

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELECITOLOGÍA QUE APOYE EL
PROGRAMA DE DETECCIÓN TEMPRANA DE CÁNCER CÉRVICOUTERINO
EN COLOMBIA**

LINA MARÍA GARCÉS RODRÍGUEZ

Ingeniera de Sistemas

ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO MECÁNICAS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
BUCARAMANGA

2012

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELECITOLOGÍA QUE APOYE EL
PROGRAMA DE DETECCIÓN TEMPRANA DE CÁNCER CÉRVICOUTERINO
EN COLOMBIA**

LINA MARÍA GARCÉS RODRÍGUEZ

*Trabajo de grado presentado para optar al título de Magister en Ingeniería de Sistemas e
Informática*

Directora:

MSc. Lola Xiomara Bautista Rozo

Codirectora:

Especialista en Patología. MD. Olga Mercedes Álvarez Ojeda

ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO MECÁNICAS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
BUCARAMANGA

2012

A Dios, por enseñarme el sendero que guía mi vida.

A mis padres, por ser mis amigos, por su dedicación, por apoyarme en el cumplimiento de mis metas, incentivarme en mis estudios, darme fortaleza en los momentos difíciles y ser mis profesores en la universidad de la vida. Les dedico todo mi éxito.

A mis hermanas, porque si importar lo que pase, siempre me van a dar motivos para sonreír.

Al profesor Alfonso Mendoza, por ser el motivador de mis estudios de posgrado, el apoyo en mi carrera profesional y mi modelo a seguir.

A Lolita, mi directora, por su apoyo en esta etapa de mi vida y por ayudarme a visualizar mi futuro profesional. Gracias por toda la confianza que depositó en mí.

A la doctora Olga, quien dedicó su tiempo en la enseñanza de su profesión, y por ser una mujer ejemplar.

A Andrés, mi amigo fiel e incondicional, coautor de gran parte de mi aprendizaje en los últimos años, en muchos aspectos de mi vida, muchas gracias por estar siempre ahí, sé que sin importar el problema siempre encontraremos solución, te quiero mucho.

A Hugo, por su gran conocimiento, sus ideas inspiradoras y su energía motivadora al momento de enfrentar retos.

A Juan, Miguel, Melissa, Diana, Yuly, por permitirme ser parte de su formación.

A mis amigos del GIIB, Manuel, Darío, Chaux con quienes compartí momentos inolvidables, y por los debates de medio día, algún día solucionaremos los problemas del mundo.

Gracias Totales!

RESUMEN

TÍTULO:

ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELECITOLOGÍA QUE APOYE AL PROGRAMA DE DETECCIÓN TEMPRANA DE CÁNCER CÉRVICOUTERINO EN COLOMBIA*

AUTOR:

LINA MARÍA GARCÉS RODRÍGUEZ **

PALABRAS CLAVE:

TELECITOLOGÍA, ARQUITECTURA SOFTWARE, TELEMEDICINA, TELEMICROSCOPIA, PRUEBA DE PAPANICOLAOU

DESCRIPCIÓN:

La baja eficiencia de la tamización por citología de cérvix uterino o prueba de Papanicolaou ha conllevado, pese a los esfuerzos del programa de detección temprana de cáncer cérvicouterino, a que la incidencia de éste cáncer en Colombia sea muy alta. Uno de los factores que promueve este problema de salud, es la falta de sistemas de información que le den apoyo al proceso de diagnóstico basado en citología cérvicouterina. Partiendo del hecho de que implantar un sistema sin conocer los requerimientos de los stakeholders involucrados en el proceso, puede llevar al deterioro del sistema en su conjunto y producir resultados contrarios a los esperados, en este documento se presenta la Arquitectura Software de un Sistema de Telecitología que sigue el Proceso iterativo de Diseño de Arquitectura de tres pasos; de igual manera se exponen los requerimientos funcionales y de atributos de calidad, como también la documentación de las decisiones, las cuales se reflejan en vistas arquitectónicas, que a su vez detallan el rationale obtenido del análisis; Así mismo, se muestra la validación del diseño mediante pruebas de escenarios y prototipos. Como resultado de la validación de la Arquitectura Software se puede concluir que es posible concebir un sistema de telecitología que brinde apoyo al programa de detección temprana de cáncer cérvicouterino en Colombia.

* TESIS DE MAESTRÍA

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Directora: MSc. Lola Xiomara Bautista Rozo. Codirectora: Esp. MD. Olga Mercedes Álvarez Ojeda.

SUMMARY

TITLE:

ANALYSIS AND DESIGN OF TELECYTOLOGY SYSTEM FOR SUPPORT THE EARLY DETECTION PROGRAM OF UTERINE CERVIX CANCER*

AUTHOR:

LINA MARÍA GARCÉS RODRÍGUEZ **

KEYWORDS:

TELECYTOLOGY, SOFTWARE ARCHITECTURE, TELEMEDICINE, TELEMICROSCOPY, PAPANI-COLAOU TEST.

DESCRIPTION:

Low efficiency in uterine-cervix-cytology or Papanicolaou-test screening has led, despite efforts of the detection program of uterine-cervix-cancer, high incidence of this cancer in Colombia. One promoting factor of this healthcare problem, is the absence of information systems to support the diagnosis process based in uterine-cervix-cytology. Based on the fact that the implantation of systems without knowledge of stakeholders requirements involved in the process, can led system deterioration by itself and to produce results against the expected, is presented the Telecytology System Software Architecture following a three step Iterative Architecture Design Process; likewise is exposed the functional and quality attributes requirements, also the documentation of architectural decisions, which are reflects in architectural views which in turn exposed the rationale obtained by the analysis; Equally, is shown design validation through scenarios and prototyping proofs. As results of Software Architecture is concluded that is possible to conceive one telecytology system to bring support to the early detection program of uterine-cervix-cancer in Colombia.

* RESEARCH WORK

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. Systems Engineering School. Advisor: Msc. Lola Xiomara Bautista Rozo. Co-advisor: Esp. MD. Olga Mercedes Álvarez Ojeda.

Índice general

1. Introducción	17
2. Documentación de la Arquitectura Software del Sistema de TeleCitología	26
2.1. Generalidades del Proyecto	27
2.1.1. Proceso de diagnóstico basado en citología cérvicouterina . . .	30
2.1.2. Fase Pre analítica:	32
2.1.3. Fase Analítica:	35
2.1.4. Fase Pos Analítica:	47
2.1.5. Análisis de Escenarios:	50
2.1.6. Identificación de los Stakeholders	61
2.2. Funcionalidad	61
2.2.1. Requerimientos Funcionales (RF)	62
2.2.2. RF del Sistema de Telecitología	63
2.2.3. Requerimientos No Funcionales (RNF)	74
2.2.4. RNF del Sistema de Telecitología	78
2.3. Vistas de la Arquitectura Software para el Sistema de Telecitología . .	82
2.3.1. Clasificación de las Vistas Arquitectónicas:	89
2.3.2. Documentación de las Vistas Arquitectónicas	89
3. Validación de la Arquitectura Software del Sistema de Telecitología	94

3.1. Técnicas de Validación	94
3.1.1. Uso de Escenarios	94
3.1.2. Prototipado	95
3.2. Resultados de la Validación	96
3.2.1. Prueba de Escenarios	96
3.2.2. Pruebas por Prototipado	108
3.3. Análisis de Resultados	113
3.3.1. Cumplimiento de Atributos de Calidad	113
3.3.2. Técnica de TMic	114
4. Conclusiones, Contribuciones y Trabajo Futuro	117
4.1. Conclusiones	117
4.2. Contribuciones	121
4.3. Trabajo Futuro	123
Bibliografía	125

Índice de figuras

1.1. Proceso de Arquitectura iterativa de tres pasos. Adaptada de: [3]	23
1.2. Contenido del Libro	25
2.1. Estructura de la documentación de la Arquitectura Software del Sistema de Telecitología	27
2.2. Etapas del proceso de diagnóstico	31
2.3. Casos de Uso para la Fase de Pre Análisis del Proceso de Diagnóstico basado en Citología Cérvicouterina	32
2.4. Casos de Uso para la Fase de Análisis del Proceso de Diagnóstico basado en Citología Cérvicouterina	36
2.5. Esquemas de Lectura de Citologías Cérvicouterinas. Fuente: [26]	39
2.6. Clasificación Bethesda: 1. Negativo para Lesión Intraepitelial o Malignidad	39
2.7. Clasificación Bethesda: 2. Otras Categorías	39
2.8. Clasificación Bethesda: 3. Anomalías de Células Epiteliales	40
2.9. Clasificación Bethesda: 4. Otras Neoplasias Malignas	40
2.10. Formato de Toma y Lectura de Citologías Cérvicouterinas. Fuente: Comparta EPS-S.	42
2.11. Formato de Toma y Lectura de Citologías Cérvicouterinas. Fuente: Laboratorio Citomed.	43

2.12. Formato de Toma y Lectura de Citologías Cérvicouterinas. Fuente:	
E.S.E Hospital San Pedro Claver.	44
2.13. Formato de Toma y Lectura de Citologías Cérvicouterinas. Fuente:	
Bienestar Universitario UIS.	45
2.14. Formato de Toma y Lectura de Citologías Cérvicouterinas. Fuente: La-	
boratorio LESPAT.	46
2.15. Casos de Uso para la Fase de Pos Análisis del Proceso de Diagnóstico	
basado en Citología Cérvicouterina	47
2.16. Escenario número 1	55
2.17. Escenario número 2	56
2.18. Escenario número 3	56
2.19. Escenario número 4	57
2.20. Escenario número 5	57
2.21. Escenario número 6	58
2.22. Escenario número 7	59
2.23. Escenario número 8	59
2.24. Escenario número 9	60
2.25. Escenario número 10	60
2.26. Relación de conceptos en el Diseño de Arquitectura Software	83
2.27. Vista de Descomposición de Alto nivel	90
2.28. Vista Cliente Servidor Sistema de Telecitología	91
2.29. Secciones que componen el Wiki	92
3.1. Componentes para el logro del atributo de calidad AC1	109
3.2. Componentes para el logro del atributo de calidad AC5	110
3.3. Aberraciones de iluminación en un segmento de Lámina Virtual, com-	
puesto por cinco campos celulares	110

3.4. Componentes para el logro de los atributos de calidad AC2 y AC4 . . .	112
3.5. Resultado de la Transferencia de una Lámina Virtual digitalizada a 10x y comprimida con OpenJPEG	113
3.6. Distribución de AC de acuerdo a la prioridad	114
3.7. Porcentaje de cumplimiento de los AC según su prioridad	115
3.8. Comparación técnicas de TMic existentes con la propuesta	116

Glosario

Arquitectura de Referencia Proporciona guías para el desarrollo de arquitecturas de nuevas versiones del sistema o para la extensión de sistemas y familias de productos. Una Arquitectura de Referencia se crea capturando lo esencial de las arquitecturas existentes y tomando en cuenta las necesidades futuras y oportunidades [1]. La Arquitectura de Referencia hace mención a la definición de una arquitectura para un dominio de aplicación particular. Describe el conjunto de alto nivel de los elementos involucrados en aplicaciones de un dominio en particular a través de sus interacciones, con el fin de poderlos aplicar a un gran número de sistemas para tal dominio. Las definiciones de la Arquitectura de referencia también proporcionan un excelente framework para el desarrollo de un sistema específico en ese dominio de aplicación y pueden ahorrarle al arquitecto de software una cantidad significativa de tiempo redescubriendo esos elementos [2].

Arquitectura de Línea de Producto Representa un conjunto de prácticas probadas que pueden ser adoptadas y adaptadas dentro de una empresa para apalancar las inversiones en arquitecturas software y componentes [3], e igualmente permitir el desarrollo de productos de una forma más costo-efectiva, debido al potencial reuso del diseño e implementación [2]. Para diseñar una arquitectura de línea de producto, un arquitecto depende en gran medida del alcance de la línea de producto, el cual es un estado qué tendrán en común todos los productos en una línea de producto y las

formas específicas en las que ellos variarán entre sí [4].

Arquitectura de Software Es una subdisciplina de la Ingeniería de Software, y se define como la estructura (o conjunto de estructuras) de un sistema, que comprende los elementos software, las propiedades visibles externamente de éstos elementos, y las relaciones entre ellos [5].

La Arquitectura Software es el estudio de estructuras a gran escala y del desempeño de los sistemas software. Aspectos importantes de la arquitectura del sistema incluye la división de las funciones entre módulos del sistema, el medio de comunicación entre módulos, y la representación de la información compartida [6].

Arquitectura Genérica Se define como una organización topológica de un conjunto de módulos parametrizados, junto con las relaciones entre módulos. Diseñar un sistema software utilizando una arquitectura genérica consiste de instanciar los parámetros de cada módulo parametrizado por un valor concreto mientras se mantiene las restricciones entre módulos [6].

Atributo de Calidad Propiedad de un producto de trabajo o activo, por el cual su calidad puede ser juzgada por algún stakeholder. Los requerimientos de atributos de calidad para desempeño, seguridad, modificabilidad, disponibilidad, y usabilidad tienen una influencia significativa sobre la arquitectura software de un sistema [7].

Caso de Uso Son utilizados para representar la funcionalidad del sistema. Se centran en el comportamiento del sistema desde un punto de vista externo [8] .

Componente Principal elemento computacional y almacén de datos que se ejecuta en un sistema [7].

Conector Ruta en tiempo de ejecución de interacción entre dos o más componentes [7].

Elemento Arquitectónico Bloque de construcción arquitectónico (componente, conector o módulo) que es nativo a un estilo [6].

Escenario Descripción de la interacción del sistema con respecto a algún atributo de calidad [7].

Estilo Arquitectónico Una **especialización** de elemento y tipos de relaciones, junto con un conjunto de restricciones sobre cómo deben usarse [7].

Estructura Arquitectónica Es un conjunto de elementos arquitectónicos, como ellos existen en software o hardware. Las estructuras son a menudo descritas en términos de **estilos arquitectónicos** [4]. Las estructuras arquitectónicas pueden ser divididas en tres grupos (módulo, componente y conector, y asignación), dependiendo de la naturaleza general de los elementos que ellas muestran [9].

Módulo Unidad de implementación de software que proporciona un conjunto coherente de responsabilidades [6].

Patrón Arquitectónico Una **descripción** de elemento y tipos de relación junto con un conjunto de restricciones sobre cómo deben ser utilizados [7].

Prototipo Los prototipos son mínimas, restringidas o cortas versiones de la aplicación deseada, creada específicamente para probar algunos aspectos riesgosos o poco entendidos del diseño [3].

Requerimiento Es una característica que el sistema debe tener o una restricción que debe satisfacer para ser aceptado por el cliente [8].

Requerimiento Funcional (RF) Describe una interacción entre el sistema y su entorno, independiente de su implementación. El entorno incluye el usuario y cualquier sistema externo con el cual el sistema interactúa [8].

Requerimiento No Funcional (RNF) Describe un aspecto del sistema que no está relacionado directamente con el comportamiento funcional del sistema. Los RNF incluyen una amplia variedad de requerimientos que aplican a muchos aspectos diferentes del sistema [8].

Restricción Requerimiento para el cual las decisiones de diseño están predefinidas [6].

Sistema Colección de entidades (elementos, componentes, modelos, etc.) que están organizados para un propósito común [7].

Stakeholder Alguien quien tiene un interés invertido en la arquitectura [7].

Vista Arquitectónica Representación de un conjunto de elementos del sistema y las relaciones entre ellos. Una vista muestra una perspectiva particular del sistema (ej, unidades de código, elementos en tiempo de ejecución) y puede mostrar el sistema completo o por partes. La Arquitectura es transmitida por un conjunto de vistas, no por una sola [7].

1. Introducción

El cáncer cérvicouterino es el segundo tipo de cáncer más frecuente en la población femenina a nivel mundial, fue responsable de más de 250.000 muertes en el 2005, cerca del 80 % de las cuales ocurrieron en países en desarrollo. Es una enfermedad mundial, pero las mayores tasas de incidencia se han encontrado en América Central y América del Sur, África Oriental, Asia Meridional y Sudoriental y Melanesia [10] .

En Colombia continúa siendo la segunda causa de muerte por cáncer en mujeres, a pesar de la implementación desde 1991 de la detección temprana basada en la citología cérvicouterina o prueba de Papanicolaou [10], [11] .

Los programas organizados de tamización en países desarrollados han logrado reducir las tasas de mortalidad hasta en un 80 %; sin embargo, en los países en desarrollo no se ha logrado mayor descenso de la mortalidad [12]. La falta de efectividad de la tamización puede estar relacionada con diversos factores, que incluyen la cobertura de la población, la calidad en la toma y en la lectura de la citología, el acceso oportuno a la confirmación diagnóstica y al tratamiento, a la calidad del tratamiento, y a la insuficiencia de los sistemas de información que le den soporte a este proceso [11], [13].

Con respecto al último factor, hace más de cuarenta años que investigadores en diferentes disciplinas estudian las posibilidades de usar tecnologías de información y comunicación para mejorar la atención de salud de poblaciones dispersas y remotas. En la última década, varios acontecimientos han contribuido al resurgimiento de la telemedicina en los países industrializados y han despertado gran interés en los países en desarrollo. La aplicación de las recientes herramientas de informática y telecomunicaciones al campo de la atención de salud brinda importantes posibilidades de mejorar la cobertura de los servicios, permite intercambiar con mayor efectividad informaciones administrativas y clínicas, y contribuye a formar al personal de salud [14].

La Telemedicina y las tecnologías relacionadas con la salud buscan proporcionar un cuidado de la salud eficiente para mejorar el bienestar de pacientes y brindar experiencia médica a bajo costo para las personas que lo requieren en el tiempo indicado. La Telemedicina tiene varios usos potenciales como clínico, educativo y administrativo [15]. Esta modalidad de prestación de servicios médicos actualmente cubre varias áreas de especialidad como cardiología, dermatología, radiología y patología, entre otras [16].

El uso de tecnologías de comunicación en la práctica de patología anatómica o clínica es denominado *Telepatología*. En el escenario usual de la Telepatología, un médico patólogo localizado remotamente visualiza imágenes de muestras de tejidos con el fin de hacer un diagnóstico de la biopsia [17].

La adquisición, transmisión y visualización de las muestras de tejidos se hace mediante tecnologías de microscopía a distancia o TeleMicroscopía (TMic). Hay tres tecnologías de TMic que se han venido desarrollando, la *TMic estática*, *TMic dinámica*

y *Microscopía Virtual*. La aplicación de las diferentes tecnologías de TMic depende de las condiciones económicas, tecnológicas y científicas de los países, pero todas utilizan el concepto de envío de imagen microscópica digitalizada de los tejidos celulares, desde un sitio remoto, para su revisión por un médico patólogo en los centros especializados [18]. Estas tecnologías de microscopía son la base para los sistemas de Telepatología, los cuales ayudan a reducir el tiempo de diagnóstico, ya que se evita el traslado físico del material celular y de los diagnósticos, y a administrar la información de la paciente almacenada en repositorios de datos. En el cuadro 1.1 se presenta una descripción de las técnicas de TMic existentes en la actualidad.

Cuadro 1.1: Descripción de técnicas de TMic [18]

Técnica de TMic	Descripción
Estática	<p>Envío al médico patólogo de imágenes estáticas de los Campos de observación que el citotecnólogo cree representativos para diagnóstico. De aproximadamente 20.000 imágenes que se pueden obtener de una lámina, se envían entre 5 y 10.</p> <p>Inconveniente: Los Médicos patólogos se sienten inseguros a la hora de trabajar con estas imágenes, ya que no pueden tener una visión general del estado de la paciente.</p>

Cuadro 1.1 – (Continuación)

Técnica de TMic	Descripción
Dinámica	<p>Permite al destinatario ver en vivo, en tiempo real las imágenes de un microscopio remoto.</p> <p>Métodos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ No Robótico: el microscopio es controlado desde el centro de remisin por un operador. ■ Roótico: Permite al evaluador remoto controlar el campo de selección, aumento y foco <p>Inconveniente: Ambos métodos requieren un ancho de banda razonable para que la transmisión no presente latencias.</p>

Cuadro 1.1 – (Continuación)

Técnica de TMic	Descripción
Microscopía Virtual	<p>Se hace una digitalización de toda la lámina creando un conjunto de datos muy grande de datos, en orden de GigaBytes.</p> <p>En el sitio remoto, el médico patólogo puede ver esta imagen pre capturada como si estuviera viendo el porta objetos en el microscopio original, incluyendo cambios en el aumento como también el movimiento de la placa al área deseada en el campo. Es un escenario diferente a la TMic estática y dinámica que toma las ventajas de estas últimas.</p> <p>Inconveniente: Se requieren de equipos de escaneo costosos para capturar toda la información celular de la lámina.</p>

Dentro de las diferentes áreas donde puede ser aplicada la Telepatología, se encuentra la Citología, la cual es el área de interés a tratar en el presente documento. Según Yamashiro et al, en [19], se concluye que la Telecitología es muy útil para diagnóstico citológico primario en centros de salud regionales y es una modalidad que puede aumentar la precisión del diagnóstico citológico en los próximos años.

Antes de implantar un Sistema de Telecitología, se debe tener en cuenta que, cuando la introducción de nuevas tecnologías de información en sistemas de salud, se planea y conduce deficientemente, puede llegar a deteriorar el sistema en su con-

junto y producir resultados que se contraponen al objetivo inicial del proyecto. Una de las principales causas de fracaso de numerosos proyectos de telemedicina se atribuye a que su desarrollo se centra más en la propia tecnología que en las necesidades concretas del personal de salud o de la población beneficiaria, ya que se debe hacer frente a la paradoja de tener una solución tecnológica en busca de un problema de salud a solucionar [14]. Así mismo, hay una necesidad de que las entidades de salud posean infraestructuras tecnológicas que soporten procesos de negocios complejos de forma incremental, que aumenten su eficiencia organizacional y reduzcan sus costos. Igualmente, se requiere crear sistemas tecnológicos que sean adaptables de forma ágil y fácil, para responder a la tasa de cambio de las necesidades de negocio.

Para superar estos retos, los sistemas software desarrollados deben estar basados en decisiones a nivel arquitectónico, ya que de esta manera se facilita el logro de los objetivos del negocio, permitiendo el cumplimiento de los requerimientos funcionales y de calidad [20], característica que le ha concedido a la Arquitectura Software desempeñar un rol muy importante en la determinación del éxito de los sistemas software.

Como tal, la Arquitectura Software, es una subdisciplina de la Ingeniería de Software, definida como la estructura (o conjunto de estructuras) de un sistema, que comprende los elementos software, las propiedades visibles externamente de éstos elementos, y las relaciones entre ellos [5].

Es por ésta razón, que antes de implantar un sistema de Telecitología que brinde apoyo al Programa de Detección temprana de cáncer cérvicouterino en Colombia, es necesario realizar un Análisis de requerimientos del personal de salud, entidades involucradas en el proceso, población involucrada y de la tecnología con la que se cuenta en los centros de salud regionales, para que a partir de éste se pueda diseñar

la Arquitectura Software de un Sistema que se adecúe a todas las necesidades encontradas.

