imágenes médicas se ha incrementado en el campo clínico debido a que son una fuente de información muy confiable y por otro lado dada la gran disponibilidad de dispositivos que soportan la captura de imágenes médicas. Existen diferentes tipos de imágenes médicas, en donde su información y lectura dependen principalmente del origen de la imagen y del mecanismo empleado para la captura. Teniendo en cuenta esto, dependiendo de la información que se quiera obtener, es posible capturar del paciente radiologías, tomografías, imágenes histopatológicas, entre otras. Cada imagen es empleada durante la toma de decisiones clínicas para soportar el diagnóstico dado por el especialista y generalmente son almacenadas en servidores de los centros hospitalarios junto a alguna información del paciente.

Por otra parte, durante el análisis y lectura de imágenes médicas, los especialistas se enfrentan a la dificultad de identificar “anormalidades” o patologías en la imagen que diagnostican, siendo la complejidad en este caso asociada a la calidad de la imagen que analizan y su propia subjetividad, que puede causar falsos positivos o falsos negativos en los diagnósticos realizados. Durante los últimos años a través de la recuperación de imágenes basada en contenido se ha propuesto explotar el conocimiento de los repositorios de imágenes médicas de los centros

hospitalarios, con el fin de determinar en el diagnóstico de una nueva imagen aquellos diagnósticos dados previamente en imágenes visualmente similares, es decir, imágenes que presenten las mismas lesiones o por el contrario, imágenes que no las presentan de otros pacientes. Un sistema CBIR involucra técnicas de extracción de características de la imagen para describir una imagen a partir de su contenido visual.

Ahora bien, siendo definida una imagen digital como: una representación bidimensional de una imagen utilizando bits (unos y ceros) que se obtiene a través de dispositivos de conversión analógico-digital como un escáner u otros, una cámara fotográfica digital o directamente desde el ordenador se presenta el concepto de imagen médica digital al resultado de aplicar un “[...]conjunto de técnicas y procesos usados para crear imágenes del cuerpo humano, o partes de él, con propósitos clínicos (procedimientos médicos que buscan revelar, diagnosticar o examinar enfermedades) o para la ciencia médica (incluyendo el estudio de la anatomía normal y función) [grabada en formato digital]” (Imagenología, 2012).

Entre algunas de las imágenes médicas más conocidas se encuentran las de radiología, endoscopias, termografías médicas, tomografías axiales computarizadas, angiografías, resonancias magnéticas, fotografías médicas y de la microscopía entre otras. En la Figura 1, se presentan algunas imágenes médicas como: a) Resonancia Magnética, b) Tomografía por emisión de positrones y c) Radiografía de Tórax.

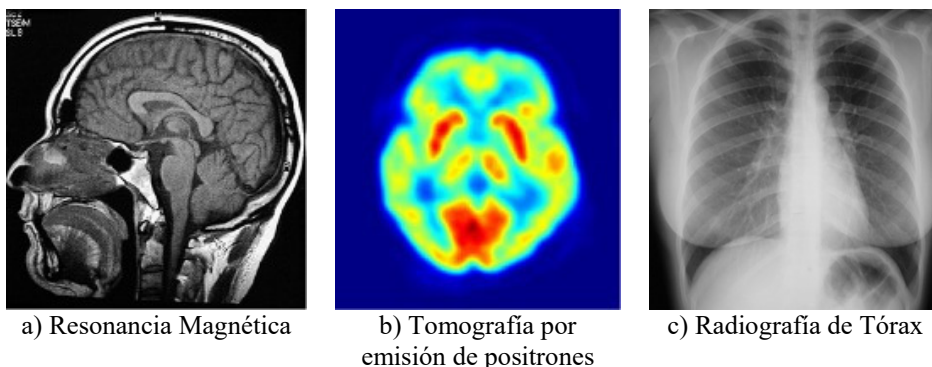


Figura 1. Ejemplo de imágenes médicas. Fuente: (García, 2012:25,27) y (Roa, 2010:75)

3. Metadatos

La creciente producción de información visual en todos campos de trabajo como se ha mencionado anteriormente, ha conllevado a la generación de depósitos con grandes cantidades de imágenes o videos que generalmente no son gestionados de forma eficiente por el volumen de información que estos contienen, lo cual impide realizar búsquedas rápidas por parte de los usuarios. En algunos casos, esta situación ha sido enfrentada a través de procesos de etiquetado mediante los cuales se asocia un conjunto de palabras claves a las imágenes y videos para facilitar búsquedas y

exploraciones de los repositorios de información visual. De igual forma usando metadatos y definiendo estos como información estructurada que describe un recurso y que facilita encontrar, gestionar, controlar, entender y preservar en el tiempo la información, en este caso las imágenes objeto de este trabajo.

Los metadatos son un método utilizado ampliamente en la Ciencia de la Información y pueden ser definidos como atributos utilizados para caracterizar una entidad o como aquellos que: “describen los atributos y el contenido de un documento original, y que usados de forma efectiva viabilizan el acceso a la información precisa” (Milstead; Feldman, 1999:1). Los atributos son inherentes a las entidades, por esto los metadatos son seleccionados de acuerdo a las necesidades del usuario de un sistema de recuperación de información. Los metadatos pueden clasificarse en tres categorías (NISO, 2004:1), siendo estas: los metadatos descriptivos (por ejemplo: autor, asunto, título, etc., que pueden ser implementados por un estándar de metadatos como: *Dublin Core*, *MARC*, etc.), estructurales o técnicos (ejemplo: páginas que están ordenadas para formar capítulos, etc., con estándares de metadatos de referencia como METS y MOA2 *Structural Metadata Elements*, entre otros) y metadatos administrativos (por ejemplo: cuándo y cómo fue creado el recurso, tipo de formato, etc., siendo DICOM y MOA2 *Administrative Metadata Elements*, algunos estándares que permiten la implementación de este tipo de metadatos).

Otra clasificación de los metadatos (Barreto, 2007:20) asociada al contenido de una imagen es la siguiente:

- Metadatos independientes del contenido: datos que no conciernen directamente al contenido de la imagen o video, pero que están relacionadas con este, por ejemplo el formato de la imagen, autor, fecha, lugar, condiciones de iluminación, etc.
- Metadatos dependientes del contenido: características consideradas de nivel bajo y medio como color, textura, forma, relaciones espaciales y combinaciones de estos.
- Metadatos descriptivos de contenido: se refieren al contenido semántico y las relaciones de las entidades de la imagen con entidades del mundo real o emociones o significados asociados a las señales visuales o escenas.