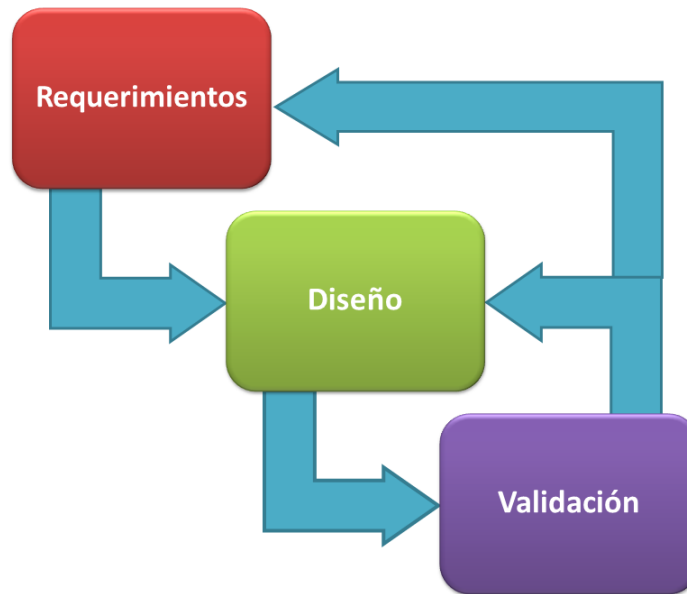


Figura 1.1: Proceso de Arquitectura iterativa de tres pasos. Adaptada de: [3]

La estructura del presente documento está guiada por el Proceso de Arquitectura iterativa de tres pasos, definida por Gorton en [3]. Como se ilustra en la Figura 1.1 la primera fase de este proceso es establecer y documentar los Requerimientos que guían la Arquitectura; la segunda fase es seleccionar los estilos arquitectónicos, especificar componentes, definir las vistas arquitectónicas y registrarlas en el Documento de Diseño de la Arquitectura; y la tercera fase es Validar el Diseño de la Arquitectura. En el Capítulo 2 se expone la Documentación de las dos primeras fases, la cual sigue la estructura definida por Garlan en [4] para la documentación de Arquitecturas Software ; La Validación del Diseño de la Arquitectura Software se detalla en el Capítulo 3. El Capítulo 4 corresponde a las Conclusiones y Recomendaciones que se logran en el transcurso del Diseño de la Arquitectura Software del Sistema de Telecitología.

Para conocer las secciones de cada capítulo ver Figura 1.2.

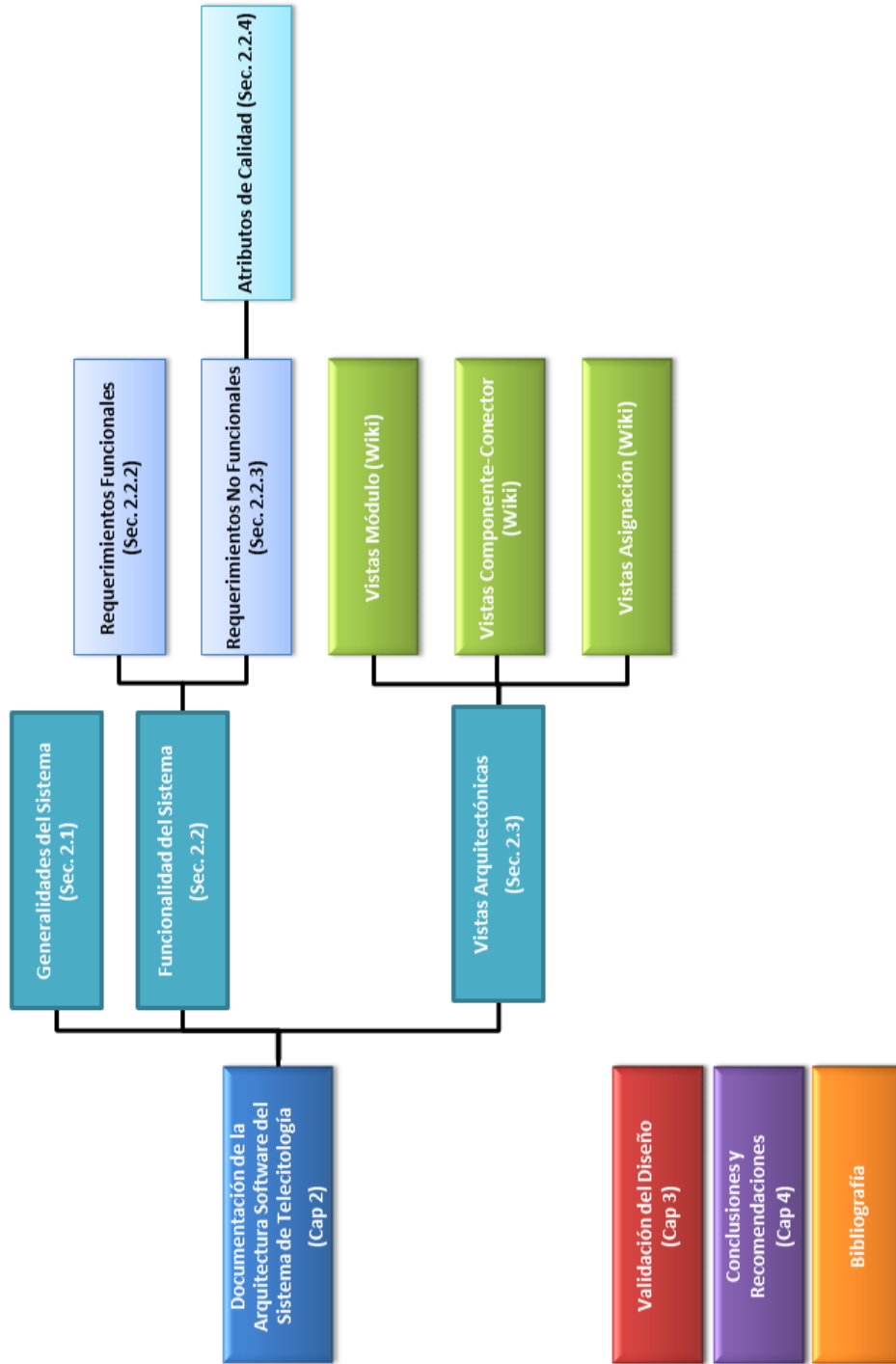


Figura 1.2: Contenido del Libro

2. Documentación de la Arquitectura Software del Sistema de TeleCitología

La Documentación de la Arquitectura Software del Sistema de Telecitología, (Ver Figura 2.1), sigue la estructura dada por Garlan en [4], donde en primer lugar se detallan las generalidades del proyecto, brindándole al lector la información requerida para entender el entorno que enmarca el Análisis y Diseño del Sistema de Telecitología. Ésta información contempla en primer lugar la problemática social relacionada al cáncer cérvicouterino, seguido del proceso de Diagnóstico basado en citología cérvicouterina, explicando cada una de sus fases, etapas y actividades al igual que los usuarios asociados a éste proceso y terminando con la identificación de los Stakeholders involucrados en el Diseño de la Arquitectura Software.

Una vez comprendido el entorno, se exponen los Requerimientos Funcionales y los Requerimientos No Funcionales, resaltando los requerimientos de los atributos de calidad, que se encontraron al momento de realizar las entrevistas con los diferentes stakeholders, los cuales guiaron las decisiones de Diseño de la Arquitectura del Sistema. Estas decisiones se plasman en las Vistas de la Arquitectura, las cuales capturan las soluciones (estilos, patrones, librerías, etc) seleccionadas para satisfacer

los requerimientos de los atributos de calidad.

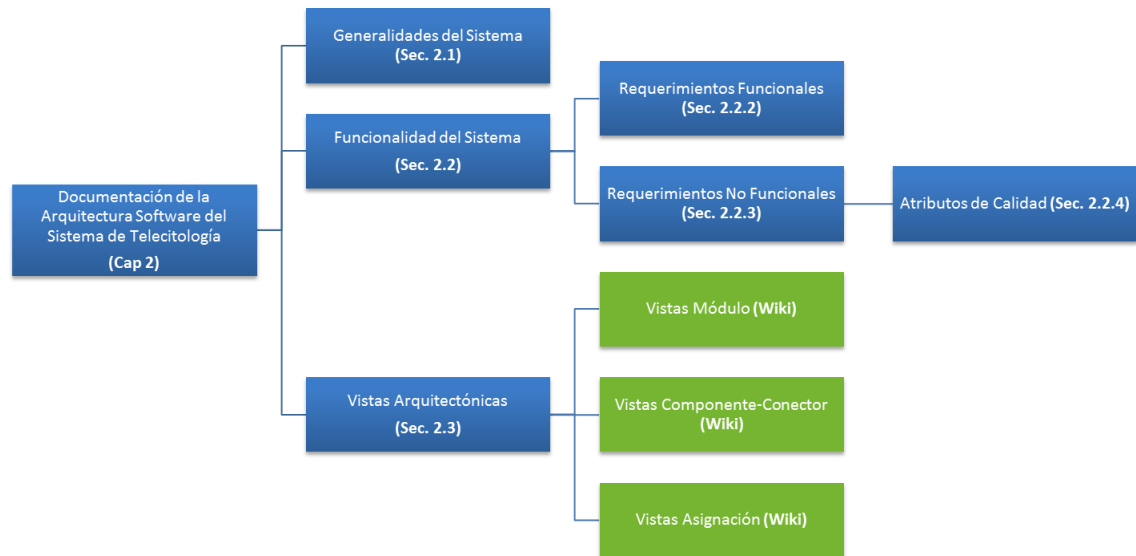


Figura 2.1: Estructura de la documentación de la Arquitectura Software del Sistema de Telecitología

2.1. Generalidades del Proyecto

Se calcula que cada año se presentan en el mundo más de 11 millones de casos nuevos de cáncer, de los cuales cerca del 80 % se dan en países en vías de desarrollo. Para estos países, el control del cáncer y de las otras enfermedades crónicas impone retos particulares pues, generalmente estas enfermedades coexisten con necesidades básicas insatisfechas y también con una carga alta por enfermedades transmisibles en una franja importante de la población.

El cáncer es la segunda causa de mortalidad en mujeres, después de las enfermedades cardiovasculares. Desde el punto de vista económico, los costes atribuibles a las enfermedades neoplásicas son directos e indirectos. Los costes directos son los que se refieren directamente al consumo de recursos del sistema de atención sanitaria (atención hospitalaria, hospitalizaciones, atención primaria, fármacos, etc) ; y los

costes indirectos los relacionados con la disminución o pérdida de productividad debida a la mortalidad prematura y a la incapacidad laboral atribuible a una patología determinada. Según diversos estudios en el caso de las enfermedades neoplásicas el mayor porcentaje de los costes son de tipo indirecto. De acuerdo con las previsiones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el cáncer se convertirá en la principal causa de muerte en el mundo, seguido por las enfermedades cardíacas y los derrames cerebrales. Este nuevo análisis crítico, realizado por los investigadores de la Sociedad Americana del Cáncer, John M. Rijo, Ph.D., director de investigación internacional de control del tabaco, y Hana Ross, Ph.D., directora estratégica de investigación internacional de control del tabaco, muestra que el cáncer tiene el mayor impacto económico por muerte prematura y discapacidad de todas las causas de muerte en el mundo [21].

El cáncer de cuello uterino, o cáncer cervical, es un tipo frecuente de cáncer en mujeres, y consiste en una patología donde en el tejido de cuello uterino aparecen células cancerosas (malignas). El cáncer de cuello uterino empieza creciendo lentamente. Antes que aparezcan células cancerígenas en el cuello uterino, los tejidos normales de éste pasan por un proceso conocido como displasia, durante el cual empiezan a aparecer células anormales; después, las células cancerígenas comienzan a crecer y se diseminan con mayor profundidad en el cuello uterino y en las áreas circundantes [22].

Las mujeres con mayor riesgo de cáncer de cuello uterino son las habitantes de departamentos alejados de las áreas metropolitanas, zonas de frontera y riberas de los grandes ríos. El 76,6 % de las mujeres colombianas entre 25 y 69 años se han realizado una citología en los últimos tres años y en el último año solo el 50 %. Hay grandes dificultades en los componentes de calidad y de seguimiento, diagnóstico definitivo y tratamiento de lesiones cervicales precancerosas y cáncer[23].

Las actividades para la detección temprana del cáncer de cuello uterino han sido centradas en el estudio de las mujeres en situación de riesgo para adquirir la enfermedad, empleando la prueba de papanicolaou o citología de cuello uterino, como prueba tamiz en el tratamiento oportuno de lesiones intraepiteliales e invasivas, la cual fue desarrollada por el doctor George Nicholas Papanicolaou (1883-1962).

La citología de cuello uterino ha tenido éxito como técnica de detección temprana en la reducción de la mortalidad por cáncer de cuello uterino en países desarrollados. Aunque, como otras pruebas de tamización, no es un examen perfecto, suministra una categorización presuntiva de las anormalidades celulares encontradas. Se estima que la sensibilidad de la prueba de citología de cuello uterino es de 0,51 (intervalo de confianza de 95 %; 0,37-0,66) y la especificidad, 0,98 (intervalo de confianza de 95 %; 0,97-0,99), y que existe una falla en la detección de lesiones de 7 % al 25 % con extendido de cuello uterino único; por estas razones la sensibilidad baja de una sola prueba hace que sea necesario realizarla con relativa frecuencia según los esquemas adoptados.

En Colombia se emplea la citología convencional de cuello uterino como método de detección con terminología Bethesda [24], adoptada por la norma técnica para la detección temprana del cáncer de cuello uterino y guía de atención de lesiones pre-neoplásicas de cuello uterino.

Considerando la perspectiva de riesgo vital, los falsos negativos (subdiagóstico) de la prueba de tamización son importantes debido a que posibilitan la progresión de lesiones epiteliales; su repercusión clínica final dependerá de la realización posterior de un nuevo examen de citología, del período de tiempo que transcurra entre los

exámenes y de la calidad de los servicios de salud para la recolección de muestras e interpretación citológica .

El informe de la Agency for Health Care Policy and Research señala que los dos mayores componentes del porcentaje de falsos negativos en exámenes de citología se relacionan con el error en la toma de la muestra (las células anormales no se recolectan o no son transferidas a la lámina) y con el error de detección (las células anormales se omiten durante la visualización microscópica o se interpretan de manera equivocada). Se estima que dos tercios de los falsos negativos están relacionados con errores en la técnica de toma de muestra y el tercio restante es resultado de error en la interpretación. Las tasas de falsos negativos pueden llegar a ser muy elevadas, entre 5 % y 30 %, e incluso superior; se admite que la fracción irreducible de falsos negativos puede ser hasta de 5 % [25].

Algunos de los factores que influyen en los resultados falsos negativos en citología, son la inadecuada técnica de procesamiento de muestras, errores en la interpretación de láminas (uso de nomenclatura aceptada), la variabilidad intra e interobservador. Uno de los factores que influyen en la sensibilidad de la citología de cuello uterino es la falta de un Sistema software unificado que permita la generación de reportes [26].

2.1.1. Proceso de diagnóstico basado en citología cérvicouterina

El laboratorio de citología de cuello uterino es una estructura organizacional médica responsable de producir resultados presuntivos de lesiones intraepiteliales o invasivas de cuello uterino, basados en la reproducibilidad de criterios citomorfológicos universalmente aceptados.

El Instituto Nacional de Salud, en el documento *Guía control de calidad para toma,*

procesamiento e interpretación de citologías de cuello uterino,[26] establece tres fases que cubren diferentes etapas del proceso, que se debe llevar a cabo para diagnosticar adecuadamente una citología (Ver Figura 2.2). La Fase Pre analítica comprende la etapa 1, 2 y 3; la Fase Analítica comprende las etapas 4 y 5; y la Fase Pos analítica comprende las etapas 6, 7 y 8.

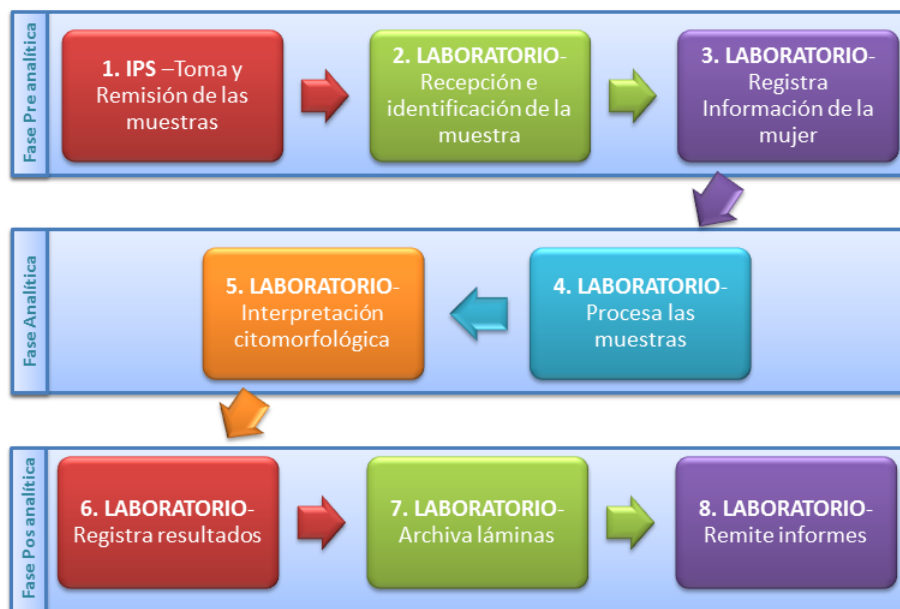


Figura 2.2: Etapas del proceso de diagnóstico

A continuación se detallan los casos de uso, las actividades y las personas que intervienen en cada una de estas etapas del proceso.

2.1.2. Fase Pre analítica:

Casos de Uso:

Los casos de uso de esta fase se pueden ver en la Figura 2.3. Los usuarios y las actividades realizadas por ellos, son detalladas en el Cuadro 2.1.

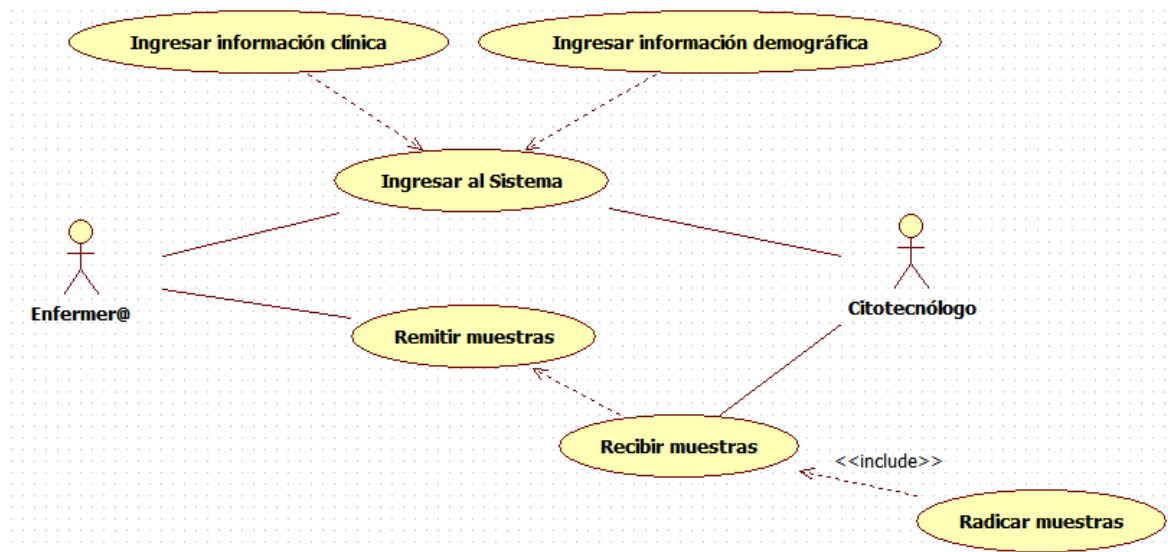


Figura 2.3: Casos de Uso para la Fase de Pre Análisis del Proceso de Diagnóstico basado en Citología Cérvicouterina

Cuadro 2.1: Actividades en la Fase Preanalítica

Etapas	Entidad	Actividad	Usuario
Toma de las Muestras	Centro de Salud de primer nivel	<ul style="list-style-type: none"> ■ Explicación del procedimiento a la paciente. ■ Diligencia la solicitud de citología de cuello uterino y rotula la lámina. ■ Evaluación de presencia de lesiones. 	Enfermero
Toma de las Muestras	Centro de Salud de primer nivel	Diligenciamiento del formato de solicitud de examen.	Enfermero
Toma de las Muestras	Centro de Salud de primer nivel	Marcación de las láminas citológicas (con lápiz con punta de diamante o de grafito, según el material de la lámina). Las láminas se remiten al laboratorio de citología o patología rotuladas con las iniciales de nombres y apellidos de la paciente y número de identificación.	Enfermero

Cuadro 2.1 – (Continuación)

Etapas	Entidad	Actividad	Usuario
Remisión de las Muestras	Centro de Salud de primer nivel	Las muestras se remiten al laboratorio junto con las solicitudes individuales de examen. Las láminas se transportan en empaque primario de material resistente al impacto. Se recomienda que la remisión de la muestra hacia el laboratorio no sea superior a 15 días.	Enfermero
Recepción e identificación de la muestra	Laboratorio	Verificación de las condiciones en que llegan las láminas y de la información consignada en la solicitud individual de examen de citología.	Auxiliar de Laboratorio (si se tiene) o Cito-tecnólogo
Recepción e identificación de la muestra	Laboratorio	Las láminas se rotulan con la numeración interna del laboratorio. Este rótulo debe ser permanente.	Auxiliar de Laboratorio (si se tiene) o Cito-tecnólogo

Cuadro 2.1 – (Continuación)

Etapas	Entidad	Actividad	Usuario
Registro de información	Laboratorio	La muestra se radica en un libro de registro del laboratorio, manejando una numeración consecutiva y anual. En el libro se consigna la fecha de recepción de la muestra, el número de consecutivo, nombre de la mujer y edad, resultado de la citología y fecha de emisión del resultado.	Auxiliar de Laboratorio (si se tiene) o Cito-tecnólogo

Errores en la Fase Preanalítica:

En esta fase se presentan deficiencias en el diligenciamiento de la solicitud individual de examen citológico (datos de identificación o datos clínicos incompletos o ilegibles); así como láminas sin identificación, marcadas con elementos no recomendados. De igual manera, las láminas en ocasiones se rompen, presentan deterioro por la mala manipulación, lo que afecta el procesamiento de las muestras y la interpretación de hallazgos citomorfológicos.

2.1.3. Fase Analítica:

Casos de Uso:

Los casos de uso de esta fase se pueden ver en la Figura 2.4. Los usuarios y las actividades realizadas por ellos, son detalladas en el Cuadro 2.2.