Adicionalmente Barreto (2007:20) , señala que: “[...]cuando se trata de la imagen, el contenido visual puede ser clasificado en contenido primitivo de imágenes que se refiere a los elementos básicos que componen la imagen y contenido complejo de imágenes que se refiere a los estándares de una imagen que son percibidos por los seres humanos como fuentes de significado. El contenido primitivo son características visuales que pueden ser reconocidas y extraídas automáticamente por el computador” (traducción propia).

A continuación se presentan en la Tabla 1 los principales estándares de metadatos según el tipo de recurso por describir.

Tabla 1. Principales estándares de metadatos.

TIPO DE RECURSO	PRINCIPALES ESTANDARES DE METADATOS
Recursos en general	<ul style="list-style-type: none"> • Dublin Core (DCMES, DCMI Metadata Terms)
Obras de arte	<ul style="list-style-type: none"> • CDWA (<i>Categories for the Description of Works of Art</i>) • CDWA Lite • VRA (<i>Visual Resources Association</i>) • Core Categories
Recursos bibliográficos	<ul style="list-style-type: none"> • MODS (<i>Metadata Object Description Schema</i>) • MARC21, UNIMARC, MARXML • TEI (<i>Text Encoding Initiative</i>) Headers
Archivos y preservación	<ul style="list-style-type: none"> • EAD (<i>The Encoded Archival Description</i>) • OAIS (<i>Reference Model for an Open Archival Information System</i>) • PREMIS (<i>Preservation Metadata: Implementation Strategies</i>)
Recursos educativos	<ul style="list-style-type: none"> • IMS • LOM (<i>Learning Object Metadata</i>) • CanCore • SCORM (<i>Sharable Content Object Reference Model</i>)
Publicación	<ul style="list-style-type: none"> • ONIX (<i>Online Information Exchange</i>)
Derechos de autor	<ul style="list-style-type: none"> • CopyrightMD • DOI (<i>Digital Object Identifier</i>) • ODRL (<i>Open Digital Rights Language</i>)
Recursos científicos	<ul style="list-style-type: none"> • CSDGM (<i>Content Standard for Digital Geospatial Metadata</i>) • Darwin Core
Multimedia	<ul style="list-style-type: none"> • MPEG-7 <i>Multimedia Content Description Interface</i> • PBCore (<i>The Public Broadcasting Metadata Dictionary</i>)
Redes sociales y personas	<ul style="list-style-type: none"> • vCard • FOAF (<i>Friend Of A Friend</i>)
Información geográfica	<ul style="list-style-type: none"> • ISO-19115 • FGDC (<i>Federal Geographic Data Committee</i>)
Libro electrónico	<ul style="list-style-type: none"> • EPUB (<i>Electronic Publication</i>)
Imágenes médicas	<ul style="list-style-type: none"> • DICOM (<i>Digital Imaging and Communication in Medicine</i>)

Fuente: (Classora Technologies, 2013)

3.1. Estándar de metadatos dicom

Es un estándar ampliamente utilizado para el intercambio de pruebas médicas (imágenes médicas) entre sistemas software y hardware, que define un conjunto de metadatos para representar una prueba médica tomada. DICOM está definido por

una cabecera (*Header*) que contiene la información básica de la prueba como por ejemplo: fecha, datos de paciente, lugar y origen de la imagen e información asociada a la prueba médica capturada. En DICOM se define un conjunto de etiquetas (*tags*) que permiten describir cada prueba médica de acuerdo al tipo de información que contenga. Una prueba médica puede dar como resultado una radiología, una tomografía u otro tipo de imagen médica, cada tipo de imagen médica captura información propia y específica dependiendo del dispositivo empleado y el área del cuerpo analizada. Según Del-Rio, Bocanegra y Santo (2008:1): “El estándar DICOM es el mecanismo de codificación, almacenamiento y transmisión de imágenes aceptado universalmente por la comunidad médica. La cabecera de este formato, extremadamente rica, permite almacenar información sobre el paciente, las condiciones en las que se tomó la imagen, y el formato interno de esta”.

La estructura de un fichero DICOM es compleja por el amplio conjunto de campos que almacenan información sobre el paciente, las condiciones en las que se tomó la imagen y el formato interno de ésta que puede ser múltiple dependiendo del formato de grabación de la imagen. A continuación en la Tabla 2 se describen los componentes de un archivo DICOM:

Tabla 2. Componentes de un archivo DICOM.

ELEMENTOS DEL FICHERO	DESCRIPCION
Preámbulo	Tiene un tamaño fijo y su uso es definido por la implementación.
Prefijo identificativo del archivo	Contiene la cadena de caracteres DICOM. Esta cadena debe estar codificada siempre con las letras en mayúscula y usando los caracteres ISO 8859 G0
Meta-cabecera y Cabecera	Consisten en una serie de campos con toda la información necesaria sobre la imagen, incluyendo la propia imagen, son una sucesión de elementos de datos.
Elementos de Datos	Un elemento de datos está constituido por los campos: <ul style="list-style-type: none"> • Etiqueta del Elemento de Datos (<i>Data Element Tag</i>): identifica cada elemento de datos de forma unívoca. Es una etiqueta constituida por un Número de Grupo (<i>Group Number</i>) y un Número de Elemento (<i>Element Number</i>). • Representación del Valor (<i>Value Representation</i>): muestra la forma en que se codifica el valor del elemento. • Longitud del Valor (<i>Value Length</i>): es la longitud del campo Valor. • Valor (<i>Value</i>): es el valor del elemento de datos, codificado según el campo <i>Value Representation</i> y con la longitud que indica el campo Longitud del Valor.

Fuente: Propia

DICOM no es sólo un formato de archivo para imágenes médicas, es un estándar que busca garantizar todas las necesidades de un sistema de archivo y

comunicación de imágenes (*Pictures Archiving and Communication System – PACS*) como almacenamiento, transmisión y comunicaciones, entre otras.

4. Extracción de características visuales de una imagen

La extracción de características de una imagen permite obtener la descripción del contenido visual de una imagen digital, siendo esta descripción empleada para diferenciar una imagen de otra en el proceso de recuperación por contenido. Las características de las imágenes hacen referencia a las propiedades que describen en términos visuales el contenido de la misma y que son extraídas automáticamente; este proceso de caracterización se realiza a través de “procesamiento digital de imágenes y técnicas de visión por computador” (Yang, 2004: 256). Por lo general las características incluyen información acerca del color, la textura, la forma, los bordes y la estructura, también se incluyen características que representen conocimiento específico del dominio de aplicación, por ejemplo, para reconocimiento facial se requieren características de la imagen que representen en gran medida el contenido que interesa en el reconocimiento de rostros.