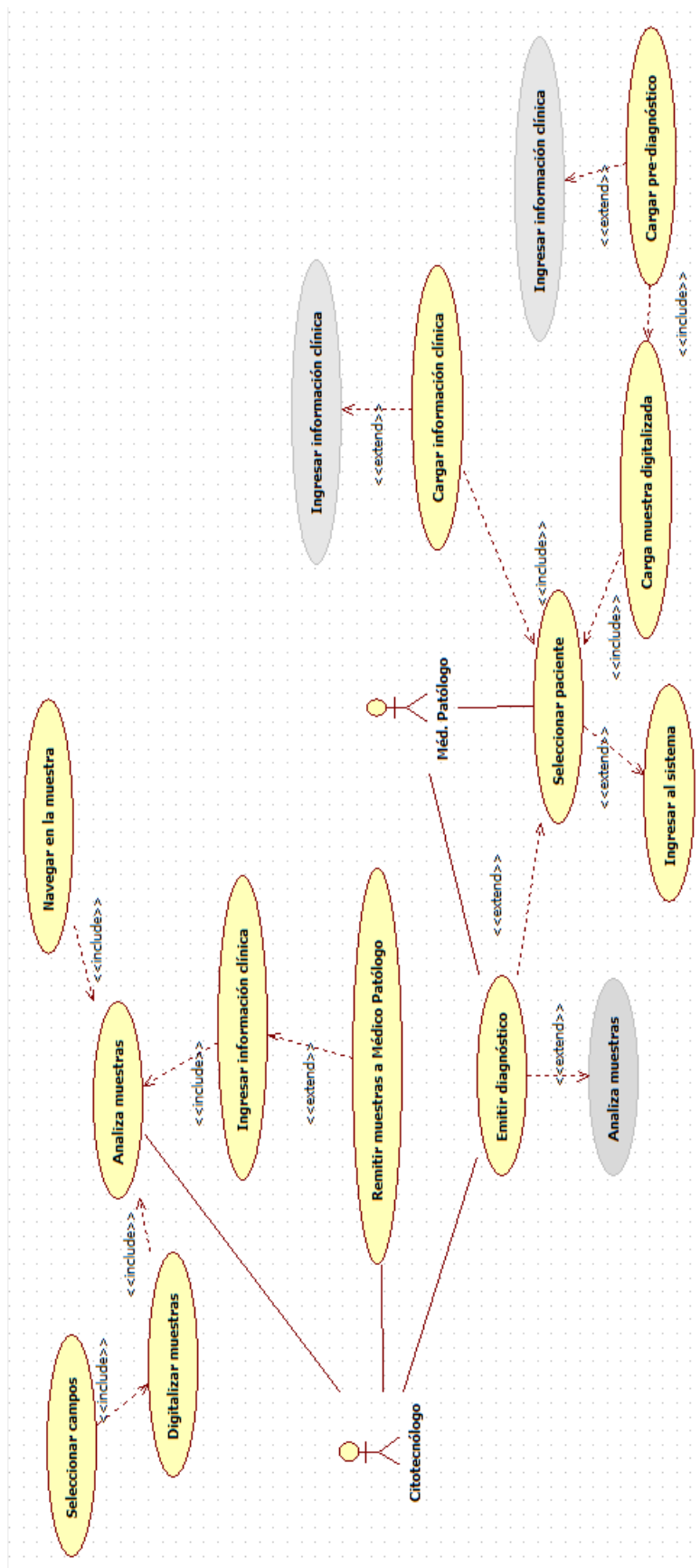


Figura 2.4: Casos de Uso para la Fase de Análisis del Proceso de Diagnóstico basado en Citología Cérvicouterina

Cuadro 2.2: Actividades en la Fase Analítica

Etapas	Entidad	Actividad	Usuario
Procesamiento de muestras	Laboratorio	Se hace la coloración y el montaje manual de las láminas. El montaje es la unión entre el portaobjeto y el cubreobjeto utilizando resina sintética, para obtener una muestra cubierta y protegida contra la oxidación del material celular.	Citotecnólogo
Interpretación citomorfología	Laboratorio	La interpretación de los extendidos se realiza con objetivos de 10x y 40x, con superposición del 50 % en el área de lectura en paralelo y utilizando en promedio de 5 a 10 minutos por lámina. Los campos se evalúan según el esquema mostrado en la Figura 2.5. El objetivo de 40x permite observar características citomorfológicas de interés.	Citotecnólogo
Interpretación citomorfología	Laboratorio	El Citotecnólogo remite al Médico Patólogo todas las láminas, para las cuales él tenga sospechas de que la muestra presenta anormalidad.	Citotecnólogo

Cuadro 2.2 – (Continuación)

Etapas	Entidad	Actividad	Usuario
Interpretación citomorfológica	Laboratorio	El citotecnólogo remite al médico patólogo el 10 % de las láminas que no presentan anormalidad, con el fin de que éste último, verifique el diagnóstico emitido por el primero.	Citotecnólogo y Médico Patólogo
Interpretación citomorfológica	Laboratorio	El número de láminas por observador es de 50 a 70 durante 8 horas, dependiendo de las actividades técnicas o administrativas del laboratorio.	Citotecnólogo y Médico Patólogo
Interpretación citomorfológica	Laboratorio	La nomenclatura de interpretación citológica es la clasificación Bethesda 2001, la cual brinda una terminología uniforme y utiliza subcategorías para definir con mayor precisión los cambios citológicos observados. Las Figuras 2.6, 2.7, 2.8 y 2.9 muestran esta clasificación.	Citotecnólogo y Médico Patólogo

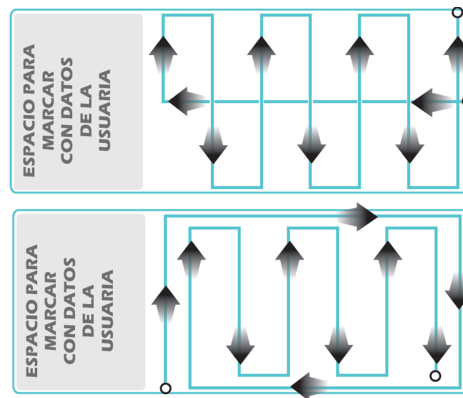


Figura 2.5: Esquemas de Lectura de Citologías Cérvicouterinas. Fuente: [26]

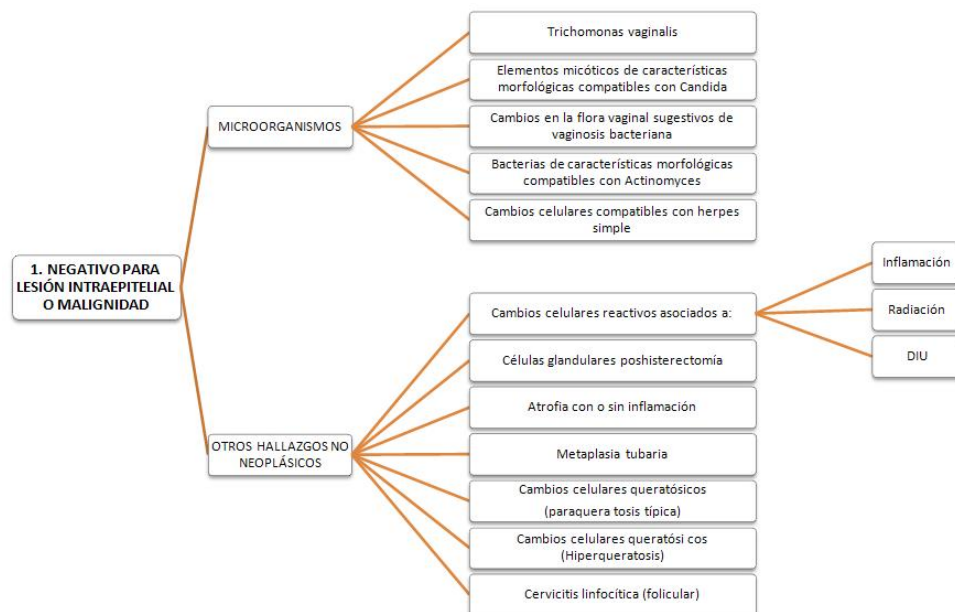


Figura 2.6: Clasificación Bethesda: 1. Negativo para Lesión Intraepitelial o Malignidad



Figura 2.7: Clasificación Bethesda: 2. Otras Categorías

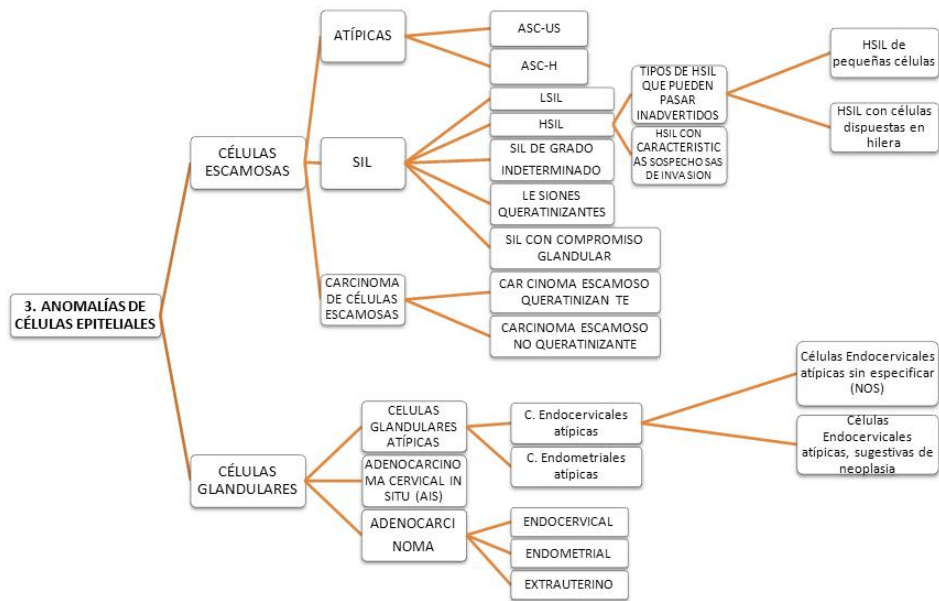


Figura 2.8: Clasificación Bethesda: 3. Anomalías de Células Epiteliales

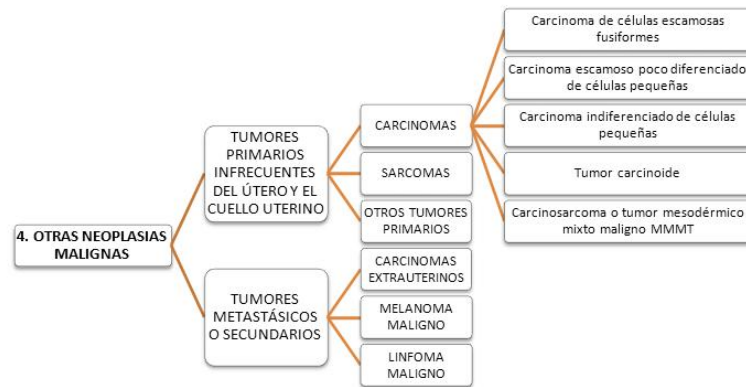


Figura 2.9: Clasificación Bethesda: 4. Otras Neoplasias Malignas

Errores en la Fase Analítica:

Debido a que el procesamiento manual de extendidos citológicos de cuello uterino comprende la distribución y organización de las láminas de acuerdo con el número de registro interno del laboratorio, suele haber inconvenientes a la hora de mantener la integridad e identificación de la muestra durante el procesamiento.

Al momento de la interpretación citológica por parte del citotecnólogo o médico patólogo, se pueden presentar los siguientes errores:

- No se detectan las células anormales que existen en la lámina, o si se detectan, se puede tomar una decisión de interpretación equivocada.
- A las células normales se les asigna la categoría de anormalidad o viceversa.
- La interpretación de hallazgos es correcta, pero involuntariamente se registra un resultado distinto.
- Para laboratorios con volúmenes muy altos de lectura de citología, se presenta pérdida de láminas. Igualmente, se puede dar el caso, en que una muestra sea relacionada a una solicitud equivocada.
- Debido a que las láminas deben almacenarse por 5 años, el inventario de éstas láminas se vuelve una tarea tediosa.
- Los formularios utilizados para registrar el diagnóstico no son estándar, lo que lleva a que un médico patólogo o citotecnólogo tenga que manejar varios formularios y tiendan a haber equivocaciones en su diligenciamiento. Como muestra de este problema se presentan varios ejemplos de formularios en las Figuras 2.10, 2.11, 2.12, 2.13, y 2.14.

Nº 3851

DETECCION Y CONTROL CANCER DE CUELLO UTERINO

CITOLOGIA CERVICO-VAGINAL _____


SERVICIO SECCIONAL DE SALUD		MUNICIPIO		ORGANISMO DE SALUD	
APELLIDOS NOMBRES				CEDULA DE CIUDADANIA	
DIRECCION RESIDENCIAL	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO		TELEFONO	
EDAD	FECHA D.E NACIMIENTO	METODO DE PLANIFICACION		TIEMPO METODO	
FUM	ESTA EMBARAZADA	EMBARAZOS	PARTOS	ABORTOS	
FECHA ULTIMA CITOLOGIA		RESULTADO ULTIMA CITOLOGIA		TRATAMIENTOS TIEMPO	
ASPECTO DEL CUELLO					
CITOLOGIA TOMADA POR:		CARGO		FECHA	
CALIDAD DE LA MUESTRA					
INTERPRETACION DE RESULTADO					
MICROORGANISMOS					
LEUCOCITOS					
ERITROCITOS					
HORMONAL					
SUGERENCIA					
RESPONSABLE	CARGO	FECHA	N. DE PLACA		

Bucaramanga - Colombia
 Carrera 28 # 31 - 36 Teléfonos: 6359916 Cel: 321 468 5422
 www.assaludips.com

Figura 2.10: Formato de Toma y Lectura de Citologías Cérvicouterinas. Fuente: Comparta EPS-S.

CITOMED LABORATORIO CITOLÓGICO <small>Carrera 37 No. 41-29 Bucaramanga Esmeralda Carrillo Céspedes Prestador 680010170401 Móvil 316-3365437</small>				
IDENTIFICACIÓN				
NOMBRE		C.C.	FECHA DE TOMA	
TELÉFONO	LÁMINA N°	EDAD Años	EMPRESA	FECHA LECTURA
CALIDAD DE LA MUESTRA				
SATISFACTORIA <input type="radio"/> <input type="radio"/> PRESENCIA DE COMPONENTE ENDOCERVICAL O DE ZONA DE TRANSFORMACIÓN <input type="radio"/> AUSENCIA DE COMPONENTE ENDOCERVICAL O DE ZONA DE TRANSFORMACIÓN		INSATISFACTORIA <input type="radio"/> <input type="radio"/> MATERIAL HEMORRÁGICO <input type="radio"/> MATERIAL MUY GRUESO <input type="radio"/> EXUDADO INFLAMATORIO <input type="radio"/> FIJACIÓN INADECUADA <input type="radio"/> CELULARIDAD ESCASA <input type="radio"/> OTROS CUAL?		
NEGATIVA PARA LESIÓN INTRAEPITELIAL O MALIGNIDAD <input type="radio"/> OTROS HALLAZGOS NO NEOPLÁSICOS <input type="radio"/> CAMBIOS CELULARES REACTIVOS ASOCIADOS A INFLAMACIÓN <input type="radio"/> CAMBIOS CELULARES REACTIVOS ASOCIADOS A RADIACIÓN <input type="radio"/> CAMBIOS CELULARES REACTIVOS ASOCIADOS A DIU <input type="radio"/> CELULAS GLANDULARES POST-HISTERECTOMÍA <input type="radio"/> ATROFIA <input type="radio"/> CELULAS ENDOMETRIALES (A PARTIR DE 40 AÑOS) <input type="radio"/> CERVICITIS FOLICULAR				
MICROORGANISMOS				
<input type="radio"/> TRICOMONAS VAGINALIS <input type="radio"/> HONGOS COMPATIBLES CON CANDIDA <input type="radio"/> CAMBIOS DE FLORA VAGINAL SUGESTIVO DE VAGINOSIS BACTERIANA <input type="radio"/> BACTERIAS DE CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS COMPATIBLES CON ACTINOMYCES <input type="radio"/> CAMBIOS COMPATIBLES CON HERPES SIMPLE				
ANORMALIDADES EN CELULAS ESCAMOSAS				
Células escamosas atípicas de significado incierto (ASC-US)			<input type="radio"/>	
Atipias en células escamosas donde no es posible descartar lesión intraepitelial de alto grado (ASC-H)			<input type="radio"/>	
Lesión escamosa intraepitelial de Bajo Grado (LEI BG)		Cambios Asociados a VPH		
		Displasia Leve		
		Nic I		
		Displasia Moderada		
		Nic II		
		Displasia Severa		
		Nic III		
Lesión escamosa intraepitelial de Alto Grado (LEI AG)		Carcinoma IN SITU		
		Nic III		
Carcinoma escamoso			<input type="radio"/>	
Carcinoma escamoso queratinizante			<input type="radio"/>	
Carcinoma escamoso no queratinizante			<input type="radio"/>	
ANORMALIDADES EN CELULAS GLANDULARES				
<input type="radio"/> ATIPIAS DE CELULAS GLANDULARES (ACG) <input type="radio"/> CELULAS ENDOCERVICALES ATIPICAS <input type="radio"/> CELULAS ENDOMETRIALES ATIPICAS <input type="radio"/> CELULAS ENDOCERVICALES ATIPICAS, SUGESTIVAS DE NEOPLASIA		<input type="radio"/> ADENOCARCINOMA ENDOCERVICAL IN SITU (AIS) <input type="radio"/> ADENOCARCINOMA ENDOCERVICAL <input type="radio"/> ADENOCARCINOMA ENDOMETRIAL <input type="radio"/> ADENOCARCINOMA EXTRAUTERINO		
OTRAS NEOPLASIAS MALIGNAS				
OBSERVACIONES				
<i>Esmeralda Carrillo C.</i> <small>CITOTECNOLOGA INC. REG. 97 S.S.S.</small>				
1a. LECTURA		2a. LECTURA		

Figura 2.11: Formato de Toma y Lectura de Citologías Cérvicouterinas. Fuente: Laboratorio Citomed.



E.S.E. HOSPITAL SAN PEDRO CLAVER
 NIT. 890.204.659-9
 MOGOTES - SANTANDER
 Calle 6 No. 10 - 11 Tels. 7279249 Telefax. 7279145
 hospitalmogotes@hotmail.com

DETECCIÓN Y CONTROL DE CÁNCER DE CUELLO UTERINO
CITOLOGÍA CERVICOUTERINA.

1. IDENTIFICACIÓN															
1er. APELLIDO					2do. APELLIDO					NOMBRE			IDENTIFICACIÓN		
DIRECCIÓN								TELÉFONO			MUNICIPIO				
2. ANTECEDENTES															
EDAD	G	P	A	MENARCA		FUP		PLANIFICA CON		MESES		AÑOS			
ESTA EMBARAZADA	SI	NO	NO SABE	FUR		DIA	MES	AÑO	CONSUME TRH	SI	NO				
CITOLOGÍAS PREVIAS	SI	NO	DIA	MES	AÑO	EL RESULTADO FUE		NORMAL	ANORMAL	NO SABE					
CARACTERIZACIÓN DE CUELLO				D	M	A	CONIZACIÓN DE CUELLO				D	M	A		
HISTERECTOMÍA				D	M	A	RADIO TERAPIA DEL ÚTERO				D	M	A		
ASPECTO DEL CUELLO															
TOMO LA CITOLOGÍA		APELLIDO			NOMBRES			CARGO		D	M	A			
3. LECTURA															
NORMAL					CAMBIOS BENIGNOS			VER DESCRIPCIÓN							
					ANOMALÍAS EPITELIALES										
CALIDAD DEL ESPÉCIMEN					SATISFACCIÓN			SATISFACTORIO PERO LIMITADO				INADECUADO			
AUSENCIA DE MATERIAL ENDOCERVICAL					CELULARIDAD ESCASA			FIJACIÓN INADECUADA				CITOLOSIS			
MARCADA INFLAMACIÓN					MATERIAL HEMORRÁGICO			OTRO							
MICROORGANISMOS					CAMBIOS REACTIVOS / REPARATIVOS										
GARDNERELLA			ACTINOMYCES		CANDIDA			ATROFIA			ESTRÓGENOS				
TRICHOMONAS VAGINALES			CHLAMYDIA		POR INFLAMACIÓN			CERVICITIS FOLICULAR							
CITOMELAGOVIRUS			HERPESVIRUS		POR QUIMIOTERAPIA			RADIO TERAPIA							
OTROS					OTROS										
ANOMALÍAS EN EL EPITELIO ESCAMOSO					ANOMALÍAS EN EL EPITELIO GLANDULAR										
ATIPIAS DE ORIGEN INDETERMINADO (ASCUS)					PRESENCIA DE CÉLULAS ENDOMETRIALES										
LESIÓN INTRAEPITELIAL ESCAMOSA					FUERA DE CICLO MESTRUAL					POSTMENOPAUSIA					
BAJO GRADO					ALTO GRADO					METAPLASIA ESCAMOSA					
D.L. O NIC I					D.M. O NIC II					ATIPIA DE SIGNIFICADO INDETERMINADO					
					D.S. O NIC III					ENDOMETRIAL					
					CA IN SITU O NIC III					ADENOCARCINOMA					
CAMBIOS POR EL VIRUS DEL PAPILOMA					ENDOMETRIAL					ENDOCERVICAL					
CARCINOMA ESCAMOCELULAR					OTRO										
EVALUACIÓN HORMONAL										RECOMENDACIONES - OBSERVACIONES					
COMPATIBLE CON EDAD E HISTORIA					INCOMPATIBLE CON EDAD Y/O HISTORIA										
NO PRACTICABLE POR HISTORIA INSUFICIENTE					MATERIAL CERVICAL										
INFLAMACIÓN PRESENTE					ÍNDICE										
LEYÓ LA CITOLOGÍA:															

Figura 2.12: Formato de Toma y Lectura de Citologías Cérvicouterinas. Fuente: E.S.E Hospital San Pedro Claver.

DIVISION DE BIENESTAR UNIVERSITARIO SERVICIOS INTEGRALES DE SALUD Y DESARROLLO PSICOSOCIAL / SEXUAL Y REPRODUCTIVA		SECCION SALUD	Código: FBE.13
HISTORIA TOMA DE CITOLOGÍA			
CITOLOGÍA CERVICO - UTERINA			Nº. PLACA
IDENTIFICACIÓN			
NOMBRES Y APELLIDOS			C.C. <input type="checkbox"/> T.J. <input type="checkbox"/> C.E. <input type="checkbox"/> EDAD
CÓDIGO ESTUDIANTE			Nº.
RESIDENCIA <input type="checkbox"/> URBANO <input type="checkbox"/> RURAL	MUNICIPIO DE RESIDENCIA	DEPARTAMENTO	DIRECCIÓN
		TELÉFONO	OCCUPACIÓN
ANTECEDENTES			
GESTACIONES <input type="checkbox"/> PARTOS <input type="checkbox"/> ABORTOS <input type="checkbox"/> CESAREAS <input type="checkbox"/> MENARQUIA <input type="checkbox"/> EDAD PRIMER COITO <input type="checkbox"/>			
MÉTODO DE PLANIFICACIÓN: <input type="checkbox"/> ANOVULATORIOS <input type="checkbox"/> DISPOSITIVO <input type="checkbox"/> QUIRURGICO <input type="checkbox"/> CONDON <input type="checkbox"/> NINGUNO <input type="checkbox"/> TIEMPO <input type="checkbox"/>			
EMBARAZO: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> DUDA <input type="checkbox"/> TRATAMIENTO HORMONAL: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> MENOPAUSIA: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			
CITOLOGÍA PREVIA: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> RESULTADO CITOLOGÍA: <input type="checkbox"/> NORMAL <input type="checkbox"/> ANORMAL <input type="checkbox"/> NO SABE <input type="checkbox"/>			
FECHA ÚLTIMA CITOLOGÍA D M A		LUGAR	ÚLTIMO PARTO D M A
			FECHA ÚLTIMA MENSTRUACIÓN D M A
PROCEDIMIENTOS GINECOLÓGICOS REALIZADOS			
<input type="checkbox"/> Cauterización de Cervix <input type="checkbox"/> Radiocirugía <input type="checkbox"/> Conización de Cervix <input type="checkbox"/> Radioterapia de Cervix <input type="checkbox"/> Criocirugía <input type="checkbox"/> Histerectomía			
<input type="checkbox"/> SANO <input type="checkbox"/> CONGESTIVO <input type="checkbox"/> EROSIONADO <input type="checkbox"/> ULCERADO <input type="checkbox"/> SANGRANTE			
<input type="checkbox"/> COLIFLOR <input type="checkbox"/> CONDILOMA <input type="checkbox"/> PROLAPSADO <input type="checkbox"/> AUSENTE <input type="checkbox"/> LEUCORREA			
OBSERVACIONES			
NOMBRES Y APELLIDOS		CARGO	FECHA D M A
DIAGNOSTICO			
A. CALIDAD DE LA MUESTRA			FECHA D M A
<input type="checkbox"/> 1. Satisfacción células endocervicales, zona de transformación			
<input type="checkbox"/> 2. Rechazada			
B. CATEGORIZACIÓN GENERAL			
<input type="checkbox"/> 1. Negativa para lección intraepitelial o maligna			
<input type="checkbox"/> 2. Anormalidades de células epiteliales			
C. MICROORGANISMOS			
<input type="checkbox"/> 1. Trichomonas vaginalis		<input type="checkbox"/> 4. bacterias de morfología compatible Actinomyces sp.	
<input type="checkbox"/> 2. Elementos micóticos de características compatibles con Candida		<input type="checkbox"/> 5. Cambios celulares compatibles con Herpes simple	
<input type="checkbox"/> 3. Cambio de la flora vaginal sugestivo de Vaginosis Bacteriana			
D. OTROS HALLAZGOS NO NEOPLÁSTICOS			
<input type="checkbox"/> 1. Cambios celulares reactivos		<input type="checkbox"/> 4. Células glandulares posthisterectomía	
<input type="checkbox"/> 2. Cambios celulares reactivos asociados a radiación		<input type="checkbox"/> 5. Atrofia	
<input type="checkbox"/> 3. Cambios celulares asociados a DIU		<input type="checkbox"/> 6. Células endometriales (A partir de los 40 años)	
E. ANORMALIDADES EN CELULAS ESCAMOSAS			
<input type="checkbox"/> 1. ASC - US		<input type="checkbox"/> 4. Lesión intraepitelial escamosa de bajo grado LIE AG	
<input type="checkbox"/> 2. ASC - H		<input type="checkbox"/> 5. Lesión intraepitelial escamosa de alto grado sospechosa de infiltración	
<input type="checkbox"/> 3. Lesión intraepitelial escamosa de bajo grado LIE BG		<input type="checkbox"/> 6. Carcinoma escamocelular	
F. ANORMALIDADES EN CELULAS GLANDULARES			
<input type="checkbox"/> 1. Células endocervicales atípicas (AGC)		<input type="checkbox"/> 7. Adenocarcinoma endocervical In Situ	
<input type="checkbox"/> 2. Células endometriales atípicas (AGC)		<input type="checkbox"/> 8. Adenocarcinoma endocervical	
<input type="checkbox"/> 3. Células glandulares atípicas		<input type="checkbox"/> 9. Adenocarcinoma endometrial	
<input type="checkbox"/> 4. Células endocervicales atípicas sospechosas de malignidad		<input type="checkbox"/> 10. Adenocarcinoma extraterino	
<input type="checkbox"/> 5. Células endometriales atípicas sospechosas de malignidad		<input type="checkbox"/> 11. Adenocarcinoma no especificado	
<input type="checkbox"/> 6. Células glandulares atípicas sospechosas de malignidad			
G. Otras Neoplasias No Epiteliales			

Figura 2.13: Formato de Toma y Lectura de Citologías Cérvicouterinas. Fuente: Bienestar Universitario UIS.

2.1.4. Fase Pos Analítica:

Casos de Uso:

Los casos de uso de esta fase se pueden ver en la Figura 2.15. Los usuarios y las actividades realizadas por ellos, son detalladas en el Cuadro 2.3.

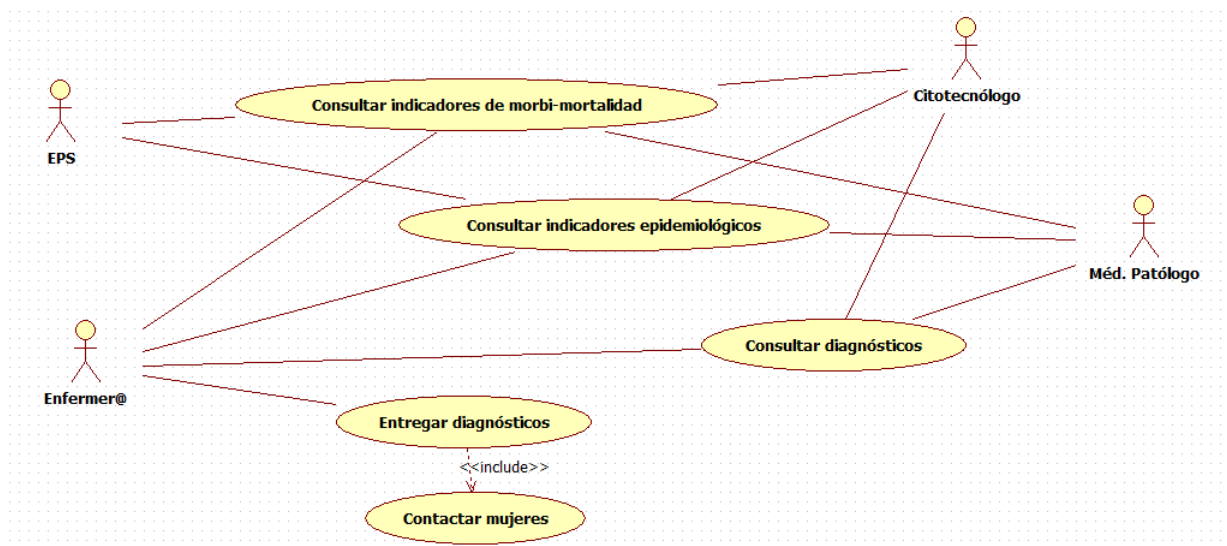


Figura 2.15: Casos de Uso para la Fase de Pos Análisis del Proceso de Diagnóstico basado en Citología Cérvicouterina

Cuadro 2.3: Actividades en la Fase Pos Analítica

Etapas	Entidad	Actividad	Usuario
Registro de resultados	Laboratorio	Los resultados de interpretaciones en citología de cuello uterino se reportan con protocolo unificado de acuerdo con el sistema Bethesda 2001, que incluye: Datos de identificación de la usuaria (nombres y apellidos, edad, historia clínica o documento de identificación), institución o médico remitente, número consecutivo de radicación del laboratorio, procedencia (municipio; Resultado de acuerdo con el Sistema Bethesda 2001; Fecha de ingreso al laboratorio y fecha de emisión del resultado; Nombre y firma del médico patólogo y del citotecnólogo; Dirección y teléfono del laboratorio.	Citotecnólogo o Médico Patólogo

Cuadro 2.3 – (Continuación)

Etapas	Entidad	Actividad	Usuario
Archivo de láminas	Laboratorio	Las láminas con los extendidos citológicos son archivadas en orden numérico ascendente, por año y separadas (láminas positivas y negativas), por un tiempo mínimo de cinco años. También se archivan los registros y copias escritas de los resultados durante diez años.	Citotecnólogo
Remisión de informes	Laboratorio	Los resultados de los estudios de citologías se generan en un término de 7 a 10 días posteriores a la recepción de las muestras en el laboratorio. Estos resultados son enviados a los centros de salud donde fué tomada la citología y en éste lugar, se les hace entrega a la paciente personalmente.	Auxiliar de laboratorio o citotecnólogo

Errores en la Fase Pos Analítica:

Debido a que cada Laboratorio tiene un formulario de reporte de diagnóstico diferente, y tienen sistemas distintos para administrar la información interna, se pueden presentar errores al transcribir los datos de la solicitud y de los resultados. Por otro lado, el libro de registro de laboratorio puede alterarse, dañarse o destruirse.

Ya que las láminas se archivan durante 5 años, es difícil conservarlas en buen esta-

do, para que sirvan de recurso para la educación continuada, capacitación, docencia e investigación, entre otros. Igualmente, estas láminas se pueden romper, les salen hongos, se extravían, entre otras dificultades.

Al momento de entregar los resultados, es posible que se presenten equivocaciones, lo que conlleva a tener que rescatar los informes enviados equivocadamente o generar nuevas copias en el laboratorio, lo cual demora la entrega de resultados.

En los municipios pequeños, los resultados se están demorando entre 20 y 45 días en generarse después de tomada la citología. La mayoría de mujeres no vuelven a reclamar el resultado, lo que significa que no llegan a conocer su estado de salud, y a demorar el inicio de los tratamientos en caso de que tengan alguna anormalidad.

2.1.5. Análisis de Escenarios:

Durante la fase de Análisis de Requerimientos, se tuvo la oportunidad de visitar diferentes organizaciones del sector salud, las cuales realizan diferentes fases del proceso de diagnóstico basado en citología cérvicouterina (Ver Figura 2.2). El cuadro 2.4 presenta el total de las organizaciones contactadas.

Cuadro 2.4: Total Organizaciones contactadas

Tipo de organización	Cantidad
Centro de Salud de primer nivel de atención	3
Centro de Salud de segundo nivel de atención	1
Laboratorios de toma solamente	1
Laboratorios de lectura solamente por citotecnólogo	3
Laboratorios de lectura solamente por médico patólogo	1

Cuadro 2.4 – (Continuación)

Tipo de organización	Cantidad
Laboratorios de lectura por citotecnólogo y médico patólogo	1
Centros de diagnóstico solo de patología	1
Centros de diagnóstico sin toma	1
Centros de diagnóstico con todo el proceso	2
E.P.S subsidiadas	2
E.P.S contributivas	2
Grupos de Investigación en Enfermería	1
<u>Total</u>	<u>19</u>

En el cuadro 2.5 se plasman las organizaciones contactadas, el tipo de organización, y los profesionales con que cuentan para realizar las diferentes etapas del proceso de diagnóstico basado en citología cérvicouterina detallado en la Figura 2.2.

Cuadro 2.5: Organizaciones contactadas en la Fase de Análisis de Requerimientos

No.	Organización	Tipo	Toma	Citotecnólogo	M.D Patólogo
1	Dicipat S.A.S	Laboratorio	-	X	X
2	Citomed	Laboratorio	-	X	
3	Liga contra el cáncer	Centro de diagnóstico	X	X	X
4	Alianza Diagnóstica	Laboratorio	X	-	-

Cuadro 2.5 – (Continuación)

No.	Organización	Tipo	Toma	Citotecnólogo	M.D Patólogo
5	Bienestar Universitario UIS	Centro de salud	X	-	-
6	Departamento Patología UIS	Centro de diagnóstico	-	X	X
7	E.S.E Hospital San Pedro Claver	Centro de salud de primer nivel de atención	X	-	-
8	E.S.E Hospital Manuela Beltrán	Centro de salud de primer nivel de atención	X	-	-
9	Laboratorio Clínico Luidina Tellez Perez	Laboratorio	-	X	-
10	C.R.D Assalud	Laboratorio	-	X	-
11	E.S.E Hospital Regional de García Rovira	Centro de Salud de segundo nivel de atención	X	-	-
12	Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud (FUCS)	Centro de diagnóstico	X	X	X
13	Lespat E.A.T	Centro de Diagnóstico	-	-	X

Cuadro 2.5 – (Continuación)

No.	Organización	Tipo	Toma	Citotecnólogo	M.D Patólogo
14	Médico Patólogo independiente	Laboratorio	-	-	X
15	Comparta E.P.S-S	EPS subsidiada	-	-	-
16	Saludcoop E.P.S	EPS contributiva	-	-	-
17	Coosalud E.P.S-S	EPS subsidiada	-	-	-
18	Asmetsalud E.P.S-S	EPS subsidiada	-	-	-
19	GRINFER	Grupo de investigación en enfermería	X	-	-

Este acercamiento permitió conocer los diferentes tipos de escenarios en los que se desarrolla éste proceso, los cuales facilitaron la identificación de las siguientes situaciones:

- La toma de la citología en los centros de salud, la realizan auxiliares de enfermería, enfermeros, bacteriólogos, citotecnólogos, citohistotecnólogo, médico general, ginecólogo. En los municipios pequeños un 95 % la realiza el jefe de enfermería, en los centros de salud de grandes ciudades la realizan auxiliares de enfermería.

- Los centros de salud de los municipios pequeños remiten físicamente las muestras a las áreas metropolitanas, ya que no cuentan con profesionales en citotecnología ni con médicos especialistas en patología.
- No se evidenció que los centros de salud contactaran a las mujeres para entregarles el resultado, en todos los casos la mujer debe acudir a reclamar el resultado.
- No se evidenció información actualizada sobre los indicadores epidemiológicos y de morbi-mortalidad de enfermedades de cuello uterino.
- Los centros de salud acumulan las citologías durante cierto tiempo, hasta una cantidad determinada, para poder remitirlas a lectura en las grandes ciudades, lo que conlleva a que se demoren los diagnósticos.
- Se evidenció que, en algunas oportunidades la lectura la hacían bacteriólogos, contradiciendo las normas técnicas y la resolución 1043 de 2006.
- No existe un modelo general de contratación del servicio de toma e interpretación de la muestra, lo que conlleva a que la información esté desactualizada y sea inservible.
- Se estima que solamente entre el 10 % y 30 % de las citologías tomadas, son remitidas, por citotecnólogo, a médico patólogo, con el fin de verificar diagnóstico.
- Las Entidades Promotoras de Salud (EPS) solamente tienen acceso al número de mujeres atendidas al año, más no cuentan con un soporte estadístico que les permita hacer uso efectivo de los recursos de promoción y prevención.

A continuación se detallarán los diez diferentes escenarios encontrados:

Escenario de Diagnóstico de laboratorio de citotecnología a laboratorio de patología en una ciudad

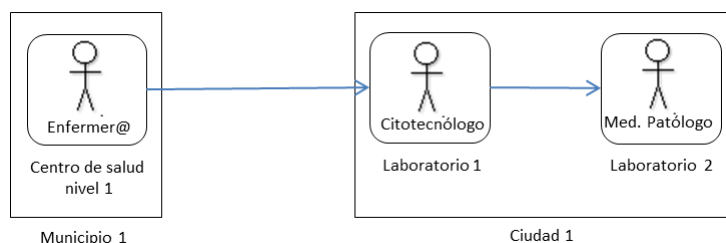


Figura 2.16: Escenario número 1

En el centro de salud de nivel 1, ubicado en un municipio remoto, una enfermera toma las muestras de citologías cérvicouterinas. Desde este centro se remiten las muestras a un Laboratorio 1, en la ciudad más cercana. El laboratorio tiene asociado un sólo citotecnólogo, el cual es el encargado de hacer el procesamiento y la lectura de la citología. Si el citotecnólogo cree necesaria la intervención de un médico patólogo, remite la muestra a un Laboratorio 2 en la misma ciudad, el cual tiene asignado solamente un médico patólogo. El médico se encarga de hacer su diagnóstico y remitir el resultado al citotecnólogo en el Laboratorio 1 y éste a su vez se lo remite al centro de salud de nivel 1, en donde se le hará entrega a la paciente. Para mayor claridad, ver Figura 2.16.

En los siguientes escenarios, el centro de salud de nivel 1 y la enfermera asociada a éste, cumplen las mismas labores, por lo tanto se omitirá su explicación.

Escenario de Diagnóstico por un solo Laboratorio en una sola ciudad

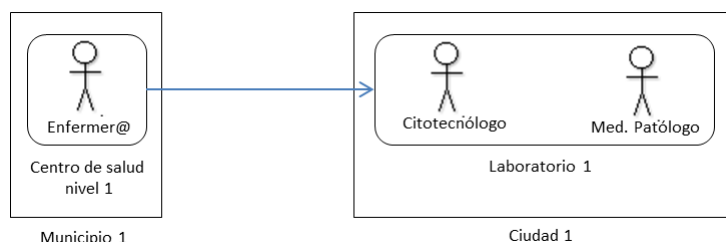


Figura 2.17: Escenario número 2

El centro de salud de nivel 1, remite las muestras de citología cérvicouterina a un Laboratorio, ubicado en la ciudad más cercana. A diferencia del escenario 1, aquí se encontró que el citotecnólogo y el médico patólogo hacen parte del mismo Laboratorio, lo que significa que no habrán remisiones a otros laboratorios para verificar diagnósticos emitidos por el citotecnólogo, ver Figura 2.17.

Escenario de Diagnóstico de un Laboratorio de citotecnología a un centro de diagnóstico de patología en dos ciudades



Figura 2.18: Escenario número 3

Las muestras son remitidas desde el centro de salud de nivel 1 hacia un Laboratorio 1, ubicado en un municipio de tamaño intermedio, a veces puede ser la capital de provincia, en donde es procesada y leída por un citotecnólogo asociado a ese laboratorio. El citotecnólogo remite la muestra a un Centro de Diagnóstico 1, en la ciudad

más cercana. El centro de Diagnóstico cuenta con más de un médico patólogo para realizar el diagnóstico. Ver Figura 2.18.

Escenario de Diagnóstico de un centro de diagnóstico de citotecnología a un Laboratorio de patología en una ciudad

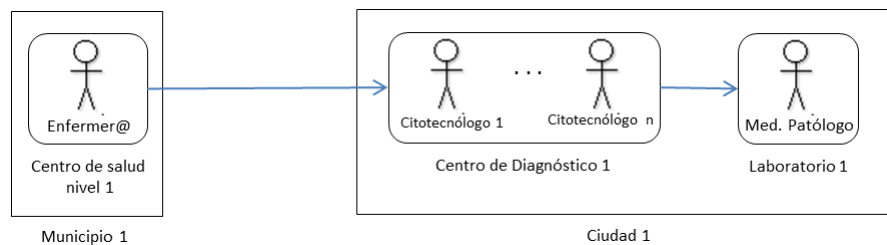


Figura 2.19: Escenario número 4

En este escenario, presentado en la Figura 2.19, las muestras son remitidas a un centro de diagnóstico 1, ubicado en la ciudad más cercana, el cual tiene asociados más de un citotecnólogo, los cuales analizan las muestras y las remiten a un Laboratorio 1, en la misma ciudad, el cual está conformado por un médico patólogo.

Escenario de Diagnóstico de un centro de diagnóstico de patología subcontratando a un Laboratorio de Citotecnología en una ciudad

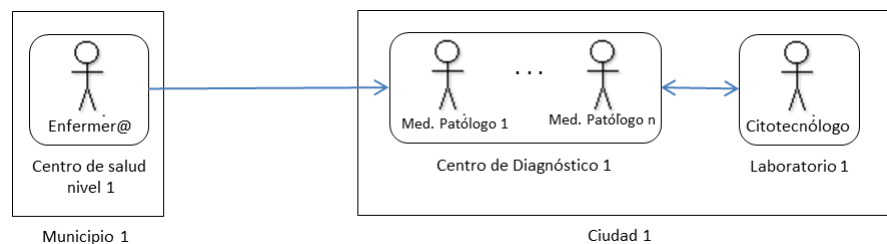


Figura 2.20: Escenario número 5

Basándose en la Figura 2.20, se podría decir que es similar al anterior. Hay que destacar, que éste ha sido el escenario más complicado que se ha identificado, ya que

no hay un orden lógico en la remisión de las muestras, las cuales son remitidas desde el centro de salud de nivel 1 hacia un centro de diagnóstico en una ciudad cercana. El centro de diagnóstico tiene asociados un pull de médicos patólogos, pero ellos no son los que directamente evalúan las muestras, éstas son remitidas inmediatamente a laboratorios independientes, en este caso el Laboratorio 1, para que un citotecnólogo las pueda procesar y analizar, y devolverlas al centro de diagnóstico 1, en caso de requerir diagnóstico por médico patólogo.

Escenario de Diagnóstico de un Laboratorio de patología subcontratando un centro de diagnóstico de citotecnología en una ciudad

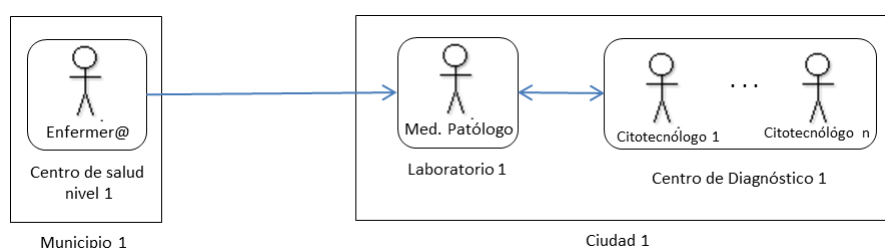


Figura 2.21: Escenario número 6

Este escenario las muestras las recibe un médico patólogo en el Laboratorio 1 (a diferencia del escenario anterior donde el centro de diagnóstico recibe las muestras) y las remite inmediatamente a un Centro de Diagnóstico que tiene asociado un pull de citotecnólogos. Ver 2.21.

Escenario de Diagnóstico de un centro de diagnóstico de citotecnología a un centro de diagnóstico de patología en una ciudad

En la Figura 2.22 se puede apreciar una secuencia lógica, a diferencia de los dos escenarios anteriores. Un centro de Diagnóstico 1, conformado por un grupo de citotecnólogos, recibe las muestras provenientes del centro de salud de nivel 1,

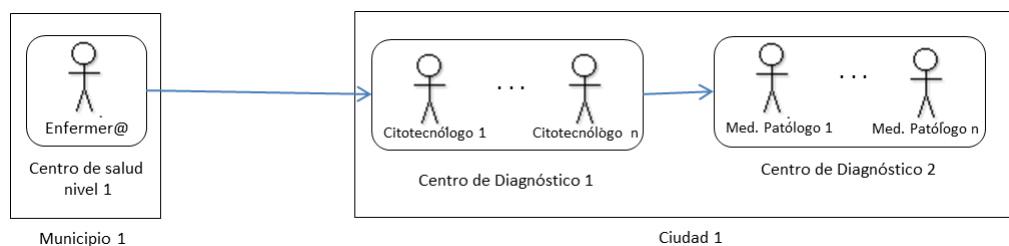


Figura 2.22: Escenario número 7

las procesa, analiza y de ser necesario, las remite a otro centro de Diagnóstico 2, conformado por un grupo de médicos patólogos.