Cada imagen digital es representada empleando un vector de características n-dimensional que almacena información de su contenido, en donde n es el número de características que se extrae de la imagen como se puede observar en la figura 2.

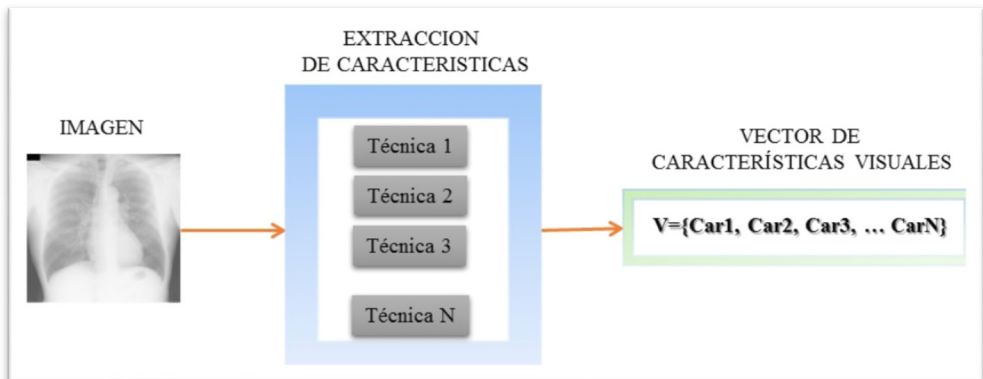


Figura 2. Proceso de Extracción de Características visuales de una imagen. Fuente: Propia

Existen varios tipos de características que pueden ser extraídas de las imágenes para la representación de su contenido, estas características son usadas según sea su desempeño en la representación del contenido de la imagen. Por ejemplo, las características cromáticas y de textura se comportan mejor en imágenes generales, las características que representan información acerca de las formas identificadas en la imagen tienen un mejor rendimiento en imágenes que contienen gráficos construidos en computador y las características estructurales, en imágenes que contienen objetos construidos por el hombre, tales como los son las edificaciones

(Yang, 2004). A continuación se presenta una clasificación de características que permiten extraer el contenido de una imagen digital (Mera, 2012):

4.1. Características cromáticas

Las características asociadas al color en las imágenes son un elemento importante en la representación del contenido, las zonas capturadas en la imagen que se muestren como regiones homogéneas, por ejemplo los fondos, tienen distintas propiedades de color que permiten distinguir la región, por ejemplo, el bosque, la hierba o el césped es verde, el cielo es azul y el color de la piel humana tiene una serie de colores que permiten identificarla.

Existen diferentes sistemas que permiten representar el color en una imagen, uno de ellos es a través de un sistema de coordenadas tridimensional en el que se expresa cada color como un vector. Sin embargo, la elección del espacio de color también depende del tipo de información que se desee extraer de la imagen, por lo que debe ser una decisión que se toma antes de usar las características de color en un sistema CBIR.

4.2. Características de textura

La textura se define como la repetición de un patrón que puede tener un período de reproducción bien definido o con ciertas alteraciones. Uno de los aspectos importantes de la textura es que la posición del patrón de repetición se comporta de manera independiente a la percepción visual, ya que el patrón de la textura se repite en la superficie capturada en la imagen y esto eliminara las posibles varianzas que puedan surgir a partir de los desplazamientos que tenga la imagen (La-Serna; Contreras; Ruiz, 2010:59). En estudios anteriores se ha afirmado que la percepción humana usa mecanismos que identifican propiedades visuales que discriminen entre diferentes patrones de textura (Amadasun; King, 1989: 1264).

Por otro lado, el análisis computacional de texturas en imágenes médicas es una buena fuente para la extracción de información clínica. Por ejemplo, el análisis de textura de una mamografía obtiene información acerca de la distribución de tejidos, con lo cual se puede determinar la presencia o ausencia de una patología (Narvaez, 2010).

Existen diferentes métodos de análisis de textura que son agrupados en cuatro categorías: estadísticos, basados en modelos, geométricos o estructurales y los basados en transformadas o procesado de señales (Maldonado, 2008) y (Howarth, 2007).

4.3. Características de forma

Las técnicas empleadas para la representación del contenido de la imagen usando la información que se pueda extraer de los objetos identificados por la percepción visual, se enfoca en la detección automática de éstos y en la segmentación de las regiones ocupadas en la imagen por los objetos. Sin embargo, esta tarea no es fácil

de implementar; los métodos funcionan bien sobre imágenes que contienen objetos los cuales son fáciles de aislar del resto de la imagen, y la complejidad de implementación de estos métodos se incrementa cuando la colección de imágenes que se analiza son imágenes reales, debido a que en éstas no es fácil identificar los objetos porque con frecuencia los objetos se encuentran solapados entre sí.

Es importante señalar que las técnicas de extracción de características son los algoritmos o procedimientos que permiten aplicar funciones a las imágenes para obtener información acerca de su contenido y representarlo en un vector de características, según el tipo de imagen y la información visual extraída acorde a los enfoques anteriormente explicados.

5. Estructura conceptual de la imagen digital

Según Simionato (2012: 81, traducción propia): “[...] los metadatos para la representación de la imagen digital deben ser definidos buscando su persistencia en un modelo conceptual, basado en un modelo entidad-interrelación.”, donde la misma autora siguiendo la categorización de los metadatos para imágenes digitales a partir de las Capas de Metadatos propuestas por Fusco (2010), menciona que en la Capa de Persistencia “[...] están todos los metadatos necesarios para la adecuada descripción de un recurso informacional, además los metadatos que están interrelacionados en un modelo conceptual”, por cuanto la necesidad de datos persistentes conlleva a una representación consistente e íntegra de una imagen digital donde “[...] la consistencia de un recurso de imagen digital se da por la especificidad y detalle de la descripción del material” (Simionato, 2012:79-81, traducción propia).

Adicionalmente, la misma autora afirma que la presentación conceptual confirma la necesidad de establecer tipos, características, funciones y atributos de metadatos para que sea demostrado todo su potencial representativo y que en la representación de información de la imagen son encontrados varios instrumentos para la descripción del recurso informacional, algunos específicos para la representación del recurso visual, otros generales para cualquier tipo de recurso.

Las otras capas de metadatos propuestas por Fusco (2010) son:

- Capa Transaccional: Presenta la estructura para que un mediador pueda describir el recurso de manera clara, breve y estandarizada.
- Capa de Presentación: Estructuralmente cercana al usuario, es donde se seleccionan cuales descripciones del recurso informacional pueden y de qué forma serán disponibles.
- Capa de Interoperabilidad: Encargada del proceso de intercambio de datos entre sistemas de información a través de estándares ya conocidos.