Escenario de Diagnóstico de un centro de diagnóstico de patología subcontratando un centro de diagnóstico de citotecnología en una ciudad

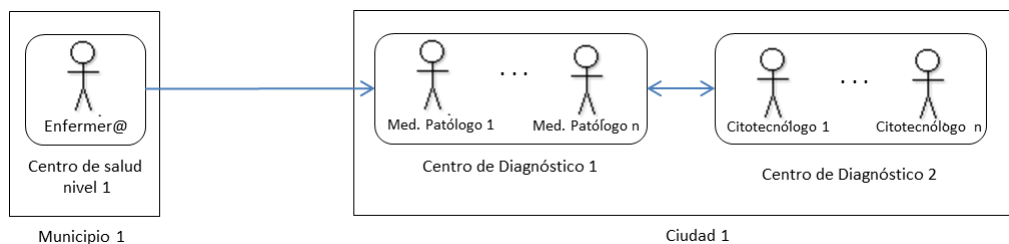


Figura 2.23: Escenario número 8

De igual manera, se presenta el escenario de la Figura 2.23, donde las muestras son remitidas a un Centro de Diagnóstico 1, conformado por un grupo de médicos patólogos, y desde este centro se remiten inmediatamente a otro centro de Diagnóstico 2, conformado por un grupo de citotecnólogos, los cuales una vez procesada y analizada las muestras, las remiten nuevamente al Centro de Diagnóstico 1 para confirmar resultados.

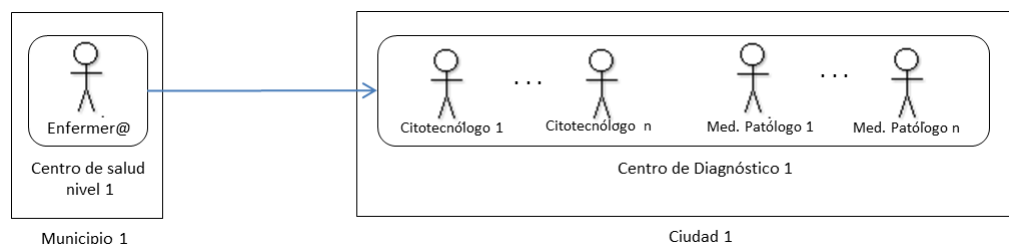


Figura 2.24: Escenario número 9

Escenario de Diagnóstico por un solo centro de diagnóstico en una ciudad

Desde un punto de vista personal, el escenario presentado en la Figura 2.24 es el más ideal para la interpretación de citologías cérvicouterinas, ya que toda la información y el personal están centralizados en un solo Centro de Diagnóstico, evitando trámites de remisiones y disminuyendo el manejo administrativo que conlleva este tipo de diagnósticos. Lamentablemente, en Colombia, la reglamentación y la contratación no permiten que este escenario sea el más utilizado.

Escenario de todo el proceso por un solo centro de diagnóstico en una ciudad

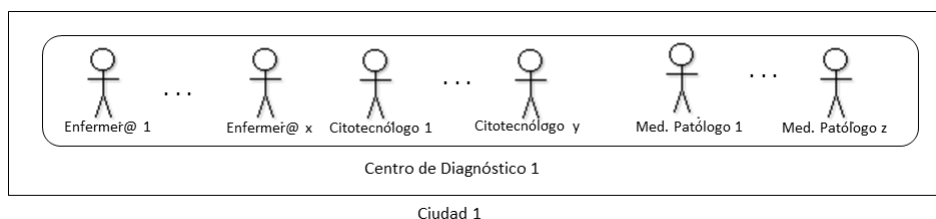


Figura 2.25: Escenario número 10

El último escenario encontrado, se detalla en la Figura 2.25, el cual se presenta en grandes centros de Diagnóstico como la Liga contra el Cáncer, la Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud (FUCS), entre otras. En ellas, todo el proceso de diagnóstico de la citología cérvicouterina es llevado en la misma organización, lo que permite que los resultados se puedan entregar a las pacientes el mismo día de la

toma de la muestra. Solamente se presenta en las grandes ciudades de Colombia.

2.1.6. Identificación de los Stakeholders

Un *stakeholder* de un sistema, es un individuo, equipo u organización (o clases de los mismos) con intereses invertidos o inquietudes relacionadas al sistema [27]. Los stakeholders (explícita o implícitamente) direccionan la arquitectura, la cual es desarrollada solamente para su beneficio y para servir sus necesidades [5].

Según [27], los Stakeholders identificados por el Arquitecto, deben ser los siguientes:

- Usuarios del Sistema
- Compradores o clientes del Sistema
- Desarrolladores del sistema
- Ingenieros de soporte o mantenimiento del sistema.

Durante el estudio del Proceso de Diagnóstico basado en Citología Cérvicouterina, se detectó, que los stakeholders del sistema son: Enfermeros, citotecnólogos, médicos patólogos, directores de hospitales, personal administrativo en las EPS encargados de los programas de promoción y prevención, mujeres, personal técnico, Arquitecto Software.

En el Cuadro 2.6, se especifican los requerimientos funcionales que cada uno de los stakeholders necesita que cumpla el sistema.

2.2. Funcionalidad

Los Sistemas Software están caracterizados tanto por su funcionalidad (lo que el sistema hace) y por su no-funcionalidad o calidad (cómo el sistema se comporte con

respecto a algunos atributos observables como desempeño, reusabilidad, confiabilidad, etc.) [28]. Escencialmente, la utilidad de un sistema software está determinada por sus características funcionales y no funcionales. Sin embargo, hay un énfasis desequilibrado en la funcionalidad del software, a pesar de que la funcionalidad no es útil sin las necesarias características no funcionales.

Un **Requerimiento** es una característica que el sistema debe tener o una restricción que debe satisfacer para ser aceptado por el cliente [8].

El concepto de *calidad* es fundamental en la ingeniería de software, y tanto los requerimientos funcionales como los no funcionales deben tomarse en consideración en el desarrollo de sistemas software de calidad [29].

En esta sección, se plasman los requerimientos *Funcionales* y los *No Funcionales* que la Arquitectura Software del Sistema de Telecitología debe alcanzar.

2.2.1. Requerimientos Funcionales (RF)

Los requerimientos funcionales describen las interacciones entre el sistema y su entorno, independiente de su implementación. El entorno incluye el usuario y cualquier sistema externo con el cual el sistema interactúa [8].

Según Pfleeger en [30], un requerimiento funcional detalla el comportamiento requerido en términos de las actividades solicitadas, como reacciones a entradas, y el estado de cada entidad antes y después de que una actividad ocurra. Los requerimientos funcionales definen los límites del espacio de solución del problema. El espacio de solución es el conjunto de los caminos posibles para diseñar el software de manera que cumpla los requerimientos.

2.2.2. RF del Sistema de Telecitología

En el Cuadro 2.6 se presenta la lista de Requerimientos Funcionales, en donde se define el identificador para cada requerimiento, el Stakeholder involucrado, la Fase del Proceso de Diagnóstico (detallado en la Figura 2.2) en la que se presenta el Requerimiento y la descripción del Requerimiento.

Cuadro 2.6: Requerimientos Funcionales por Stakeholder

ID	Stakeholder	Fase	Requerimiento
RF1	Director del centro de salud	Pos-Análisis	Se deben presentar informes mensuales sobre las citologías tomadas en tal centro de salud, describiendo el nombre de la mujer, cédula, EPS a la que está afiliada y diagnóstico.
RF2	Director del centro de salud	Pos-Análisis	Se debe emitir un informe anual por EPS que contrata al centro de salud, donde se presente la cantidad de citologías tomadas por EPS en el año.
RF3	Enfermero	Pre-Análisis	Se debe disponer de un formato de solicitud de examen, el cual debe incluir: Nombres y apellidos completos; Documento de identificación, especificando tipo y número del mismo; Dirección de residencia, número telefónico, ciudad y departamento; Tipo de afiliación y administradora del SGSSS ¹ ; Fecha de nacimiento

¹Sistema General de Seguridad Social en Salud

Cuadro 2.6 – (Continuación)

ID	Stakeholder	Fase	Requerimiento
RF3	Enfermero	Pre-Análisis	<p>La información clínica incluida en el formato debe ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Embarazo actual o lactancia ■ Método de planificación: tipo y tiempo de uso. ■ Fecha de última citología y resultado ■ Tratamientos hormonales ■ Antecedentes de procedimientos en el cuello uterino o útero. ■ Identificación del funcionario que toma la muestra y fecha ■ Aspecto del cuello al momento de la toma
RF4	Enfermero	Pre-Análisis	<p>Al diligenciar el formato de solicitud de examen, el sistema debe listarle los laboratorios o centros de diagnósticos con los cuales el centro de salud tiene contrato, para que seleccione a dónde se va a remitir la citología para diagnóstico. Una vez seleccionado, se debe hacer la remisión correspondiente.</p>

Cuadro 2.6 – (Continuación)

ID	Stakeholder	Fase	Requerimiento
RF5	Enfermero	Pos-Análisis	El sistema debe proporcionarle una vista, donde le facilite la búsqueda de citologías, por cédula de la mujer y por diagnóstico (normal o anormal). Una vez realizada la búsqueda, el sistema debe proporcionarle una lista con los nombres de las mujeres, cédula de ciudadanía, teléfono de contacto, código de la citología y el estado en el que se encuentra la citología. Los estados que se deben manejar son: registrada, en espera de diagnóstico por citotecnólogo, radicada, diagnosticada por citotecnólogo, en espera de diagnóstico por médico patólogo, diagnosticada por médico patólogo, diagnosticada, entregada personalmente, entregada por centro de contacto
RF6	Enfermero	Pos-Análisis	Para las citologías cuyo estado es <i>diagnosticada</i> , el sistema debe ordenar los registros de las mujeres con citologías diagnosticadas por fecha de diagnóstico, dándole prioridad a las citologías anormales. Además, debe permitirle acceder al diagnóstico emitido, el cual debe estar en formato pdf para facilitar su impresión.

Cuadro 2.6 – (Continuación)

ID	Stakeholder	Fase	Requerimiento
RF7	Citotecnólogo	Pre-Análisis	<p>Se debe proporcionar una vista con la lista de citologías por analizar, dándole prioridad a las más antiguas. Cuando se seleccione la citología, se debe hacer la radicación inmediatamente. La radicación comprende:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Se debe asignar una numeración interna a la citología, para cada laboratorio o centro de diagnóstico específicamente. La numeración debe ser consecutiva y anual. ■ Se debe registrar para cada laboratorio o centro de diagnóstico, la fecha de recepción de la muestra, el número de consecutivo, nombre de la mujer, cédula, edad.

Cuadro 2.6 – (Continuación)

ID	Stakeholder	Fase	Requerimiento
RF8	Citotecnólogo	Análisis	<p>Se debe contar con una herramienta de digitalización de las citologías, que tenga en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ La digitalización de cada lámina se debe hacer en máximo 8 minutos. ■ El equipo a trabajar es un microscopio con una cámara digital de mínimo 1 Megapixel de resolución. ■ La lámina se debe ir digitalizando a medida que el citotecnólogo vaya recorriendo la placa en el microscopio. ■ La digitalización debe ser autónoma, no debe interferir en el trabajo cotidiano del citotecnólogo. ■ A medida que se vaya digitalizando la lámina, la herramienta debe ir reconstruyendo la lámina digital, permitiéndole visualizar al citotecnólogo el área de la lámina digitalizada.

Cuadro 2.6 – (Continuación)

ID	Stakeholder	Fase	Requerimiento
RF9	Citotecnólogo	Análisis	<p>Se debe contar con una herramienta de digitalización de las citologías, que tenga en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ La lámina se debe digitalizar a 40x para poder adquirir toda la información celular que ella posee. ■ Se debe permitir la inclusión de marcas en la lámina digitalizada.
RF10	Citotecnólogo	Análisis	<ul style="list-style-type: none"> ■ La herramienta de digitalización debe trabajar paralelamente con el formulario de diagnóstico, permitiéndole al citotecnólogo ir diligenciando el formulario a medida que vaya recorriendo la placa.
RF11	Citotecnólogo	Análisis	El formulario de diagnóstico debe regirse por el Sistema de Clasificación Bethesda 2001. Ver Figuras 2.6, 2.7, 2.8, 2.9.
RF12	Citotecnólogo	Análisis	Una vez realizado el diagnóstico, por parte del citotecnólogo, se debe registrar y debe estar disponible para entrega inmediata desde el centro de salud donde se tomó la citología.

Cuadro 2.6 – (Continuación)

ID	Stakeholder	Fase	Requerimiento
RF13	Citotecnólogo	Análisis	Una vez realizado el diagnóstico, se agrega al registro de la radiación, el resultado de la citología y la fecha de emisión del resultado.
RF14	Citotecnólogo	Pos-Análisis	Se debe emitir un informe mensual por centro de salud que le remitió las muestras, donde se presente la cantidad de citologías tomadas por centro de salud en el mes.
RF15	Médico Patólogo	Análisis	Se debe presentar una vista con el listado de citologías a diagnosticar, ordenándolas de más antigua a más reciente. En la vista se debe presentar el nombre de la mujer, la cédula, el laboratorio, centro de diagnóstico o centro de salud que le remite la muestra, la fecha de remisión y el estado de la muestra.

Cuadro 2.6 – (Continuación)

ID	Stakeholder	Fase	Requerimiento
RF16	Médico Patólogo	Análi- sis	Al momento de seleccionar la mujer a diagnosticar, se debe cargar en una vista el pre diagnóstico hecho por el citotecnólogo que remitió, en dado caso que lo haya. Este pre diagnóstico se debe poder modificar según lo crea el médico patólogo. Después de emitir el diagnóstico por parte del médico patólogo, se debe registrar y debe estar disponible para entrega inmediata desde el centro de salud donde se tomó la citología.
RF17	Médico Patólogo	Análi- sis	Una vez realizado el diagnóstico, se agrega al registro de la radiación, el resultado de la citología y la fecha de emisión del resultado.
RF18	Médico Patólogo	Pos- Análi- sis	Se debe permitir la consulta de citologías diagnosticadas mensualmente, por centro de salud, laboratorio o centro de diagnóstico, dependiendo de quién le haya hecho la remisión.

Cuadro 2.6 – (Continuación)

ID	Stakeholder	Fase	Requerimiento
RF19	Personal EPS	Pos-Análisis	Se debe proporcionar informes mensuales y consolidados anuales sobre la cantidad de mujeres diagnosticadas, que están afiliadas a ésta EPS. Se debe presentar en gráficos, la cantidad de mujeres que fueron diagnosticadas como sanas y con anomalías. También, mediante gráficas, presentar los diferentes niveles de anomalía de las mujeres, junto con su ubicación.
RF20	Mujer	Pre-Análisis	Se debe contactar a las mujeres para invitarlas a que acudan a tomarse la citología.
RF21	Mujer	Pos-Análisis	Se debe proporcionar el resultado del diagnóstico. Si la mujer presenta anomalía, es necesario invitarla a que acuda al centro de salud a iniciar sus tratamientos.

Otros Requerimientos Funcionales que se identificaron, y que son transversales a todas las fases del Proceso de Diagnóstico, se detallan en el Cuadro 2.7.

Cuadro 2.7: Otros Requerimientos Funcionales

ID	Categoría	Requerimiento
RF22	Administración de Usuarios.	<p>Se debe permitir la creación de instituciones (centros de salud, EPS, Laboratorios, centros de diagnóstico) y la asignación de usuarios a cada institución. De igual manera, se deben asignar roles a cada usuario.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Los roles identificados, son: EPS, Enfermero, Citotecnólogo, Médico Patólogo, Administrador. ■ Los procesos identificados, son: Toma de citología, Diagnóstico: Lectura realizada por el citotecnólogo, Diagnóstico especializado: Lectura realizada por el médico patólogo, Gestión de indicadores, Administración de institución
RF23	Escenarios de negocio	El sistema debe ser capaz de soportar los escenarios presentados en la sección 2.1.5.

Cuadro 2.7 – (Continuación)

ID	Categoría	Requerimiento
RF24	Redes de telecomunicación	El sistema debe funcionar en una red de 512 Kbits/seg. En [18] y [31] se presenta el estudio de redes que concluye que ésta es la tasa de transmisión con la que cuentan los municipios remotos.
RF25	Reglamentación para sistemas de TeleSalud [32]	El sistema debe manejar valores mínimos para las imágenes de los campos celulares, de 800 x 600 pixeles. El tamaño sin compresión de cada imagen de campo celular debe ser mínimo de 1.406 Kbytes, el factor de compresión típico es de 20.
RF26	Sistema Operativo	El Sistema debe poder ejecutarse en Windows XP, Windows 7.

Mapeo RF a Casos de Uso

Cuadro 2.8: Relación de RF con Casos de Uso

ID RF	Caso de Uso
RF1, RF2 y RF19	<ul style="list-style-type: none"> ■ Consultar indicadores de Morbimortalidad ■ Consultar indicadores epidemiológicos

Cuadro 2.8 – (Continuación)

ID RF	Caso de Uso
RF3	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ingresar información clínica ■ Ingresar información demográfica
RF4	Remitir muestras
RF5	Entregar diagnósticos
RF6	<ul style="list-style-type: none"> ■ Entregar diagnósticos ■ Consultar diagnósticos
RF7	Recibir muestras
RF8, RF9 y RF10	Analiza muestras
RF11, RF12 y RF13	Emitir Diagnóstico
RF14	Consultar diagnósticos
RF15	Remitir muestras a médico patólogo
RF16 y RF17	<ul style="list-style-type: none"> ■ Seleccionar paciente ■ Emitir diagnóstico
RF18	Consultar diagnósticos
RF20 y RF21	Contactar mujeres

2.2.3. Requerimientos No Funcionales (RNF)

Los Requerimientos No Funcionales (RNF) describen aspectos del sistema que no están relacionados directamente con el comportamiento funcional del sistema. Los RNF incluyen una amplia variedad de requerimientos que aplican a muchos aspectos diferentes del sistema, desde la usabilidad hasta el desempeño [8].

Los RNF son reconocidos como unos contribuyentes importantes en el éxito de pro-

yectos Software, pero la comunidad de Ingeniería del Software no tiene un consenso general sobre la noción de éstos requerimientos. Si los RNF no se direccionan adecuadamente, un número de problemas potenciales pueden ocurrir. Mairiza en [33] presenta un análisis de los RNF y brinda un catálogo de tipos de RNF, además ofrece una nueva clasificación basada en los tipos de sistemas y dominios de aplicación.

Los RNF comprenden restricciones y atributos de calidad. Los *Atributos de Calidad* son propiedades o características del sistema, de las que sus Stakeholders se preocupan y por lo tanto afectarán su grado de satisfacción con el sistema. Las *Restricciones* no están sujetas a negociación y, a diferencia de los Atributos de calidad, están (teóricamente, de cualquier modo) fuera de los límites durante la negociación del diseño [34].

Existen diferentes clasificaciones para los Atributos de Calidad del Sistema, por ejemplo, Bruegge en [8] detalla el modelo de clasificación FURPS+² utilizado en el Proceso Unificado.

Ian Gorton, en [3] y Pfleeger en [30] establecen una clasificación para los Atributos de calidad.

El Cuadro 2.9, es la recopilación de la clasificación realizada por [3], [30] y [33].

²FURPS+ es un acrónimo, en inglés, de las primeras letras de las categorías de requerimientos: Functionality (Funcionalidad), Usability (Usabilidad), Reliability (Disponibilidad), Performance (Desempeño), Supportability (Compatibilidad). El + indica categorías adicionales.

Cuadro 2.9: Clasificación Requerimientos No Funcionales

RNF	Definición	Atributos
Desempeño	Requerimientos que especifican la capacidad del producto software para proporcionar el desempeño relativo a la cantidad de recursos necesarios para realizar la funcionalidad completa bajo condiciones establecidas.	Tiempo de Respuesta, Espacio, Capacidad, Latencia, Rendimiento, Velocidad de ejecución, demora en el tránsito, carga de trabajo, utilización de recursos, uso de memoria, precisión, eficiencia, cumplimiento, retrasos, pérdida de datos, procesamiento de transacciones concurrentes.
Disponibilidad	Requerimientos que especifican la capacidad del producto software para operar sin fallas y de mantener un nivel específico de desempeño cuando se utiliza bajo unas condiciones normales específicas durante un periodo de tiempo establecido	Completo, precisión, consistencia, confiabilidad, integridad, exactitud, madurez, tolerancia a fallos, capacidad de recuperación, Disponibilidad, conformidad, tasa de fallos, fallos críticos.

Cuadro 2.9 – (Continuación)

RNF	Definición	Atributos
Usabilidad	Requerimientos que especifican las interacciones del usuario final con el sistema y el esfuerzo requerido para aprender, operar, preparar la entrada e interpretar la salida del sistema.	Capacidad de aprendizaje, Entendimiento, Operabilidad, Capacidad de atracción, Conformidad de usabilidad, facilidad de uso, Ingeniería humana, Amigable al usuario, Recordación, Eficiencia, Productividad de usuario, Utilidad, Agrado, Tiempo de reacción de usuario.
Seguridad	Requerimientos que tratan sobre la prevención de accesos no autorizados al sistema, a los programas y a los datos.	Confidencialidad, Integridad, Control de Acceso, Autenticación, Autorización, Encriptación, No rechazo.

Cuadro 2.9 – (Continuación)

RNF	Definición	Atributos
Mantenimiento	Requerimientos que describen la capacidad del producto software a ser modificado que pueda incluir la corrección de defectos o hacer una mejora o cambio en el software. Es una medida de qué tan fácil se puede cambiar una aplicación para atender nuevos requerimientos funcionales y no funcionales.	Capacidad de prueba, Capacidad de entendimiento, Capacidad de modificación, Capacidad de Análisis, Capacidad de cambio, Estabilidad, Conformidad de Mantenimiento.
Escala-bilidad	Requerimientos que describen qué tan bien un producto software trabajará cuando el tamaño de los datos o la cantidad de usuarios aumente.	Solicitud de Carga, Conexiones simultáneas, Tamaño de los Datos, Despliegue.

2.2.4. RNF del Sistema de Telecitología

El Cuadro 2.10 ilustra los Atributos de Calidad que deben ser cumplidos para que el Sistema de Telecitología funcione correctamente.