Ahora bien, siendo detallada la descripción del material de imagen propuesta de Simionato (2012), a partir de un conjunto de elementos seleccionados, entre ellos algunos códigos de descripción (AACR2r, ISBN, *Grafic Materials*, RDA, CDWA y

CCO), estándares de metadatos (*Dublin Core*, MARC 21, MODS, MIX, IPTC y *Core VRA*) y una estructura de datos automática EXIF que permitieron representar el mapeado de los datos bibliográficos para la descripción de una imagen digital, algunos elementos son atributos esenciales para la descripción de la imagen digital y garantizan la consistencia de los datos y su persistencia, aunque pueden ocurrir pérdidas de información evidenciándose la complejidad de cada esquema de descripción analizado donde algunos poseen más detalle con respecto a otros. Por ello durante el proceso de persistencia de los datos: “[...] la instanciación (garantiza la especificidad del material) y la granularidad (mayor nivel descriptivo) del registro son propiedades necesarias para la representación de una imagen digital, es decir, la imagen digital debe ser escrita como un objeto informacional único. Después, cada elemento de un registro bibliográfico es representado por un metadato.

En la Tabla 5, se presenta una integración de las categorías de los metadatos para una imagen digital junto con las entidades estructuradas y los grupos del modelo conceptual FRBR⁷ y el Modelo E-I utilizados por Simionato (2012) para representar una imagen digital con base en el mapeado realizado acorde a cada forma de organización lógica.

Tabla 5. Grupos de FRBR con elementos y categorías para metadatos de la imagen digital

GRUPO DE FRBR	DESCRIPCION	ENTIDADES	CATEGORIA
GRUPO 1	Comprende productos de trabajo intelectual o artístico que se describen en los registros y forman la base del modelo.	Obra Expresión Manifestación Ítem	Objeto de imagen Titulo Dimensiones Materiales y Técnicas Edición Orientación Descripción física Condición de la imagen Notas descriptivas Derivación Trabajos Relacionados Localización
GRUPO 2	Agrega entidades que son responsables por el contenido intelectual.	Persona Entidad Colectiva	Derechos autorales Autoridad para persona / Entidad Colectiva Autoridad para Lugar Autoridad para asunto
GRUPO 3	Entidades que representan el conjunto de temas caracterizadores de una obra.	Concepto Objeto Evento Lugar	Estilos / Períodos /Grupos / Movimientos Contexto

Fuente: (Adaptado de Simionato, 2012:118)

⁷ Functional Requirements for Bibliographic Records (Requisitos Funcionais para Registros Bibliográficos) publicado en 1998 por la International Federation of Library Association (IFLA) como un nuevo modelo de referencia del universo bibliográfico.

Como puede observarse en la tabla anterior se compara entre la categorización de los metadatos para la imagen digital y FRBR, buscando con ello que los diagramas basados en FRBR a formularse para una imagen digital estén compuestos con los elementos descriptivos.

6. Esquema conceptual propuesto para representación de imágenes médicas digitales desde su concepto y su contenido visual

El principal interés de este trabajo es la representación de las imágenes médicas digitales a partir de sus representaciones textual (concepto) y de atributos visuales (contenido visual), para lo cual se propone un conjunto de elementos previamente revisados por las Ciencias de la Información y la Computación, que fueron diseñados para el ámbito de interés e integrados en un modelo conceptual de representación de imágenes médicas digitales.

Inicialmente fueron analizados los elementos de descripción, normas de catalogación y estándares de metadatos que describen un recurso informacional e instanciados para imágenes digitales en general por Simionato (2012), se utilizó FRBR que provee un marco conceptual para representar la información descriptiva de una colección digital y por ende facilita la interoperabilidad entre sistemas de información. En esta propuesta fue empleado este marco conceptual para describir e incluir el contenido visual de imágenes médicas teniendo en cuenta las técnicas de representación de imágenes a través de algoritmos de extracción de características visuales.

Adicionalmente, se integró el estándar de metadatos DICOM que contiene un conjunto de elementos que permiten describir administrativamente la información de pruebas médicas para la comunicación y transmisión de datos entre sistemas hardware y software. Integrándose así la descripción hecha en DICOM con la representación conceptual definida en FRBR.

Es importante mencionar que el objetivo principal de FRBR es describir la estructura y la relación de los objetos que componen una colección digital a partir de un conjunto de entidades. Las entidades se describen mediante un conjunto de atributos y se encuentran relacionadas entre sí. Las relaciones creadas entre las entidades ayudan a describir la navegabilidad que tiene el usuario en la colección. La importancia de las relaciones entre las entidades está dada porque a través de ellas será posible la exploración de la colección por los usuarios. Sin embargo, el marco de referencia definido por FRBR está enfocado hacia la descripción de colecciones bibliográficas y Simionato (2012) a partir de FRBR adaptó este marco para imágenes digitales, el cual es ampliamente referenciado en este trabajo pero que resulta incompleto para la descripción de colecciones de imágenes médicas.

Por otra parte, el modelo conceptual existente RFDID define un conjunto de entidades con sus respectivos atributos, dichos atributos corresponden a un conjunto de metadatos empleados para describir las instancias de colecciones bibliográficas. A continuación en la Tabla 6, es presentada la correspondencia de los atributos definidos por RFDID con los metadatos empleados en DICOM. Al

analizar la tabla puede identificarse que los principales datos que describen una prueba médica bajo el estándar DICOM son representados a través del esquema propuesto por RFDID. No obstante, los atributos allí definidos para describir aspectos técnicos de las imágenes no son aplicables a las imágenes médicas de acuerdo al estándar DICOM, esto debido a que DICOM describe un conjunto de etiquetas para imágenes médicas de diferentes tipos. Por lo tanto, dependiendo de la imagen médica que se desee representar se deben considerar los diferentes datos asociados a la configuración de la imagen, datos que son descritos a alto nivel en el esquema de RFDID.

Tabla 6. Correspondencia atributos de RFDID con metadatos empleados de DICOM

ATRIBUTOS DE RFDID	METADATOS DICOM
Tipo de objeto/ obra	<i>Body Part Examined</i> (0018,0015)
Localización	<i>Institution Address</i> (0008,0081)
Fecha del evento	<i>Study Date</i> (0008,0020)
Lugar del evento	<i>Body Part Examined</i> (0018,0015)
Número de identificación	<i>SOP Instance UID</i> (0008,0018)
nombre de la entidad legal	<i>Institution Name</i> (0008,0080).
Fecha de nacimiento	<i>Patient's Age</i> (0010,1010)
Fecha	<i>Study Date</i> (0008,0020)
Lugar	<i>Body Part Examined</i> (0018,0015)

Fuente: Propia

Posteriormente, fueron analizados los tres grupos de entidades definidas en FRBR y retomados por el modelo RFDID, los cuales fueron rediseñados para que sean capaces de describir el contenido visual de la imagen y los datos descritos en el estándar DICOM, convirtiéndose en elementos descriptivos adicionales pertenecientes a las categorías previamente presentadas para imágenes digitales. La Figura 3, muestra una estructura conceptual de metadatos por capas para la imagen médica digital que incluye los nuevos elementos mencionados (Características visuales y DICOM).

En cuanto a DICOM, este estándar modela conceptualmente las imágenes médicas como un conjunto de entidades interdependientes que describen los datos y el dominio relacionados a la captura de una imagen médica. Esta aproximación de DICOM basada en un modelo E-R se ajusta al marco de referencia definido por FRBR. En la Figura 4, son descritas las entidades consideradas por DICOM para la descripción de una prueba médica según Güld; Kohnen y otros (2002:2).

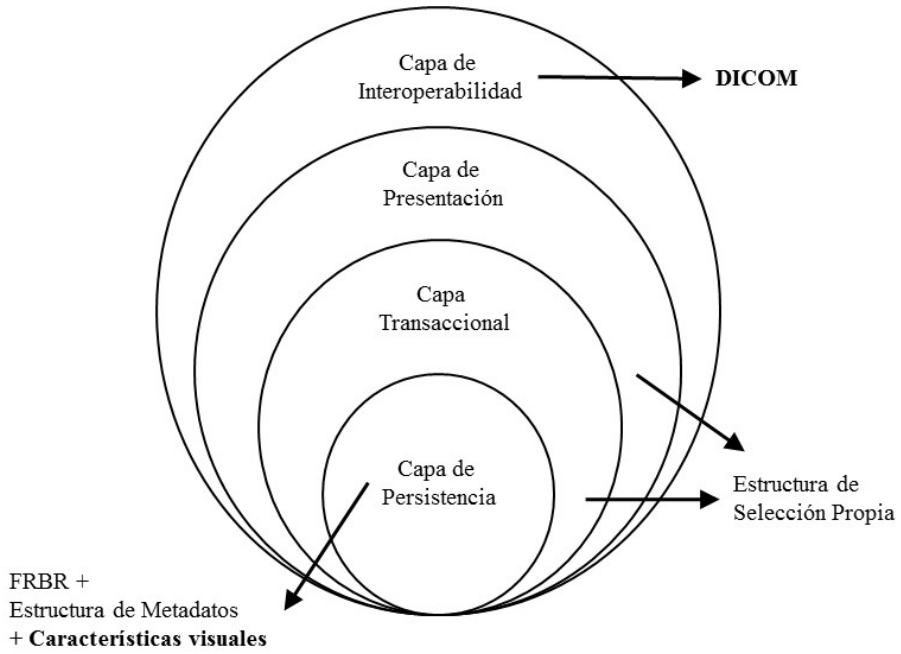


Figura 3. Estructura Conceptual por capas de metadatos para la imagen médica digital. Fuente: Propia

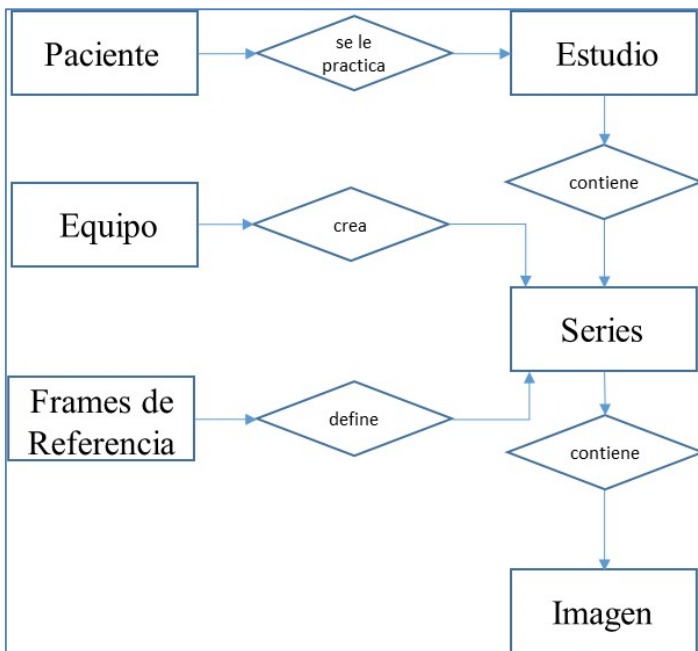


Figura 4. Entidades de DICOM. Fuente: (Güld; Kohnen y otros, 2002:2, traducción propia)

Una prueba médica representada en el estándar DICOM contiene en su encabezado (*Header*) información básica que permite identificar la prueba y asociar datos de las entidades que están involucradas durante la prueba. En la Tabla 7, son descritos los datos seleccionados del estándar DICOM para identificar y detallar una determinada prueba.

Tabla 7. Elementos de datos del encabezado de DICOM

	ELEMENTO DE DATO	DICOM TAG	DESCRIPCION
1	<i>SOP Instance UID</i>	(0008,0018)	<i>Unique identifier for the Study of the Contributing SOP Instances.</i>
2	<i>Study Date</i>	(0008,0020)	<i>Date the Study started, if any previous procedure steps within the same study have already been performed.</i>
3	<i>Acquisition Date</i>	(0008,022)	<i>The date the acquisition of data that resulted in sources started.</i>
4	<i>Study Time</i>	(0008,0030)	<i>The time the acquisition of data that resulted in sources started.</i>
5	<i>Modality</i>	(0008,0060)	<i>Type of equipment that originally acquired the data used to create the images in this Series.</i>
6	<i>Manufacturer</i>	(0008,0070)	<i>Manufacturer of the equipment that produced the sources.</i>
7	<i>Institution Name</i>	(0008,0080)	<i>Institution or organization to which the identified individual is responsible or accountable.</i>
8	<i>Institution Address</i>	(0008,0081)	<i>Mailing address of the institution or organization to which the identified individual is responsible or accountable.</i>
9	<i>Station Name</i>	(0008,1010)	<i>An institution defined name for the modality on which the Scheduled Procedure Step is scheduled to be performed.</i>
10	<i>Study Description</i>	(0008,1030)	<i>Description of the Study</i>
11	<i>Series Description</i>	(0008,103e)	<i>Description of the Series</i>
12	<i>Manufacturer's Model Name</i>	(0008,1090)	<i>Manufacturer's model name of the equipment that produced the sources.</i>
13	<i>Patient's Sex</i>	(0010,0040)	<i>Sex of the named patient. Enumerated Values: M = male F = female</i>
14	<i>Patient's Age</i>	(0010,1010)	<i>Age of the Patient.</i>
15	<i>PatientSize</i>	(0010,1020)	<i>Size of the Patient.</i>
16	<i>PatientWeight</i>	(0010,1030)	<i>Weight of the Patient.</i>
17	<i>Body Part Examined</i>	(0018,0015)	<i>Text description of the part of the body examined.</i>
18	<i>Study Instance UID</i>	(0020,000d)	<i>Unique identifier for the Study of the Contributing SOP Instances.</i>