Cuadro 2.10: Requerimientos de Atributos de Calidad de la Arquitectura del Sistema de Te-
lecitología

ID	Atributo de Ca- lidad	Requerimiento de Arquitectura	Priori- dad
AC1	Desempeño - Rendimiento	El sistema debe permitir la digitalización de 50 láminas por usuario con rol citotecnólogo al día.	Alta
AC2	Desempeño - Rendimiento	El sistema debe transmitir 15 láminas al día, a una tasa de 512 Kbits/seg [31], por usuario con rol citotecnólogo	Alta
AC3	Desempeño - Rendimiento	El sistema debe permitir la transmisión de las láminas, por redes de telecomunicación intermitentes.	Alta
AC4	Desempeño - Tiempo de respuesta	El sistema debe permitir la digitalización de cada lámina en aproximadamente 10 minutos ³ , cuando se recorre la placa con un aumento de 10x	Alta
AC5	Desempeño - Tiempo de respuesta	El sistema debe desempeñarse, para que al momento de permitir la visualización de la lámina virtual, se carguen cada campo de observación en aproximadamente 1 segundo, para cada usuario con rol médico patólogo.	Alta

³Tiempo promedio en lectura de una lámina por citotecnólogo

Cuadro 2.10 – (Continuación)

ID	Atributo de Calidad	Requerimiento de Arquitectura	Prioridad
AC7	Desempeño - Tiempo de respuesta	El sistema debe entregar el resultado del diagnóstico de citología, en menos de 1 hora, después de haberse creado.	Alta
AC8	Escalabilidad - Tamaño de los datos	El sistema debe permitir el almacenamiento de $4,3 \times 10^{15}$ bytes al año, correspondientes a 2.207.139 láminas virtuales al año	Alta
AC9	Escalabilidad - Solicitud de carga	El sistema debe permitir una carga máxima de 6000 solicitudes al día, para la visualización de las láminas virtuales.	Alta
AC10	Escalabilidad - Conexiones simultáneas	El sistema debe permitir una carga máxima de los siguientes usuarios concurrentes al día: <ul style="list-style-type: none"> ■ 400 usuarios, con rol citotecnólogo. ■ 120 usuarios, con rol médico patólogo. ■ 1150 usuarios, con rol enfermero [35]. 	Alta
AC11	Escalabilidad - Despliegue	El sistema debe permitir actualizaciones automáticas, que dinámicamente se desplieguen y configuren para cada usuario.	Alta
AC12	Seguridad - Autenticación	El sistema debe verificar la identidad de los usuarios.	Media

Cuadro 2.10 – (Continuación)

ID	Atributo de Calidad	Requerimiento de Arquitectura	Prioridad
AC13	Seguridad - Autorización	El sistema debe permitir la definición de derechos de acceso a los procesos y a los servicios definidos en el Cuadro 2.7	Media
AC14	Seguridad - Encriptación	El sistema debe transmitir la información clínica de la paciente de forma encriptada.	Media
AC15	Seguridad - Integridad	La información transmitida debe ser autenticada, revisando que no haya sido alterada, utilizando certificados.	Media
AC16	Seguridad - No rechazo	Ningún usuario puede rechazar su participación en los procesos realizados utilizando el sistema.	Media
AC17	Disponibilidad	El sistema debe estar disponible 7x24x365	Alta
AC18	Disponibilidad	El sistema debe recuperar la transmisión de la información desde los laboratorios de citotecnólogo, al momento en que se interrumpa, de una manera desatendida, sin que el usuario tenga que volver a tomar la información.	Alta
AC19	Integración	El sistema debe integrarse con otros sistemas de información en salud, para compartir información clínica de las pacientes, utilizando el estándar HL7.	Bajo

Cuadro 2.10 – (Continuación)

ID	Atributo de Calidad	Requerimiento de Arquitectura	Prioridad
AC20	Portabilidad	El sistema debe poder ejecutarse en diferentes sistemas operativos, sin importar que el más utilizado sea Windows.	Medio
AC21	Usabilidad	La interfaz de usuario debe ejecutarse en un navegador de Internet para soportar usuarios remotos.	Alto
AC22	Usabilidad	El visualizador de láminas virtuales, debe permitir el cambio de aumentos y la navegación en toda la lámina. También debe proporcionar la inclusión de metadatos.	Alto

2.3. Vistas de la Arquitectura Software para el Sistema de Telecitología

Como se observa en la Figura 2.26, los términos Vista Arquitectónica, Estructura Arquitectónica, Estilo Arquitectónico y Patrón Arquitectónico se relacionan entre sí, debido a que su objetivo es hacer una representación de la Arquitectura Software que se está diseñando, y puede llevar a utilizarlos de una forma incorrecta. Por ésta razón, se ve la necesidad de detallar cada término por separado.

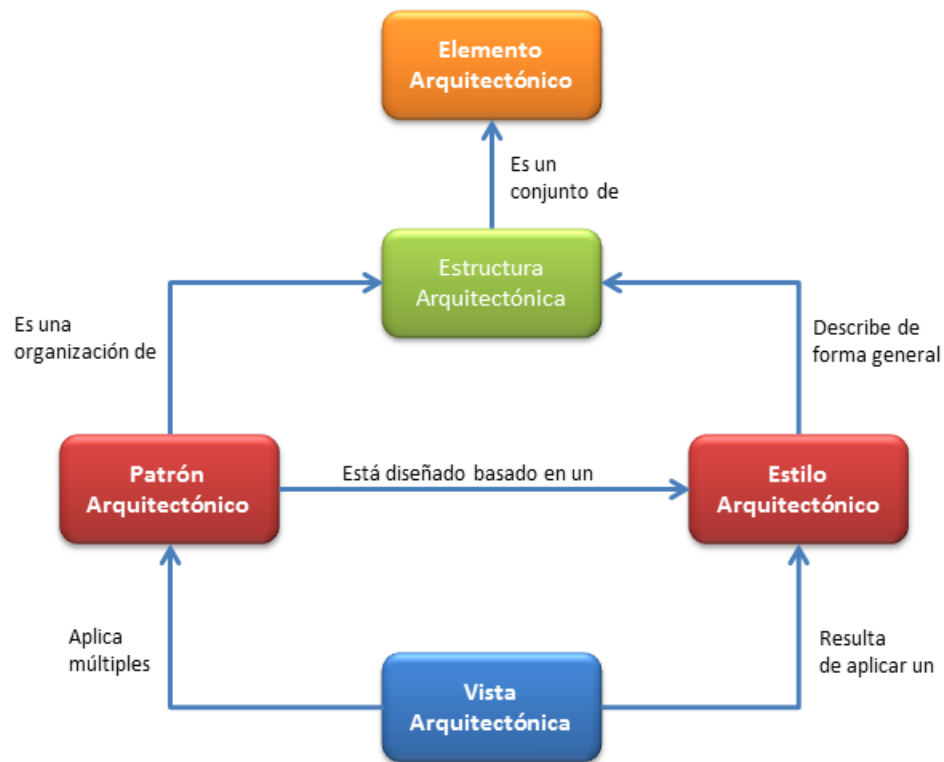


Figura 2.26: Relación de conceptos en el Diseño de Arquitectura Software

Estructura Arquitectónica

Es un conjunto de elementos en sí, como ellos existen en software o hardware. Las estructuras son a menudo descritas en términos de **estilos arquitectónicos** [4]. Las estructuras arquitectónicas pueden ser divididas en tres grupos, dependiendo de la naturaleza general de los elementos que ellas muestran [9]:

- Estructuras Módulo: Los elementos son módulos, los cuales son unidades de implementación. Los módulos permiten considerar el sistema basado en código. Son asignados a áreas de responsabilidad funcional.
- Estructuras Componente y Conector: Los elementos son componentes y conectores en tiempo de ejecución. Los componentes son las unidades principales

de computación y los conectores son los medios de comunicación entre componentes.

- Estructuras de Asignación: Permiten conocer las relaciones entre elementos software (módulos o componentes) y los elementos en uno o más entornos externos en donde el software se crea y se ejecuta.

Estilo Arquitectónico

Es una especialización de tipos de elementos y relaciones, junto con un conjunto de restricciones sobre cómo usarlos. Los estilos permiten aplicar conocimiento en diseño especializado para una clase particular de sistemas [4]. Como se refirió anteriormente, los estilos describen las estructuras, por lo tanto, existen tres categorías de estilos que se relacionan uno a uno con los grupos de estructuras arquitectónicas nombrados con anterioridad: Estilos Módulo, Componente y Conector y de Asignación. Un estilo también es considerado como un paquete de decisiones de diseño que explica un diseño genérico aproximado para un sistema software. Con respecto a ésta definición, diferentes autores y arquitectos utilizan el concepto de estilo arquitectónico y de **Patrón Arquitectónico** ambiguamente.

Patrón Arquitectónico

Expresa un esquema fundamental de estructuras organizadas, para sistemas software. Proporciona un conjunto de subsistemas predefinidos, especifica sus responsabilidades e incluye reglas y guías para organizar las relaciones entre ellos. Los patrones tienden a ser más restringidos (encapsulan más decisiones de diseño) que los estilos. Los patrones a menudo lucen *más detallados o menos abstractos* que los estilos.[4].

Un Patrón Arquitectónico, al igual que una Vista Arquitectónica, define tipos de ele-

mentos y relaciones que trabajan juntos para solucionar un problema particular desde alguna perspectiva. Él proporciona una semántica especializada para los tipos de elementos y relaciones, también como restricciones sobre ellos [36].

Vista Arquitectónica

Es una representación de un conjunto coherente de elementos, como se escriben y se leen por los stakeholders, y las relaciones entre ellos [9]. Los elementos pueden ser módulos, componentes, elementos hardware o software. Una parte importante en el diseño de la Arquitectura para un sistema, consiste en seleccionar y diseñar las estructuras software. Para ampliar la explicación que se quiere dar a esas estructuras, y a las interfaces y comportamientos de los elementos, se deben crear vistas de la arquitectura, ya que permiten representar tales estructuras [4].

Relación entre Patrón y Estilo Arquitectónico

Los estilos arquitectónicos tienen una relación estrecha con los patrones. Para un estilo determinado pueden existir un conjunto de usos idiomáticos de él. Estos lenguajes actúan como "micro arquitecturas", o patrones de diseño arquitectónicos, que son diseñados para trabajar dentro de un estilo arquitectónico específico. Así, los patrones y los estilos arquitectónicos son mecanismos complementarios para encapsular la experiencia del diseño [37]. Los Estilos Componente y Conector se pueden asociar a diferentes patrones, tal como se refleja en el Cuadro 2.11 :

Cuadro 2.11: Estilos Componente Conector y patrones asociados. Recopilado de [4]

Estilo	Definición del Estilo	Patrón
Flujo de Datos	La computación es impulsada por flujo de datos a través del sistema. Los componentes actúan como transformadores y los conectores transmiten datos desde la salida de un componente a la entrada de otro. El trabajo de los componentes es consumir datos y escribir datos transformados. Estos estilos son comunes en dominios donde el procesamiento de flujos de datos ocurre, y donde toda la computación puede partirse en un conjunto de pasos transformadores.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Batch Sequential ■ Pipe and Filter
Retorno de Llamada	Los componentes interactúan a través de invocación síncrona de capacidades proporcionadas por otros componentes. Un componente que invoca un servicio, se pausa hasta que el servicio haya sido completado. Este tipo de estilo es análogo a las llamadas de procedimiento en lenguajes de programación. Los conectores son responsables de transportar la petición del servicio y de retornar los resultados. Los diferentes patrones de esta serie, se diferencian en términos del comportamiento de sus conectores.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cliente-Servidor ■ Peer to Peer (P2P) ■ Service Oriented Architecture (SOA)

Cuadro 2.11 – (Continuación)

Estilo	Definición del Estilo	Patrones
Basado en Eventos	Los componentes interactúan a través de eventos o mensajes asíncronos. Los sistemas que utilizan este estilo a menudo son organizados como uniones débilmente acopladas de componentes que desencadenan comportamiento en otros componentes a través de eventos. En algunos estilos, los conectores son punto a punto, transmitiendo mensajes de forma similar al call-return, pero permitiendo más concurrencia, debido a que el emisor del evento no bloquea al receptor, mientras el evento es procesado por éste último.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Publish-Subscribe ■ Mensajería punto a punto ■ Blackboard ■ SOA
Repositorio	Los componentes interactúan a través de grandes colecciones de datos persistentes y compartidos. En muchos casos, el acceso al repositorio es mediado por el DBMS (Data Base Management System) que proporciona una interface call-return para recuperación y manipulación de datos. Típicamente un DBMS también proporciona numerosos servicios de administración de datos, como soporte a transacciones atómicas, seguridad, control de concurrencia e integridad de datos.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Blackboard ■ Datos compartidos

Relación entre Vistas y Patrones Arquitectónicos:

Se pueden establecer tres tipos de relaciones entre las Vistas y los Patrones Arquitectónicos [36]:

- Las Vistas son consideradas por tener una granularidad grande, donde los elementos y relaciones son definidas genéricamente, y en donde múltiples patrones arquitectónicos pueden aplicarse.
- Cada Patrón Arquitectónico corresponde a una Vista en un mapeo uno a uno. Esta noción de Vista es más detallada, ya que en ella se pueden representar elementos y relaciones de una semántica muy especializada, la cual está dada por el Patrón.
- Las Vistas se consideran de una granularidad más detallada que en la primera relación. Las vistas muestran aspectos más específicos del sistema como el flujo de datos o la interacción de los componentes. Al mismo tiempo las Vistas son consideradas de una granularidad mayor que un sólo patrón arquitectónico, para que más de un patrón puedan, ya sea, complementar o aplicarse alternativamente en una Vista dada.

Relación entre Vistas y Estilos Arquitectónicos:

Cuando se aplica un estilo a un sistema, el resultado es una Vista Arquitectónica. Aclarando la terminología asociada al Diseño de Arquitectura Software, se puede decir que, las decisiones que se tomaron para el diseño de la Arquitectura Software del Sistema de Telecitología, se reflejan en vistas, y éstas son el corazón de éste capítulo.

2.3.1. Clasificación de las Vistas Arquitectónicas:

Diferentes autores han establecido diferentes clasificaciones [36], [4] a las Vistas Arquitectónicas, dependiendo del uso que se les quiera dar o a quién estén dirigidas. Según Garlan en [4], las Vistas Arquitectónicas se clasifican de una forma similar a como se clasifican los estilos arquitectónicos:

- **Vistas Módulo:** Representan la estructura del software como un conjunto de unidades de implementación.
- **Vistas Componente y Conector:** Representan la estructura del software como un conjunto de elementos que tienen comportamiento e interacciones en tiempo de ejecución.
- **Vistas Asignación:** Representan la relación del software con estructuras no software en su entorno.

2.3.2. Documentación de las Vistas Arquitectónicas

El diseño arquitectónico del sistema de Telecitología, se plasma en múltiples vistas, donde cada vista muestra una perspectiva particular del sistema (ej, unidades de código, elementos en tiempo de ejecución) obteniendo una visión general o parcial del sistema.

En términos generales el Sistema de Telecitología está compuesto por los módulos observados en la figura 2.27.

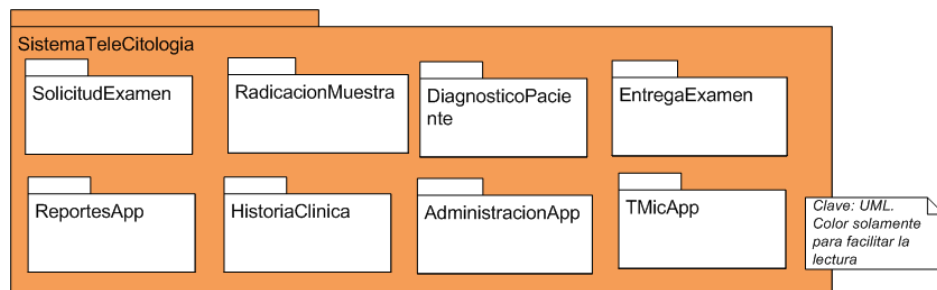


Figura 2.27: Vista de Descomposición de Alto nivel

Dentro de las decisiones arquitectónicas que se tomaron, estuvo el utilizar los patrones cliente servidor de tres capas, repositorio de datos y tubería-filtro, con el fin de cumplir al máximo los atributos de calidad y la funcionalidad especificada en la etapa de Requerimientos del Proceso de Arquitectura iterativa de tres pasos (ver figura 1.1). Entre la tecnología seleccionada para desarrollar el sistema está Vaadin como framework de desarrollo, PostgreSQL como DBMS y Apache tomcat como servidor de aplicaciones. Estas decisiones se pueden apreciar de forma general en la Figura 2.28.

La documentación detallada de las Vistas Arquitectónicas para el Sistema de Telecitología, se desarrolló utilizando un Wiki, ya que esta tecnología permite que el diseño arquitectónico esté disponible para todos los stakeholders, facilitando su navegación, el acceso a contenidos en línea, la visualización de los diseños de una forma más fácil, al mismo tiempo que hace posible el trabajo colaborativo entre los desarrolladores y el arquitecto, ya que si hay una modificación en el diseño, ésta puede ser vista por todos los involucrados en el proyecto.

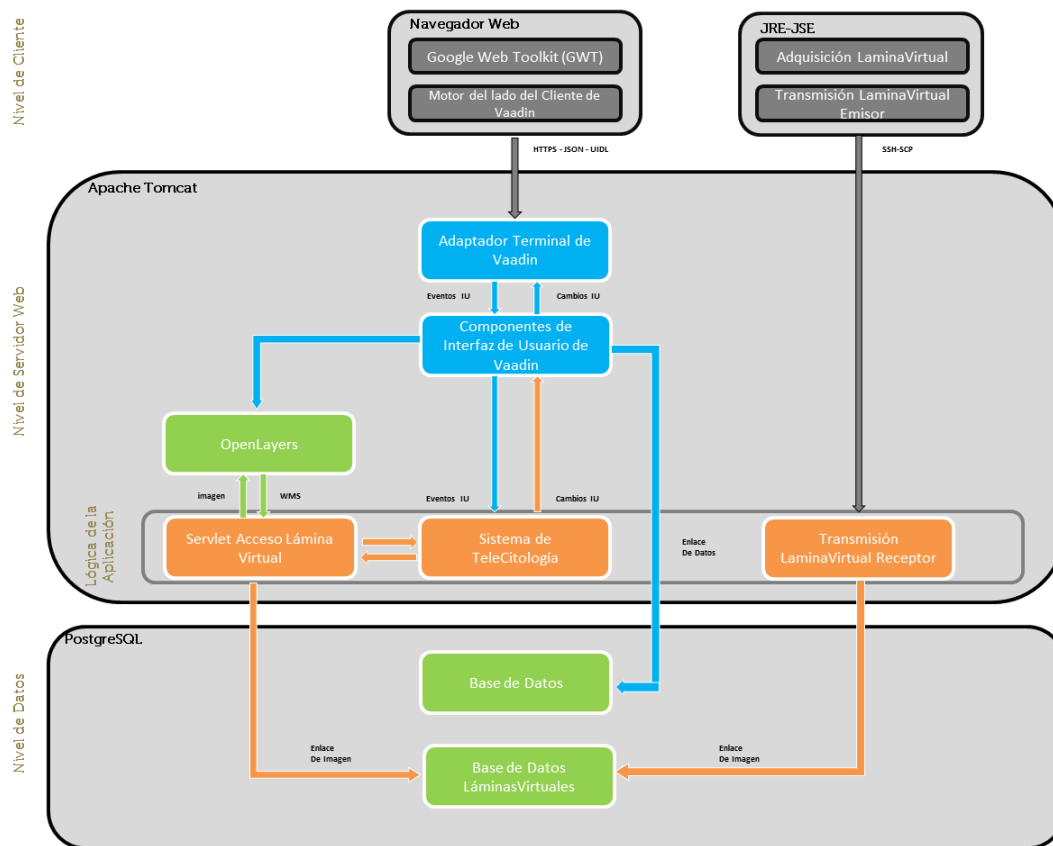


Figura 2.28: Vista Cliente Servidor Sistema de Telecitología

El wiki se accede en el siguiente enlace: http://190.96.194.138/mediawiki/index.php/P%C3%A1gina_Principal, y está organizado en las siguientes secciones (Ver Figura 2.29) :

Secciones

Mapa de Ruta de la Documentación

Organización de la documentación de las Vistas

Generalidades del Sistema

Vistas

1. Vistas Módulo
 - Vista de Usos de Alto nivel
 - Vista de Descomposición de Alto nivel
 - Vista de Descomposición del Módulo TMicApp
 - Vista de Usos de TMicApp
 - Modelo de Datos
 2. Vistas Componente y Conector
 - Vista Cliente Servidor Sistema de Telecitología
 - Vista Cliente Servidor TMicApp
 - Vista Adquisición TMicApp
 - Vista Transmisión TMicApp
 - Vista Visualización TMicApp
 3. Vistas de Asignación
 - Vista de Despliegue
-

Mapeo entre Vistas

Mapeo de Requerimientos de la Arquitectura

Referencias

Figura 2.29: Secciones que componen el Wiki

- **Mapa de Ruta de la Documentación:** Proporciona información sobre la documentación de la Arquitectura y su alcance en futuros desarrollos.
- **Organización de la documentación de las Vistas:** Describe las secciones que componen la documentación de cada una de las vistas.
- **Generalidades del Sistema:** Proporciona una breve descripción del Sistema de Telecitología, su funcionalidad y requerimientos de Calidad.

- **Vistas:** Se presenta el concepto de Vista Arquitectónica y se describe, una serie de vistas, cada una en una página wiki separada. Cada vista describe una estructura diferente del sistema. Se documentan vistas Módulo, Componente y Conector, y de asignación. Las vistas arquitectónicas son la parte más importante de éste documento.
- **Mapeo entre Vistas:** Especifica cómo los elementos en una vista se relacionan con los elementos de otra vista.
- **Mapeo de Requerimientos de la Arquitectura:** En esta sección se pueden detallar las decisiones arquitectónicas que permitieron el cumplimiento de los requerimientos funcionales y de atributos de calidad del sistema.
- **Referencias:** Se listan 25 referencias utilizadas en las vistas, que son la fuente para justificar las decisiones de diseño de la Arquitectura.

3. Validación de la Arquitectura Software del Sistema de Telecitología

El objetivo de esta fase es incrementar la confianza en que la Arquitectura cumple con su propósito. Existen dos técnicas que han demostrado su utilidad y cuyo objetivo es identificar los defectos potenciales y debilidades en el diseño y que pueden ser mejorados antes de que inicie la implementación del sistema.

3.1. Técnicas de Validación

3.1.1. Uso de Escenarios

Involucra pruebas manuales de la Arquitectura utilizando escenarios de ensayo. Los escenarios están relacionados a preocupaciones en la arquitectura como los atributos de calidad, y buscan resaltar las consecuencias de las decisiones arquitectónicas que están encapsuladas en el diseño. Además los escenarios son artefactos relativamente sencillos, ellos involucran la definición de algunos tipos de estímulos que tendrán un impacto en la arquitectura, también implican la elaboración de cómo la arquitectura responde a estos estímulos. Si la respuesta es deseable, entonces un escenario es considerado satisfactorio por la arquitectura. Si la respuesta no es deseable,

ble, o difícil de cuantificar, entonces hay un error o al menos un área de riesgo en la arquitectura que necesita ser cubierto. Los escenarios pueden ser concebidos para direccionar cualquier requerimiento de calidad de interés en una aplicación dada.

3.1.2. Prototipado

Los escenarios son realmente una técnica útil para validar una arquitectura propuesta. Pero algunos escenarios no son tan sencillos de descifrar basados solo en una descripción de diseño. Por eso se ve necesaria esta segunda técnica, la cual involucra la construcción de un prototipo que crea un sencillo arquetipo de la aplicación deseada, permitiendo conocer a más detalle el cumplimiento de los requerimientos a través de la prueba del prototipo. Los prototipos son mínimas, restringidas o cortas versiones de la aplicación deseada, creada específicamente para probar algunos aspectos riesgosos o poco entendidos del diseño. Los prototipos son utilizados para dos propósitos:

- Pruebas de conceptos: Puede la Arquitectura como diseño construirse de manera que pueda satisfacer los requerimientos?
- Pruebas de Tecnología: La Tecnología seleccionada (Middlewares, aplicaciones integradas, librerías, etc.) para implementar la aplicación se comporta como se esperaba?

En ambos casos, los prototipos pueden proporcionar evidencia concreta sobre los asuntos que son difíciles, si no imposibles de validar de otra manera. Los prototipos deben ser usados juiciosamente para ayudar a reducir los riesgos inherentes en un diseño.

3.2. Resultados de la Validación

Para validar el diseño de la Arquitectura software del sistema de telecitología, se utilizaron, de forma complementaria, escenarios y prototipos, debido a que existen atributos de calidad a los que no se les puede evaluar su cumplimiento solamente con el uso de escenarios. Los atributos de calidad se pueden apreciar en el Cuadro 2.10

3.2.1. Prueba de Escenarios

En el Cuadro 3.1 se presenta la validación por escenarios, en donde, a cada atributo de calidad se le ha definido un estímulo y se ha evaluado los efectos que éste provoca, lo que conlleva a resaltar las implicaciones de las decisiones de diseño para el cumplimiento de ese atributo de calidad.