19	<i>Data Collection Diameter</i>	(0018,0090)	<i>Data Collection Diameter.</i>
20	<i>Series Instance</i>	(0020,000e)	<i>Unique identifier of the Series.</i>
21	<i>Series Number</i>	(0020,0011)	<i>A number that identifies this Series.</i>
22	<i>Instance Number</i>	(0020,0013)	<i>A number that identifies this image.</i>

Fuente: (American College of Radiology, 2013)

Ahora bien, considerando los grupos de FRBR y los *tags* que describen el encabezado de DICOM junto a los *tags* *Person Participant* y *Frame of Reference* asociados al tipo de prueba médica, a continuación son presentados en la Tabla 8 los elementos (metadatos) propuestos que deberán considerarse del estándar DICOM para la representación de una imagen médica digital dentro de los grupos de FRBR.

Tabla 8. Correspondencia de grupos del FRBR con DICOM

GRUPO FRBR	METADATO DICOM
Grupo 1	<i>SOP Instance UID</i> <i>Series Description</i> <i>Series Instance</i> <i>Series Number</i> <i>Frame of Reference</i> <i>Instance Number</i> <i>Study Date</i> <i>Study Time</i> <i>Study Description</i> <i>Acquisition Date</i> <i>Imagen digital</i>
Grupo 2	<i>Person Participant</i> <i>Id Paciente</i> <i>Patient's Sex</i> <i>Patient's Age</i> <i>PatientSize</i> <i>PatientWeight</i> <i>Institution Address</i> <i>Institution Name</i>
Grupo 3	<i>Station Name</i> <i>Manufacturer</i> <i>Manufacturer's Model Name</i> <i>Modality</i> <i>Body Part Examined</i>

Fuente: Propia

Una vez analizados los elementos de DICOM, su correspondencia con los grupos del FRBR y la integración de las características visuales que permiten describir el contenido visual de una imagen, la representación de una imagen médica estará dada entonces, por el conjunto de entidades de FRBR, RFDID y los

metadatos descritos por DICOM. Todo esto se encuentra integrado en la Tabla 9, es decir, pueden ser visualizadas las correspondencias identificadas entre las entidades o atributos definidos en los Grupos 1, 2 y 3, los metadatos (atributos) y/o entidades descritas por DICOM y las características o atributos visuales de contenido de una imagen.

Tabla 9. Relación entre Entidades del FRBR / RFDID con elementos de DICOM y atributos visuales.

GRUPO	ENTIDAD FRBR / RFDID	ELEMENTO	DICOM		ATRIBUTO VISUAL	
			ENTIDAD	ATRIBUTO		
1	Obra	Estudio	X			
		<i>Study Date</i>		X		
		<i>Study Time</i>		X		
		<i>Study Description</i>		X		
		<i>Acquisition Date</i>		X		
	Expresión	Representación según el tipo de imagen en DICOM			X	
		Representación por Contenido				X
Demostración (manifestación)	Paquete DICOM	X	X	X		
Ítem	Imagen capturada	X				
2	Persona	<i>Person Participant</i>	X			
	Entidad Colectiva	<i>Institution Name</i>	X			
		<i>Institution Address</i>		X		
3	Concepto	Equipos (definen el tipo de imagen que se captura)	X			
	Objeto	<i>Body Part Examined</i>		X		
	Evento	No aplica				
	Lugar	<i>Body Part Examined</i>		X		

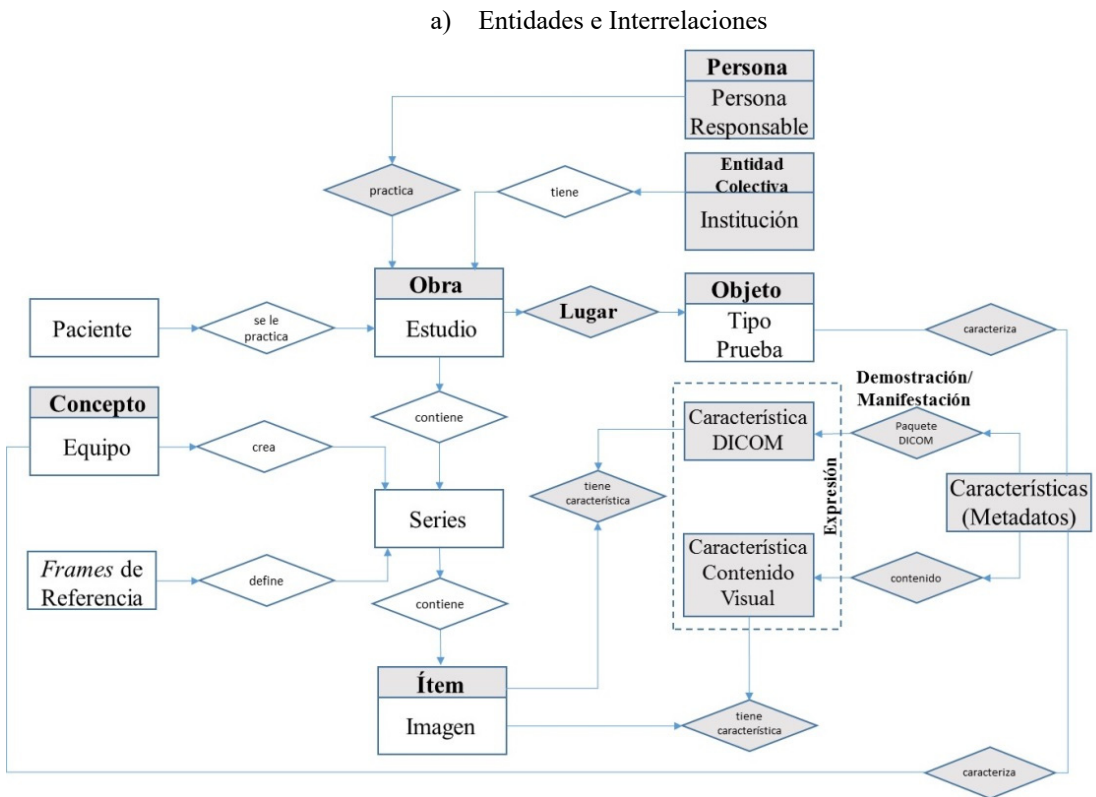
Fuente: Propia

A partir de los elementos marcados con X en la Tabla 9, que permiten observar la relación entre los conceptos previamente abordados en este trabajo, a continuación en la figura 5a, se representan dichos elementos en un diagrama

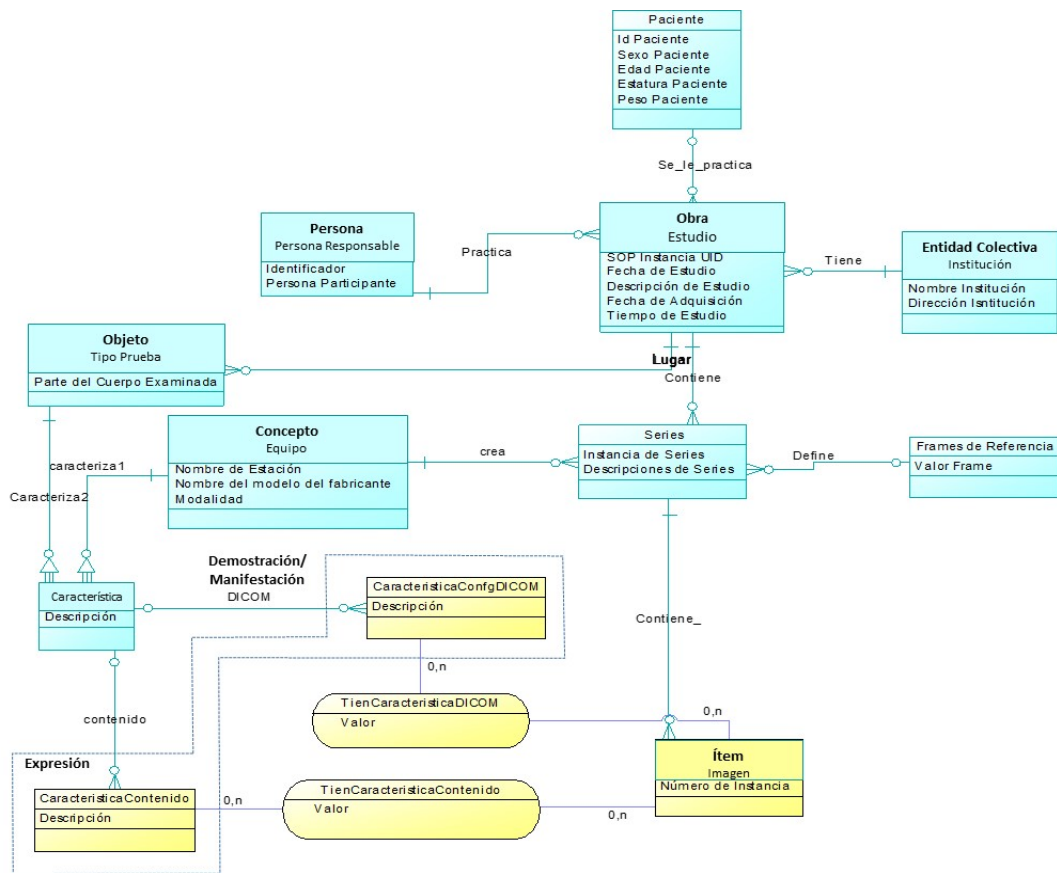
conceptual como propuesta para la gestión de una colección digital de imágenes médicas. Este diagrama integra los elementos analizados con respecto al estándar DICOM y las características visuales de las imágenes, donde pueden observarse las correspondencias de las entidades del FRBR/RFDID con las entidades de DICOM (*Persona-Persona Responsable, Entidad Colectiva-Institución, Objeto-Tipo de Prueba, Ítem-Imagen, Obra-Estudio, Concepto-Equipo*). Además, en la misma figura se presentan las interrelaciones *Lugar* y *Demostración/manifestación*, así como los nuevos datos persistentes analizados en este trabajo con respecto a las características de contenido visual.

Posteriormente, la figura 5b presenta la implementación del mismo diagrama conceptual, incluyendo los principales atributos de cada una de las entidades y relaciones allí descritas. Esta implementación fue realizada en una herramienta de software de modelado conceptual.

Figura 5. Diagrama Conceptual E-R propuesto para la gestión y representación de imágenes médicas digitales.



b) Implementación con atributos



Fuente Propia

Es importante resaltar que las entidades *CaracterísticaConfigDICOM*, *Ítem* y *CaracterísticaContenido*, contienen la representación por contenido visual de la imagen y los metadatos o características que describen la configuración de la imagen en términos administrativos del estándar DICOM (dependerán del tipo de imagen que es capturada en la prueba médica, por ejemplo: radiología, tomografía, entre otras), siendo este uno de los principales aportes de este trabajo que buscaba integrar esta información en la representación de las imágenes médicas.

Resumiendo, los nuevos elementos integrados en el diagrama conceptual propuesto de la Figura 5b, relacionados con las características de contenido visual, permitirán una representación con mayor información del contenido de las imágenes digitales con respecto a otros trabajos desarrollados previamente en la literatura revisada. Adicionalmente, la integración del estándar DICOM para la representación de las imágenes médicas digitales hace parte de las especificidades que deben considerarse en este tipo de imágenes y que facilitaran su interoperabilidad.

7. Conclusiones

El resultado de este trabajo que buscaba proponer una representación de imágenes médicas digitales dada su complejidad, fue un esquema donde: 1) los elementos descriptivos a partir de normas de catalogación y estándares de metadatos ampliamente utilizados para describir otros recursos de información, 2) el estándar de metadatos administrativos DICOM y 3) el conjunto de descriptores visuales (contenido visual) de las imágenes obtenido automáticamente a través de técnicas de extracción de características de los sistemas de recuperación de imágenes basada en contenido, fueron integrados utilizando el marco de referencia FRBR, el modelo RFDID y el modelo conceptual Entidad-Interrelación que permitió construir el esquema conceptual propuesto, el cual representa de manera más completa y eficiente una imagen médica digital.