Los Atributos de Calidad y su descripción se encuentran en el cuadro 2.10.

Cuadro 3.1: Escenarios para Validar la Arquitectura Software Diseñada para el Sistema de Telecitología

Atributo de Calidad	Estímulo	Respuesta
AC3	La conexión del computador del citotecnólogo falla antes de terminar la transmisión de la Lámina Virtual	La identificación de los bytes de la Lámina Virtual que quedaron sin transmitir, son almacenados en el cliente, y los transmitidos son almacenados en el servidor, en ambos casos utilizando la versión embebida de Apache Derby. Una vez se recupere la conexión, mediante SSH ¹ , el componente <i>TransmisionEmisor</i> retoma la transmisión de los bytes faltantes y el componente <i>TransmisionReceptor</i> los almacena en la base de Láminas Virtuales

¹Protocolo SSH (Secure SHell, en español: intérprete de órdenes segura).

Cuadro 3.1 – (Continuación)

Atributo de Calidad	Estímulo	Respuesta
AC7	Al momento de generar el diagnóstico el servidor web falla	Los componentes GWT y Motor del lado del Cliente de Vaadin, mantienen la información diligenciada en el formato de diagnóstico, hasta que se recupere la sesión. Una vez recuperada, se almacena el diagnóstico y es enviado mediante JavaMail API a las pacientes.
AC8	Se almacenan 6.050 láminas virtuales al día, durante los 365 días del año, donde en promedio cada lámina tiene un tamaño de 2 Gigabytes	Las láminas son almacenadas en los <i>Servidores Base de Láminas Virtuales</i> , los cuales pueden ser escalados de tal manera que, cuando se requiera más espacio en disco, se añada más capacidad de almacenamiento.

Cuadro 3.1 – (Continuación)

Atributo de Calidad	Estímulo	Respuesta
AC9 y AC10	Se tienen 120 usuarios con rol médico patólogo haciendo solicitudes concurrentemente para la visualización de 6000 láminas al día	Los servidores web y de Láminas Virtuales se escalan en un cluster de dos o más máquinas para balancear la carga de solicitudes. De esta manera, se obtiene un aumento en el rendimiento, y en la disponibilidad.
AC10	Hay 400 usuarios con rol citotecnólogo digitalizando láminas.	Los módulos de Adquisición y Transmisión de Láminas Virtuales están alojados en el cliente, lo que permite que el sistema mantenga el nivel de disponibilidad y de desempeño para cada usuario.

Cuadro 3.1 – (Continuación)

Atributo de Calidad	Estímulo	Respuesta
AC10	Se tienen 1150 usuarios con rol enfermero, diligenciando y consultando información clínica de las pacientes.	Los servidores web y de Base de Datos se escalan en clusters de dos o más máquinas para balancear la carga de solicitudes. De esta manera, se obtiene un aumento en el rendimiento, y en la disponibilidad.

Cuadro 3.1 – (Continuación)

Atributo de Calidad	Estímulo	Respuesta
AC11	Hubo una actualización en el módulo Lámina-Virtual, específicamente en los componentes de adquisición y transmisión	Los componentes se actualizan utilizando Java Web Start, que es la implementación de referencia de la especificación Java Networking Launching Protocol (JNLP), mediante la cual permite arrancar aplicaciones Java que están en el servidor web comprobando previamente si el cliente tiene la versión actualizada de dichos componentes. Si no es así descargará la última versión y se ejecutará en local. Mediante esta tecnología se asegura que una aplicación es distribuida siempre en su última versión.

Cuadro 3.1 – (Continuación)

Atributo de Calidad	Estímulo	Respuesta
AC12	Un usuario que no tenga cuenta en el sistema, desea ingresar	Los módulos correspondientes a la interfaz de usuario se comunican con el módulo <i>AdministracionApp</i> quien establece si el usuario está habilitado para ingresar al sistema.
AC13	Un usuario con rol enfermero desea ingresar un diagnóstico	Todo usuario creado en el sistema, tiene un rol definido. El rol tiene asignados procesos, los cuales a su vez tienen servicios asociados. En cada servicio, para cada rol son asignados permisos, de esta manera se controla cualquier intento, por parte del usuario, de ejecutar servicios que no le están permitidos.

Cuadro 3.1 – (Continuación)

Atributo de Calidad	Estímulo	Respuesta
AC14	Hay una infiltración en la red de datos para conocer la información transmitida por el citotecnólogo	El uso del protocolo SSH permite cifrar la información de tal manera que no pueda ser legible y no permita que una tercera persona descubra los datos de usuario (nombre y contraseña) ni la información transmitida.
AC15	Hay un intento de alterar la información durante la transmisión	El uso simultáneo de los protocolos SSH y SCP ² , permiten proteger los archivos y enviarlos por conexiones seguras y encriptadas entre los hosts de emisión y recepción.

²Protocolo SCP (Secure Copy Protocol, por sus siglas en inglés)

Cuadro 3.1 – (Continuación)

Atributo de Calidad	Estímulo	Respuesta
AC16	Un usuario negó su participación en el proceso de diagnóstico de citología	Las cuentas de usuario las crean los administradores de los centros de salud, cada usuario puede modificar su contraseña y los nombres de usuario son únicos. Al momento de ingresar al sistema, el usuario digita su número de cédula, nombre y contraseña. Debilidad: Es importante incluir dispositivos hardware que permitan la lectura de datos biométricos, para reforzar el ingreso de usuarios.

Cuadro 3.1 – (Continuación)

Atributo de Calidad	Estímulo	Respuesta
AC17	Se presentó una falla en el sistema (corte de luz, interrupción en la red de datos) que interrumpió la disponibilidad de los servidores web y de datos	Debilidad: Es necesario tener una fuente de poder que le suministre energía a los equipos en el momento de que se presenten los cortes de luz. Se debe considerar la opción de tener un servidor de respaldo en otras instalaciones, para redireccionar las peticiones a él cuando la red de datos falle.

Cuadro 3.1 – (Continuación)

Atributo de Calidad	Estímulo	Respuesta
AC18	La red de datos en el sitio donde se ubica el citotecnólogo falla por más de una hora	Como las láminas virtuales se van almacenando en el disco del cliente, el citotecnólogo puede seguir digitalizando láminas sin problemas, y éstas son enviadas cuando la conexión se recupere. Debilidad: El usuario debe disponer de una capacidad considerable de disco duro en el equipo, para poder almacenar un gran número de láminas virtuales.

Cuadro 3.1 – (Continuación)

Atributo de Calidad	Estímulo	Respuesta
AC19	En el centro de salud regional, se requiere intercambiar información con un sistema de historia clínica	Mediante el envío de mensajes HL7 hacia el sistema de historia clínica se le puede proporcionar la información de los diagnósticos de citología cérvicouterina. Debilidad: Es necesario que el sistema de historia clínica tenga una interfaz que permita la interpretación de mensajes HL7.

Cuadro 3.1 – (Continuación)

Atributo de Calidad	Estímulo	Respuesta
AC20	Un centro de salud tiene sistema operativo Linux	Los componentes son desarrollados en C y Java, los cuales son multiplataforma. Es necesario compilar los componentes que permiten la adquisición y la transmisión de las láminas virtuales para los diferentes sistemas operativos. La demás funcionalidad del Sistema, es accedida mediante un navegador Web, por lo tanto, el sistema operativo no tendrá influencia en este aspecto.

3.2.2. Pruebas por Prototipado

El prototipo desarrollado tiene como fin validar el desempeño de la técnica de TeleMicroscopía (TMic) diseñada. El objetivo de ésta validación, es conocer la capacidad de la técnica de TMic planteada, para proporcionar el desempeño requerido para llevar a cabo toda la funcionalidad que debe cumplir el sistema. Los atributos de calidad evaluados en esta etapa, para la técnica de TMic, son *Tiempo de Respuesta*

(AC4 y AC5) y Rendimiento (AC1 y AC2). Ver cuadro 2.10.

Tiempo de Respuesta:

La técnica de TMic debe permitir la digitalización, a un aumento de 10x, de cada lámina en aproximadamente 10 minutos (AC4) y la visualización de cada uno de sus campos en un segundo, para cada usuario (AC5).

Para el cumplimiento del atributo de calidad AC4 se diseñó una serie de filtros que permiten la adquisición y reconstrucción de la Lámina Virtual (Ver Figura 3.1). Para permitir la visualización de los campos de cada lámina, se diseñaron los componentes de la Figura 3.2.

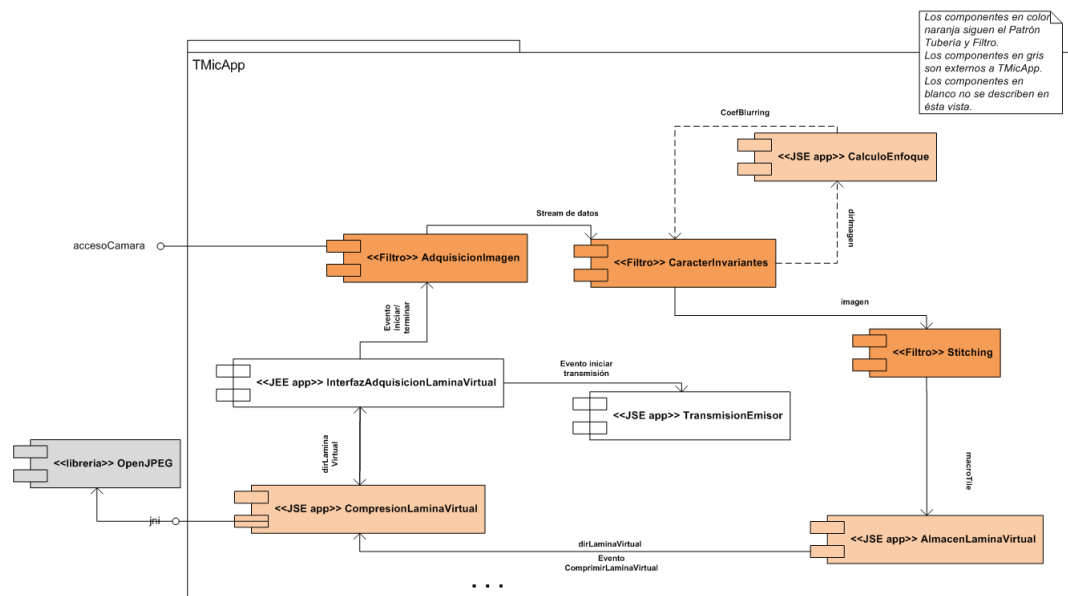


Figura 3.1: Componentes para el logro del atributo de calidad AC1

Resultado de la validación del Tiempo de Respuesta:

El tiempo de digitalización de las láminas sobrepasa el definido en AC4, dando como resultado un promedio, por lámina, de 35 minutos cuando se digitaliza a 40X y

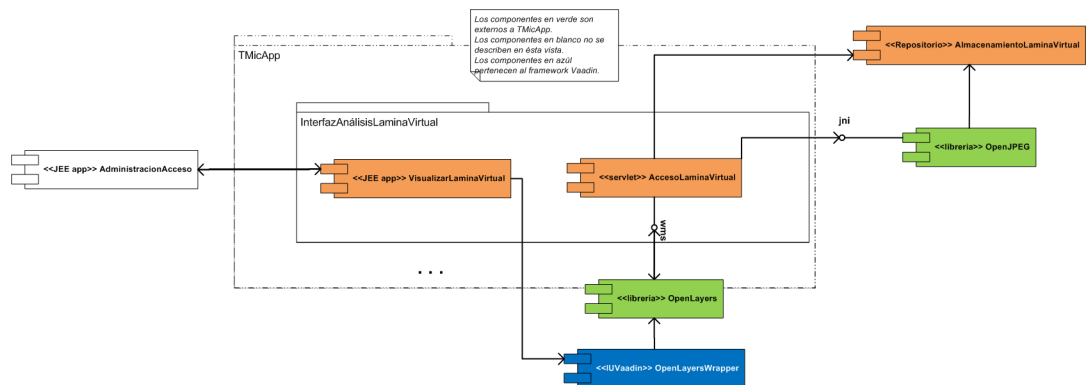


Figura 3.2: Componentes para el logro del atributo de calidad AC5

de 20 minutos cuando se digitaliza a 10x. De igual manera, al momento de la reconstrucción de la lámina virtual, la imagen final presenta aberraciones provocadas por cambios de iluminación y de enfoque (Ver Figura 3.3).

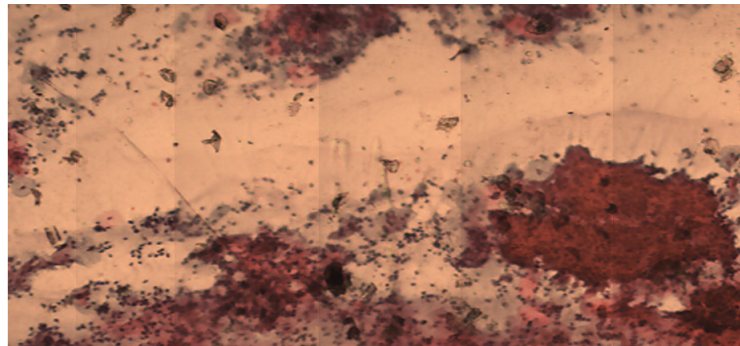


Figura 3.3: Aberraciones de iluminación en un segmento de Lámina Virtual, compuesto por cinco campos celulares

También, se presentó que, cuando no había suficiente material celular en los campos, el componente *CaracterInvariantes* falla. Para poder cumplir con este atributo de calidad, es necesario mejorar el diseño de la arquitectura software, tomando en consideración las siguientes decisiones:

- Para mejorar el tiempo de reconstrucción de la Lámina Virtual, es necesario paralelizar los componentes *CaracterInvariantes*, *Stitching*, *CalculoEnfoque* que

son parte del módulo TMicApp, de tal manera que las operaciones que cada filtro hace en la imagen, sean más rápidas.

- Para evitar las aberraciones en la imagen final, se requiere agregar un filtro, dentro del patrón tubería filtro definido en la *Vista Adquisición TMicApp*, que permita calcular el vignetting³ de la imagen de cada campo celular, para poder obtener una iluminación más homogénea en la lámina virtual.
- Con el fin de poder asegurar que todos los campos celulares, estén representados en la Lámina Virtual, es conveniente utilizar una guía física que permita conocer los campos celulares adyacentes y poder ubicarlos correctamente en la lámina virtual.

La tecnología seleccionada para la visualización de la Lámina Virtual, permite cumplir satisfactoriamente el atributo de calidad AC5. La integración del componente *OpenLayersWrapper* con el servlet *AccesoLaminaVirtual* y la comunicación de éste con la librería *OpenJPEG*, despliegan las imágenes de los campos celulares a diferentes enfoques, en 1 segundo, permitiendo que la navegación de toda la Lámina Virtual se realice utilizando un navegador web de una forma rápida, en comparación con el despliegue tradicional de imágenes de gran tamaño en navegadores web, que tienen un tiempo de visualización significativamente alto.

Rendimiento La técnica de TMic, representada en la Arquitectura Software por el módulo TMicApp, debe permitir la digitalización de 50 láminas por usuario y la transmisión de 15 de ellas por redes de 512Kbits/seg, al día. (Ver Atributos de Calidad AC1 y AC2 en el cuadro 2.10).

Los componentes diseñados para permitir el logro del atributo de calidad AC1, se

³Reducción de la iluminación de una imagen en la periferia, comparada con el centro de la imagen.

presentan en la Figura 3.1 y se detallan en la *Vista Adquisición TMicApp*⁴ de la Wiki que acompaña a este libro. Para AC2, los componentes diseñados, se presentan en la Figura 3.4 y se detallan en la *Vista Transmisión TMicApp*⁵

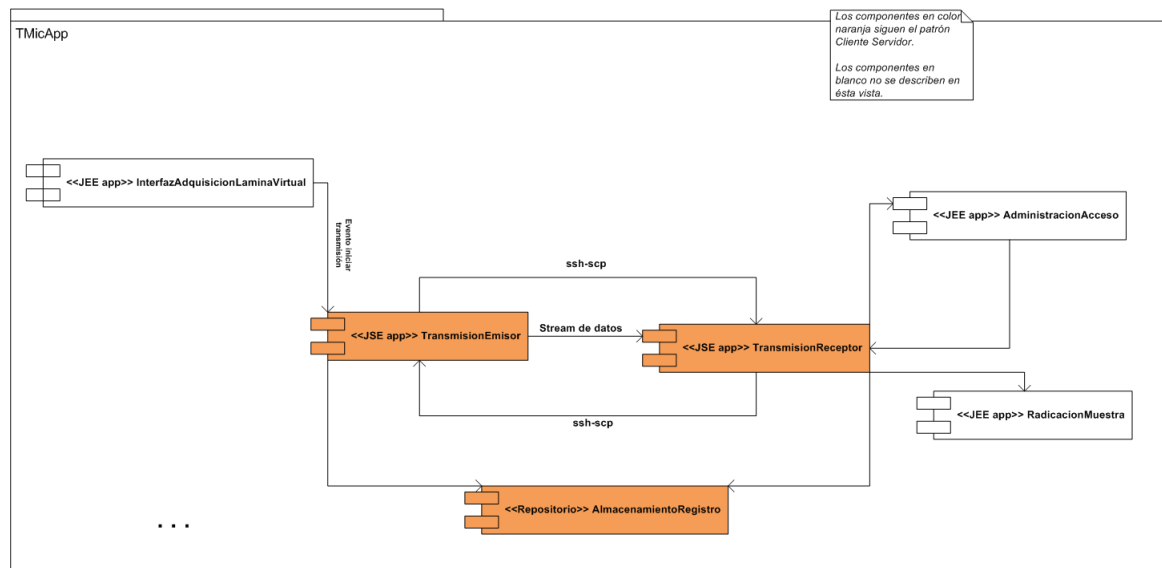


Figura 3.4: Componentes para el logro de los atributos de calidad AC2 y AC4

Resultado de la validación del Rendimiento:

Debido a que la digitalización de una lámina es de 35 minutos cuando el usuario trabaja a un aumento de 40X y de 20 minutos cuando el aumento es de 10x, la digitalización de 50 láminas no es posible en un mismo día. Para poder cumplir con el AC1 es necesario tomar en consideración las decisiones presentadas anteriormente, para mejorar el tiempo de reconstrucción de la lámina virtual.

Con respecto al atributo de calidad AC2, se pudo comprobar que el uso de la librería OpenJPEG para la compresión de la lámina virtual, permite el envío del archivo, el

⁴Disponible en: http://190.96.194.138/mediawiki/index.php/Vista_Adquisici%C3%B3n_TMicApp

⁵Disponible en: http://190.96.194.138/mediawiki/index.php/Vista_Transmisi%C3%B3n_TMicApp

cual tiene un tamaño de aproximadamente 2GigaBytes (sin compresión) cuando se utiliza un aumento de 10X, por una red de 512Kbits/seg. Igualmente la combinación de los protocolos SSH y SCP junto con el uso del DBMS Apache Derby empotrado, permiten la transmisión cuando la red es intermitente. Ver Figura 3.5.

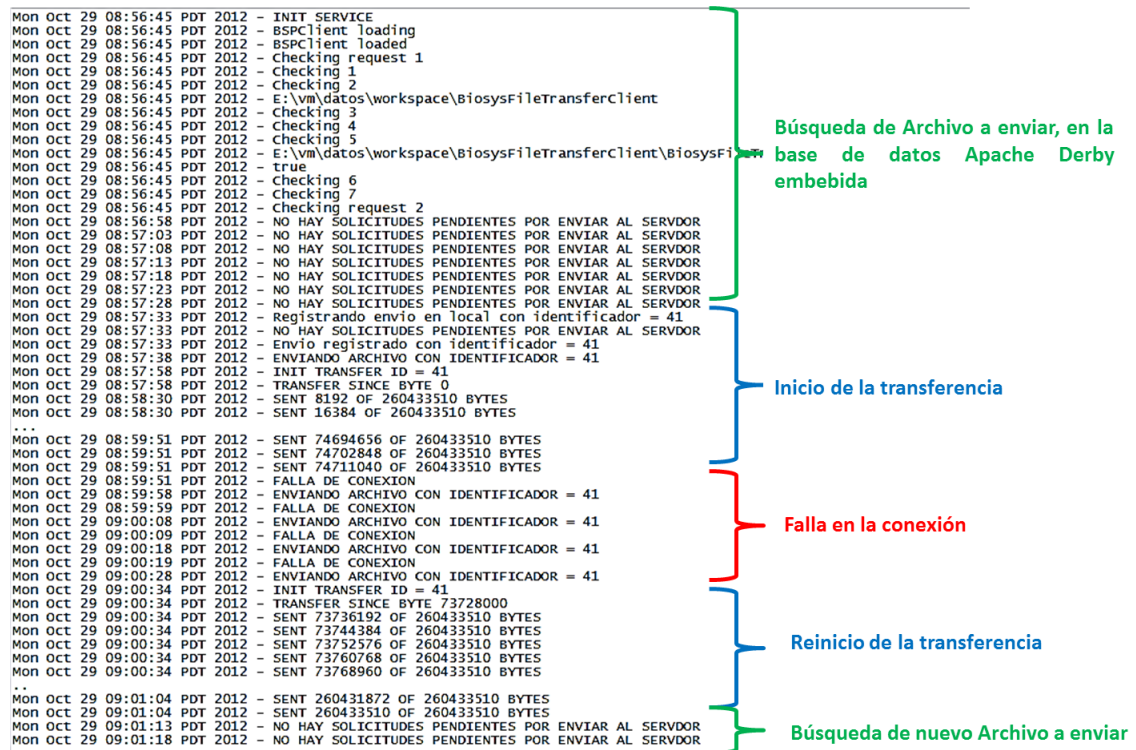


Figura 3.5: Resultado de la Transferencia de una Lámina Virtual digitalizada a 10x y comprimida con OpenJPEG

3.3. Análisis de Resultados

3.3.1. Cumplimiento de Atributos de Calidad

Los Atributos de Calidad (AC) definidos en el cuadro 2.10 se clasifican según la prioridad definida, como se ilustra en la Figura 3.6. De aquí se puede analizar, que

el 67 % de los AC son de prioridad alta, el 28 % de prioridad media y el restante 5 % de prioridad baja.

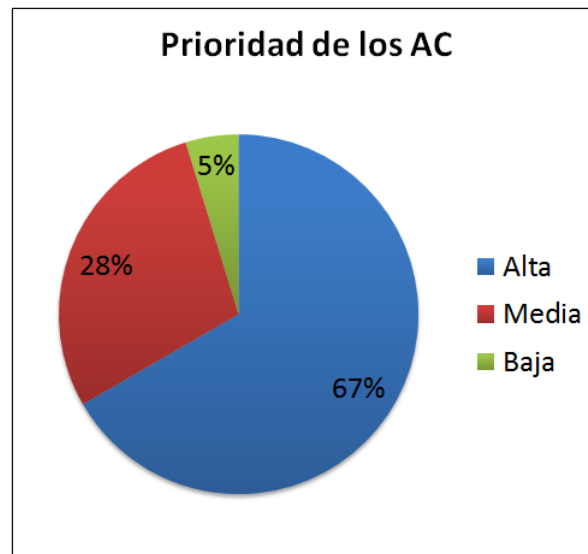


Figura 3.6: Distribución de AC de acuerdo a la prioridad

Partiendo de la validación realizada anteriormente, en la figura 3.7 se presenta el porcentaje de cumplimiento para las diferentes prioridades asignadas a cada AC. Se puede apreciar que un 86 % de los AC que son altamente prioritarios se cumplen a satisfacción; para cumplir el 100 % de los AC, se requiere la toma de decisiones de diseño que superen las debilidades encontradas, en el 14 % de éstos AC, al momento de la validación.