Las características de bajo nivel proveen información del contenido visual de las imágenes, siendo estas importantes en procesos de búsqueda y recuperación no convencionales, porque a partir de una consulta con imagen de referencia y no por texto, se disminuye la subjetividad y se aumentan los mecanismos de búsqueda de la imagen médica digital como recurso informacional, en un sistema de catalogación del ámbito médico. Siendo este ámbito un alto generador de volúmenes de información tales como imágenes, no pueden desconocerse las características visuales como elementos relevantes para representar una imagen médica digital, porque además es un área de investigación donde pueden aunarse esfuerzos para contribuir desde la Ciencia de la Información y otras disciplinas.

A partir del conjunto de metadatos del estándar DICOM que facilita la interoperabilidad, proporcionando datos para representar la información administrativa y de la revisión realizada de otros elementos, se observó la falta de normas de catalogación y estándares de metadatos para representar metadatos descriptivos propios de las imágenes médicas digitales, ya que estas se diferencian ampliamente de otros recursos informacionales como las fotografías, las cuales han sido asociadas al concepto de imagen en general, para las cuales ya existen o se han adaptado normas y estándares que distan de representar completa y eficientemente una imagen médica digital dadas sus particularidades, sin embargo, en este trabajo el modelado conceptual permitió agregar y suplir esta deficiencia de registro y persistencia de toda la información que puede representar a las imágenes en estudio.

Finalmente se concluye que el conjunto de elementos previamente revisados hacen parte de las Ciencias de la Información y la Computación, que de manera interdisciplinaria conllevaron a la construcción de un esquema conceptual de representación de las imágenes médicas digitales a partir de sus representaciones textual (contexto) y de atributos visuales (contenido visual).

Agradecimientos

Los autores agradecen al Grupo de Inteligencia Computacional (GICO) de la Universidad del Cauca (Colombia) y al Grupo de *Pesquisa Novas Tecnologias*

em Informação (GPnti) de la Universidad Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Brasil).

8. Referencias bibliográficas

- American College of Radiology (2013). “National Radiology Data Registry”. <<https://nrdcr.acr.org/Portal/HELP/DIR/DataElementsInDIR-Header-SR.pdf>>. [Consulta: 01/12/2015]
- Amadasun, M.; King, R. (1989). Textural features corresponding to textural. *IEEE Transactions on systems, man and Cybernetics*, 5 (19), 1264-1274.
- Baracho, R. A.; Cendón, B. V.; Alvarenga, L. (2010). Metadados textuais e visuais para recuperação de informação em imagens, en: *Memorias del Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação-ENANCIB*, 10, 1-17.
- Barreto, J. S. (2007). Desafios e avanços na recuperação automática da informação audiovisual. *Revista Ciência da Informação IBICT*, 3 (36), 17-28.
- Classora Technologies (2013). Classora Technologies: Blog de Classora. <<http://blog.classora.com/2013/02/28/metadatos-definicion-aplicaciones-y-estandares/>>. [Consulta: 23/11/2015]
- Del-Rio, D.; Bocanegra, C.; Santo, D. (2008). La cabecera del estándar DICOM. *Revista eSalud.com*, 16 (4), 1-23.
- Fusco, E. (2010). *Modelos conceituais de dados como parte do processo da catalogação; perspectiva de uso dos FRBR no desenvolvimento de catálogos bibliográficos digitais*. Brasil: Facultad de Filosofía y Ciencias, Universidad Estadual Paulista.
- García, I. (2011). Imágenes Médicas, en *Portaciones a la segmentación y caracterización de imágenes médicas 3d*. Sevilla, 11-32.
- Güld, M.; Kohnen, M.; Keysers, D.; Schubert, H.; Wein, B.; Bredno, J.; Lehmann, T. (2002) Quality of DICOM header information for image categorization en: *Proceedings of the International Symposium of Medical Imaging*, 4685, 280-287.
- Howarth, P. D (2007). *Discovering images: features, similarities and subspaces*. Department of Computing, University of London, Imperial College of Science, Technology and Medicine, London.
- Imagenología (2012). Concepto de Imagenología. <<http://imagenologiacr.blogspot.com.br/2012/04/concepto-de-imagenologia.html>>. [Consulta: 16/11/2015]
- La-Serna, N.; Contreras, W.; Ruiz, M. E. (2010). Procesamiento Digital de Texturas: Técnicas utilizadas en aplicaciones actuales de CBIR”. *Revista de Investigación de Sistemas e Informática*, 1 (7), 57-64.
- Maldonado, J. O. (2008). *Estudio de métodos de indexación y recuperación en bases de datos de imágenes*. San Sebastián: Facultad de Informática, Universidad del País Vasco.
- Mera, M. (2012). *Prototipo de sistema de recuperación de imágenes microscópicas basada en contenido visual para el asesoramiento del diagnóstico de condiloma plano viral*. Colombia: Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca.
- Milstead, J.; Feldman, S. (1999). Metadata: cataloging by any other name. *Online: the leading magazine for information professionals*, 1 (23), 24-26, 28-31. <http://www.iicm.tugraz.at/thesis/cguetl_diss/literatur/Kapitel06/References/Milstead_et_al_1999/metadata.html>. [Consulta: 2/12/2015]
- Moreiro, J. A.; Robledado, J. (2003). *O conteúdo da imagem*. Brasil: Editora Universidade Federal do Paraná UFPR. 136.
- Narvaez, F. (2010). Recuperación de Imágenes por Análisis de Contenido para Apoyo en el

- Estudio de Masas Mamográficas: Primera aproximación para un CAD Colombiano, en *Memorias del IV Congreso Iberoamericano de Imagen Mamaria - XXXV Congreso Colombiano de Radiología*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Niso (2004). *Understanding Metadata*. Bethesda, MD: NISO Press.<<http://www.niso.org/standards/resources/UnderstandingMetadata.pdf>>.[Consulta: 2/12/2015]
- Roa, S. (2010). *Evaluación de técnicas para el análisis de relevancia en características para la recuperación de imágenes radiológicas por contenido visual*. Colombia: Facultad de Ingenierías, Universidad del Valle.
- Simionato, A. C. (2012). *Representação, acesso, uso e reuso da imagem digital*. Brasil: Facultad de Filosofía y Ciencias, Universidad Estadual Paulista.
- Yang, C. (2004). Content-based image retrieval: a comparison between query by example and image browsing map approaches. *Journal of Information Science*, 3 (30), 254-267.