3.3.2. Técnica de TMic

La técnica de TeleMicroscopía diseñada (TMic), la cual estaría representada en el módulo TMicApp (Ver figura 2.27), presenta el comportamiento definido en la figura 3.8 con respecto a las técnicas de TMic presentadas en el cuadro 1.1.

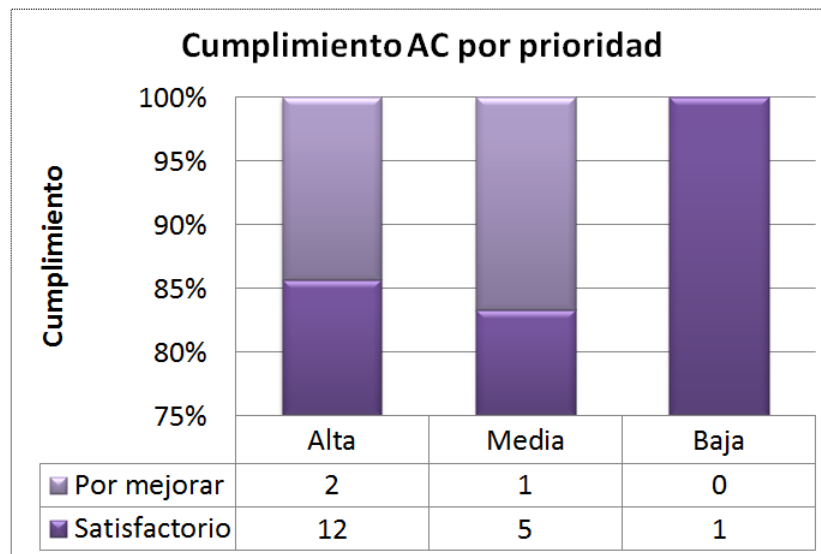


Figura 3.7: Porcentaje de cumplimiento de los AC según su prioridad

Fortalezas Como se puede observar, el módulo TMicApp se diseñó para ser una versión mejorada de las técnicas de TMic existentes, permitiendo la adquisición de todo el material celular, la reconstrucción de la lámina de forma virtual, su transmisión por redes de bajas prestaciones y su visualización sin incurrir en compra de equipos costosos.

No requiere de capacidades de almacenamiento grandes, debido a que las láminas virtuales se almacenan comprimidas. Al utilizar redes de transmisión con anchos de banda de 2 Mb/s, la transmisión de la lámina virtual a 40x es relativamente rápida. Igualmente, para los citotecnólogos, la transmisión de una lámina virtual no afectará la adquisición y reconstrucción de otras láminas virtuales, debido a que es un proceso desatendido.

Debilidades Como se expuso anteriormente, el tiempo de digitalización supera los 10 minutos especificados en AC4, lo que lleva a requerir la paralelización de los algoritmos de reconstrucción de la lámina virtual. Igualmente, se presentan aberraciones

Técnica TMic	Estática	Dinámica	Microscopio Virtual	TMicApp
Característica				
Envío de información celular completa	✗	✓	✓	✓
Evita la compra de equipos costosos para la adquisición de la información celular	✓	✗	✗	✓
El envío de la información celular se puede hacer usando redes de bajas prestaciones	✓	✗	✗	✓
El tiempo de la transmisión de toda la información celular a 40x es bajo	✓	✗	✗	✓
La visualización de la información celular se puede hacer usando redes de bajas prestaciones	✓	✗	✗	✓
Requiere poco tiempo de visualización del material celular	✓	✗	✗	✓
Requiere gran capacidad de almacenamiento en el servidor	✗	✗	✓	✗
El tiempo de adquisición de la información celular sobrepasa los 10 minutos	✗	✓	✗	✓
Presencia de aberraciones en las imágenes	✗	✓	✗	✓
La demora en la transmisión de la información celular afecta el trabajo del usuario	✓	✓	✗	✗

Figura 3.8: Comparación técnicas de TMic existentes con la propuesta

provocadas por efecto de desenfoque y cambios de iluminación, lo cual se puede mejorar, utilizando algoritmos que permitan corregirlas.

4. Conclusiones, Contribuciones y Trabajo Futuro

4.1. Conclusiones

Con el desarrollo de la investigación, se puede concluir que:

1. El conocer los atributos de calidad del sistema de Telecitología, facilitó la identificación de los estilos arquitectónicos de *retorno de llamada*, *flujo de datos* y *repositorio*, los cuales son tipos de estilos componente y conector, como también la posterior selección de los patrones arquitectónicos *cliente-servidor*, *tubería filtro*, y *datos compartidos* asociados a tales estilos, lo que conlleva a que el sistema de telecitología diseñado tenga la calidad proporcionada por los estilos y patrones seleccionados.
2. La estructura para la documentación de la Arquitectura Software dada por Garlan en [4], permite organizar el diseño de la Arquitectura en Vistas, donde cada vista tiene una subestructura que facilita su comprensión. El documentar la Arquitectura Software del Sistema de Telecitología, basada en esta estructura, le permite a los stakeholders conocer los atributos de calidad que

se tuvieron en cuenta en el diseño, comprender las soluciones que se adoptaron para el cumplimiento de los atributos de calidad y entender los argumentos del por qué se tomaron tales decisiones. El tener esta documentación actualizada, permitirá ahorrar costos en las fases posteriores de desarrollo, implantación y mantenimiento.

3. El seguir el proceso de Arquitectura iterativa de tres pasos propuesta por Gorton en [3] , le facilita al arquitecto identificar los *requerimientos funcionales y no funcionales*, para que basado en ellos, pueda tomar las decisiones de diseño correspondientes, y validar tales decisiones con el fin de verificar el cumplimiento de los requerimientos, de tal manera que se logre una solución viable para la creación e implantación de sistemas de telemedicina de calidad en las entidades de salud.
4. Es importante conocer la clasificación de los Atributos de Calidad (AC), comprendidos dentro de los Requerimientos No Funcionales (RNF). Diferentes autores han dado diversas clasificaciones para los AC, con base en esto, el cuadro 2.9 presenta una recopilación de los RNF, su definición y la lista de atributos de calidad que se relacionan con cada RNF.
5. El uso de escenarios, para la validación del diseño de la Arquitectura Software para el sistema de Telecitología, permitió identificar debilidades que actualmente tiene el diseño, con el fin de que se puedan tomar decisiones para fortalecerlo, antes de la fase de implementación.
6. Diferentes técnicas de TeleMicroscopía (TMic) han sido creadas, con el fin de cumplir la misma funcionalidad: *transmitir imágenes microscópicas por las redes de telecomunicación*. El diseño de la técnica de TMic que da soporte al Sistema de Telecitología, fué creado basándose en los atributos de calidad de *rendimiento*,

tiempo de respuesta, tamaño de los datos, solicitud de carga, disponibilidad, portabilidad y usabilidad, para los cuales, su cumplimiento es tan importante, como lograr la funcionalidad deseada. La técnica de TMic propuesta, tiene la ventaja con respecto, por ejemplo a la TeleMicroscopía Robótica y la Microscopía Virtual, en que es económica, y permite la visualización de todo el contenido celular en un navegador web, como su utilización en municipios remotos ya que está diseñada para funcionar en redes de bajas prestaciones.

Para validar los atributos de calidad de *rendimiento y tiempo de respuesta* de la técnica de TMic planteada, se utilizó la técnica de prototipado, dando como resultado la necesidad de paralelizar los componentes que permiten la adquisición y reconstrucción de la Lámina Virtual; igualmente es necesario incluir un componente (tipo filtro), para tratar el problema de vignetting presente en las imágenes y utilizar una guía física que permita orientar la reconstrucción de las láminas virtuales.

7. Una de las decisiones arquitectónicas más importantes, fué la elección de la tecnología que permitirá cumplir los atributos de calidad: *desempeño, disponibilidad, escalabilidad, portabilidad y usabilidad*; y servirá de base para la construcción del sistema de Telecitología.

Se seleccionó el Framework Vaadin, como entorno de desarrollo, Apache Tomcat como servidor web y de aplicaciones y PostgreSQL como DBMS, ya que cada uno se destaca con respecto a tecnologías semejantes, como se sustenta en la *Vista Cliente Servidor Sistema de Telecitología*¹, de la siguiente forma: La Arquitectura orientada al servidor de Vaadin y la reutilización de sus componentes lo hacen más seguro en comparación a otros frameworks de desarrollo de aplicaciones web enriquecidas; PostgreSQL tiene un mejor comportamien-

¹Disponible en: http://190.96.194.138/mediawiki/index.php/Vista_Cliente_Servidor_Sistema_de_Telecitolog%C3%ADa

to, comparándolo con otros DBMS cuando el número de clientes aumenta y no disminuye su desempeño al incrementar el tamaño de la base de datos; Apache Tomcat presenta un alto desempeño, una alta recuperación a fallos y posee la mejor disponibilidad con respecto a otros servidores web.

Para la técnica de TMic la combinación de las librerías OpenLayers y OpenJ-PEG, para la visualización de la Lámina Virtual, permiten un Tiempo de Respuesta de aproximadamente 1 segundo por campo de observación, haciendo posible la carga de imágenes de gran tamaño de una forma más rápida.

8. Antes de adoptar, implementar o implantar un Sistema de Telemedicina, es de suma importancia establecer un estudio de viabilidad en el cual se evalúen tres dimensiones:

- **Dimensión Organizacional:** Aquí se deben tener en cuenta el recurso humano involucrado con la tecnología , la gestión de las tecnologías a implantar en la organización, los costos, el tiempo y la legislación que enmarca la adopción del sistema de telemedicina en la organización.
- **Dimensión de transferencia:** La evaluación debe abarcar aspectos como el tamaño y la ubicación de las entidades de salud que adoptarán el sistema de telemedicina, la infraestructura de comunicación a la cual tienen acceso en tal entidad, y las opciones que se pueden utilizar para la transferencia de la información médica.
- **Dimensión Médica:** En esta dimensión es importante evaluar si el propósito es clínico o no y en qué área de la salud se adoptará el sistema de telemedicina.

4.2. Contribuciones

Técnica de TeleMicroscopía (TMic)

Se diseñó una técnica de TMic que permite adquirir imágenes de campos celulares de una lámina de frotis celular, los cuales son la base para la reconstrucción de la lámina de forma virtual, la cual tiene un tamaño de 4.43 Gigabytes (si se digitaliza a 40x); de igual manera posibilita su transmisión por redes intermitentes de 512 Kbits/s y su visualización en un navegador web, permitiéndole al usuario hacer cambios de aumento y navegar por toda la lámina de forma virtual. Ésta técnica permite el análisis remoto, y asíncrono, de todo el contenido celular, diferencia significativa con respecto a otras técnicas, sin la necesidad de que las entidades de salud adquieran equipos costosos, como microscopios robóticos y escáneres. De esta manera, la técnica diseñada puede ser utilizada para sistemas de telediagnóstico y para apoyo en la educación, en especialidades como hematología, citohistopatología, y demás, que requieran análisis bajo microscopio por un especialista.

Sistema de Telecitología

El desarrollo y la puesta en marcha de un sistema de Telecitología, basado en el diseño arquitectónico, resultado de la investigación, le proporcionará apoyo tecnológico de calidad al programa de detección temprana de cáncer cérvicouterino en Colombia.

Codirección de proyectos de pregrado

Partiendo del conocimiento adquirido en el desarrollo del proyecto, se ha podido contribuir en los siguientes proyectos de fin de carrera:

- *Ambiente Virtual de Aprendizaje (AVA) para la capacitación, actualización y soporte del personal encargado de realizar la prueba de Papanicolaou convencional., el cual*

fué presentado para a la convocatoria interna de consolidación de grupos de investigación y fué aprobado para su financiación.

- *Diseño Arquitectónico de una herramienta software que permita la Interoperabilidad entre Sistemas de Historia Clínica Electrónica*

Publicación en revista

Con el desarrollo del proyecto de investigación se publicó el artículo titulado *Sistemas de Telecitología como alternativa en la detección temprana de cáncer de cuello uterino en colombia*, en la Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, v. 2, p. 70-78, 2011.

Publicación en memorias de eventos

Con el trabajo titulado *Elimination of blurred images of cellular fields for virtualizing a slide*, se participó en el décimo séptimo Seminario de Tratamiento de Señales, Imágenes y Visión Artificial, el cual está en espera de publicación.

Ponencias Internacionales

Se presentó la ponencia internacional titulada: *Detección de Glóbulos Rojos en una Placa Virtual de Sangre Periférica.*, en la modalidad de póster, en el Congresso Nacional de Engenharia Mecânica - CONEM, 2012, São Luis do Maranhão. Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. São Luis do Maranhão: VII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica CONEM, 2012. v. 7. p. 0-0.

Con respecto a la temática de Telemedicina, se presentó la ponencia titulada *Estudio para la implementación de Sistemas de Teleotorrinolaringología en el departamento de santander*, en el Taller-Logros y avacer del programa Nacional de Telesalud, en Guadalajara, México.

Ponencias Nacionales

En el Congreso Internacional Electrónica y Tecnologías de Avanzada CIETA 2011 se presentó el trabajo titulado: *Sistemas de Telecitología como alternativa en la detección temprana de cáncer de cuello uterino en Colombia*.

En el séptimo Seminario Internacional de Procesamiento y Análisis de Información Médica (SIPAIM), se presentó la ponencia titulada *Detección de núcleos en imágenes de células cérvicouterinas mediante un clasificador entrenado por boosting*.

El artículo titulado *Estudio para la implementación de Sistemas de TeleGinecobstetricia en el departamento de Santander*, fue aceptado para su presentación en el octavo Seminario Internacional de Procesamiento y Análisis de Información Médica (SIPAIM).

4.3. Trabajo Futuro

Con la experiencia adquirida en el desarrollo del proyecto, se propone como trabajo futuro los siguientes proyectos:

1. El desarrollo e implantación del Sistema de Telecitología, basados en el diseño arquitectónico propuesto, ya que brindaría el apoyo tecnológico necesario en las organizaciones, para solucionar los problemas en el manejo de información que presenta el programa de detección temprana de cáncer cérvicouterino en el país.
2. Diseñar una arquitectura genérica basándose en los componentes de la técnica de TMic propuesta, para que ésta pueda ser instanciada por otros sistemas software de telediagnóstico basado en el análisis de material celular, que requieran la adquisición, reconstrucción, compresión, transmisión, almacenamiento y vi-

sualización de láminas virtuales.

3. Diseñar una arquitectura de referencia, que tenga en cuenta los requerimientos funcionales y no funcionales de una colección de sistemas de telemedicina, en el país, con el fin de crear una guía para el desarrollo de futuros sistemas de telemedicina que les permita ser interoperables entre sí y facilite la creación de familias de productos viables económicamente, tecnológicamente, científicamente y organizacionalmente.

4. Bibliografía

- [1] Muller.G, "A reference architecture primer.." [On-line]. [citado 2012-09-27].2008. Disponible en: "<http://www.gaudisite.nl/>".
- [2] O. C. I. Jeff Garland, *Large-Scale Software Architecture. A Practical Guide using UML*. John Wiley & Sons Ltd, 2003.
- [3] I. Gorton, *Essential Software Architecture*. Springer, 2006.
- [4] D. Garlan, F. Bachmann, J. Ivers, J. Stafford, L. Bass, P. Clements, and P. Merson, *Documenting Software Architectures: Views and Beyond*. Addison-Wesley Professional, 2nd ed., 2010.
- [5] P. Clements, D. Garlan, R. Little, R. Nord, and J. Stafford, "Documenting software architectures: views and beyond," in *Software Engineering, 2003. Proceedings. 25th International Conference on*, pp. 740 – 741, may 2003.
- [6] *Bibliographic Software Architecture Definitions*. Software Engeneering Institute. Carnegie Mellon University. [On line]. <http://www.sei.cmu.edu/architecture/start/glossary/bibliographicdefs.cfm?location=quaternary-nav&source=19118.>, 2012.

- [7] *Software Architecture Glossary*. Software Engineering Institute. Carnegie Mellon University. [On line]. <http://www.sei.cmu.edu/architecture/start/glossary/?location=tertiary-nav&source=18823>., 2012.
- [8] B. Bruegge and A. H. Dutoit, *Object-Oriented Software Engineering. Using UML, Patterns and Java. Second Edition*. Pearson Prentice Hall, 2004.
- [9] L. Bass, P. Clements, and R. Kazman, *Software Architecture in Practice, Second Edition*. Addison Wesley, 2003.
- [10] M. Jacob, V. Levin, and L. Silvana, “Control integral del cáncer cérvicouterino. guía de prácticas esenciales,” *Organizacin Mundial de la Salud.*, 2007.
- [11] R. Murillo, R. Cendales, C. Wiesner, M. Pieros, and S. Tovar, “Efectividad de la citología cérvico-uterina para la detección temprana de cáncer de cuello uterino en el marco del sistema de salud de colombia,” *Biomédica*, vol. 29, pp. 354 – 361, 09 2009.
- [12] M. Olmos, “Recomendaciones para la tamización de neoplasias del cuello uterino en mujeres sin antecedentes de patología cervical (preinvasora o invasora) en colombia,” tech. rep., Instituto Nacional de Cancerología, 2007.
- [13] C. Wiesner Ceballos, S. Tovar, M. Pieros Petersen, R. Cendales, and R. H. Murillo Moreno, “La oferta de servicios para tamización de cáncer de cuello uterino en colombia,” *Rev Col Cancerol*, vol. 13(3), pp. 134–144, 2009.
- [14] PAHO., *Bases Metodológicas para evaluar la viabilidad y el impacto de Proyectos de Telemedicina*. Pan American Health Organization, 2001.
- [15] *A Taxonomy of Telemedicine Efforts with Respect to Applications, Infrastructure, Delivery Tools, Type of Setting and Purpose*, IEEE Computer Society, 2005.

- [16] M. Dávalos, M. French, A. Burdick, and S. Simmons., "Economic evaluation of telemedicine: Review of the literature and research guidelines for benefit-cost analysis," tech. rep., TELEMEDICINE and e-HEALTH, 2009.
- [17] M. Iftikhar, K. Masood, and T. T. Song, "A model proposal for tele-pathology labs (telepol)," in *Proceedings of the First Kuwait Conference on e-Services and e-Systems*, eConf '09, (New York, NY, USA), pp. 12:1–12:7, ACM, 2009.
- [18] L. Garcés, H. Gualdrón, A. Mendoza, and V. Martínez, "Sistemas de telecitología como alternativa en la detección temprana de cáncer de cuello uterino en colombia.," *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, vol. 2, pp. 70 – 78, 2011.
- [19] K. Yamashiro, N. Kawamura, S. Matsubayashi, K. Dota, H. Suzuki, H. Mizushima, F. Wakao, and N. Azumi, "Telecytology in hokkaido island, japan: results of primary telecytodiagnosis of routine cases.," *Cytopathology*, vol. 15, pp. 221–227, 2004.
- [20] E. Y. Nakagawa and L. B. Ruas Oliveira, "Using systematic review to elicit requirements of reference architectures," tech. rep., Dept. of Computer Systems. University of São Paulo - USP., 2012.
- [21] S. A. del Cáncer. and Livestrong, "Oncología. todo tiene un costo mensurable. revelan el impacto devastador del cáncer," tech. rep., Sociedad Americana del Cáncer., 2010.
- [22] D. Miranda, J. Barrero, and J. Echeverri, *Estudio para la detección temprana del cáncer de cuello uterino*. Editorial Sic. Universidad Industrial de Santander., 2007.
- [23] D. Palacio, "Plan nacional para el control del cáncer en colombia 2010-2019.." Instituto Nacional de Cancerología. Empresa Social del Estado.(2010).

- [24] D. Solomon and R. . Nayar, *El Sistema Bethesda para informar la citología cervical. Definiciones, criterios y notas aclaratorias*. Ediciones Journal., 2005.
- [25] V. Martínez, A. Mendoza, O. Álvarez, and E. García, *Modelo Computacional para la caracterización de células endocervicales*. Universidad Industrial de Santander., 2007.
- [26] M. C. Díaz Cuspoca and E. A. Parra Saad, *Guía control de calidad para la toma, procesamiento e interpretación de muestras de citologías de cuello uterino*. Instituto Nacional de Salud. Ministerio de la Protección Social., 2008.
- [27] IEEE, "Recommended practice for architectural description of software-intensive systems," *IEEE Std 1471-2000*, pp. i–23, 2000.
- [28] X. Franch and P. Botella, "Putting non-functional requirements into software architecture," in *Proceedings of the 9th international workshop on Software specification and design, IWSSD '98*, (Washington, DC, USA), pp. 60–, IEEE Computer Society, 1998.
- [29] L. Chung, J. C. Sampaio, and P. Leite, "On non-functional requirements in software engineering," *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, vol. A.T. Borgida et al. (Eds.): Mylopoulos Festschrift, LNCS 5600, pp. 363–379, 2009.
- [30] S. L. Pfleeger and J. M. Atlee., *Software Engineering.Theory and Practice. Fourth Edition*. Pearson Higher Education., 2010.
- [31] M. Romero, J. Angarita, and L. Garcés, "Estudio para la implementación de sistemas de teleotorrinolaringología en el departamento de santander," in *CENETEC-SALUD. Guadalajara,Jalisco.*, 2012.
- [32] "Ley 1419 de 2010.diario oficial no. 47.922 de 13 de diciembre de 2010.," tech. rep., Congreso de la República de Colombia. Disponible en: <http://www.>

secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2010/ley_1419_2010.html, 2010.

- [33] D. Mairiza, D. Zowghi, and N. Nurmuliani, "An investigation into the notion of non-functional requirements," in *Proceedings of the 2010 ACM Symposium on Applied Computing, SAC '10*, (New York, NY, USA), pp. 311–317, ACM, 2010.
- [34] R. Malan and D. Bredemeyer, "Defining non-functional requirements," white paper, Bredemeyer Consulting, 2001.
- [35] SIHO, "Sistema de información hospitalaria. dirección de prestación de servicios y atención primaria - ministerio de salud y protección social." Disponible en <http://201.234.78.38/SIHO/informes/ipspornivel.aspx?pageTitle=IPS%20por%20Nivel%20de%20Atenci%F3n&pageHlp=/SIHO/ayudas/informes/caracterizacion.pdf>.
- [36] P. Avgeriou and U. Zdun, "Architectural patterns revisited. a pattern language," in *In 10th European Conference on Pattern Languages of Programs (EuroPlop 2005)*, Irsee, pp. 1–39, 2005.
- [37] R. T. Monroe, A. Kompanek, R. Melton, and D. B. Garlan, "Architectural styles, design patterns, and objects," tech. rep., Tepper School of Business. <http://repository.cmu.edu/tepper/318>, 1996.