



Universidad de la República

Facultad de Ingeniería
Instituto de Computación

Reducción de errores en la Identificación de Pacientes a través del uso de Motores de Workflow

Informe de Proyecto de Grado

Estudiante

Jonathan Kantor

Tutor

Ing. Antonio López

Responsable

Ing. Julio Carrau

Montevideo, Uruguay, 2017

Instituto de Computación, Facultad de Ingeniería
Julio Herrera y Reissig 565, CP 11300
Montevideo, Uruguay, 2017

Resumen

En el Hospital de Clínicas no existe ningún tipo de conectividad entre las Modalidades (equipos de adquisición de imágenes como Tomógrafo, Resonador Magnético, Endoscopio, Placa, entre otros) y el HIS (Sistema de Gestión Hospitalaria). Esto se ha convertido en una de las fuentes principales de generación de problemas en lo que refiere a la integridad y consistencia tanto de los datos de pacientes como de sus estudios asignados.

Los datos del Paciente son ingresados dos veces, una vez en el Índice de Pacientes y otra vez en el Workstation de la Modalidad. Los datos del Estudio son ingresados dos veces, una vez en el Sistema de Citas o en el de Órdenes de Paraclínica y otra vez en el Workstation de la Modalidad.

El objetivo principal de este proyecto es el análisis e implementación de mecanismos que reduzcan significativamente la posibilidad de cometer errores.

La consistencia en la información de los datos de pacientes y sus estudios, es el problema prioritario a resolver.

Con la incorporación del motor de Workflow se espera reducir los errores en la identificación de pacientes en los servicios que realizan constantemente estudios que implican la adquisición de imágenes del 10% al 1%.

En primer lugar se tiene que conectar el HIS con las Modalidades de Adquisición. Esto permitirá que la modalidad de adquisición obtenga los datos ingresados desde el HIS y que no tengan que ser ingresados manualmente desde la Workstation. Se asegura que el paciente es identificado solamente una vez en todo el proceso de adquisición de imágenes como parte del Estudio.

En base a ejemplos de experiencias académicas que fueron llevadas a cabo en otras partes del mundo para resolver problemas similares, se concluye que las dos plataformas tecnológicas que van a ser estudiadas pueden ser aplicadas al contexto del Sistema de Gestión Hospitalaria perteneciente al Hospital de Clínicas.

Al igual que en las pruebas de investigación realizadas con Radiología Convencional y Resonancia Magnética, se concluye que la prueba llevada a cabo con la modalidad correspondiente a Tomografía Computada también resultó exitosa porque se pudo obtener desde su Workstation la lista de todos los registros ingresados en el servidor de MWL (Modality Worklist) provenientes de las dos plataformas tecnológicas estudiadas.

Se pudo comprobar que es posible integrar un Motor de Workflow sin mayores dificultades en un sistema Informático de Gestión Hospitalaria.

Agradecimientos

- Equipo de Desarrollo e Infraestructura del servicio de DPI (División Procesamiento de la Información) del Hospital de Clínicas.
  Coordinadores de Infraestructura: Gustavo Pérez y Javier Delfino.

- Departamento de Imagenología del Hospital de Clínicas.
  Responsable de Tomografía Computada: Victor Esquerra.
  Operador de Resonancia Magnética: Rodrigo.

- Portal Timbó - Brindando acceso a más información y documentación sobre experiencias académicas similares en otras partes del mundo.

- Foro del "dcm4chee".

- Foro del "dcmtk" - Responsable del proyecto: Dr. Marco Eichelberg.
  Evacuó muchas dudas sobre el uso de la herramienta.

- Blog de David Simic - Artículos bien explicados y con buenos ejemplos, sobre el uso de mensajería HL7 en dcm4chee para el manejo de Worklist.
  Evacuó muchas dudas sobre el mensaje de tipo ORM-O01 y sobre la herramienta "hl7snd".

- Química Cenit - Configuración del equipo de Radiología Convencional.
  Técnico: Martín Silveira.

- Conatel - Configuración de los equipos de Tomografía y Resonancia Magnética.
  Ingenieros: Daniel Geido y Richard Machado.

Índice

ÍNDICE DE TABLAS **6**

ÍNDICE DE FIGURAS **8**

1. INTRODUCCIÓN **14**
1.1 Descripción del Proyecto 14
1.2 Organización del Documento 16

2. ANTECEDENTES **18**
2.1 HIS del Hospital de Clínicas 18
2.2 Motivaciones 21
2.3 Problemas detectados 21
2.4 Principal causa de los problemas 22
2.5 Situación actual 22
2.6 Situación deseada 25

3. ESTADO DEL ARTE **26**
3.1 Interoperabilidad 26
3.2 Health Level 7 (HL7) 27
3.3 Health Information System (HIS) 33
3.4 Radiology Information System (RIS) 34
3.5 Picture Archiving and Communication System (PACS) 35
3.6 Modalidad de Adquisición 35
3.7 Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) 35
3.8 Integrating the Healthcare Enterprise (IHE) 41
3.9 Scheduled Framework (SWF) 43
3.10 Modality Worklist (MWL) 47
3.11 Modality Performed Procedure Step (MPPS) 50
3.12 Extensión del modelo DICOM con MWL y MPPS 53
3.13 Integración de MWL y MPPS en el estándar DICOM 56

4. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN **58**
4.1 Solución propuesta 58
4.2 Aplicación del Perfil SWF de IHE en el proyecto 60
4.2 Investigación de plataformas tecnológicas de MWL y MPPS 67

5. DESARROLLO DEL PROTOTIPO **110**
5.1 Arquitectura General del Sistema 110
5.2 Modificaciones requeridas en los Sistemas 111
5.3 Mantenimientos de las nuevas Entidades 118
5.4 Formato de los Mensajes HL7 de tipo ORM-O01 133
5.5 Eliminación de registros del Servidor de Worklist 137
5.6 Dependencias de las librerías del "dcm4chee" 138

6. PRUEBAS Y VALIDACIÓN **141**
6.1 Validación y Verificación en ambiente de preproducción 141
6.2 Pruebas Integrales con Emulador de Modalidad 143
6.3 Pruebas Integrales con Modalidades de Adquisición 157
6.4 Pruebas de Stress 174

7. CONCLUSIONES **175**

8. GESTIÓN DEL PROYECTO **177**

REFERENCIAS **179**

ANEXOS **185**
Anexo 1: Composición de los Segmentos del Mensaje 185
Anexo 2: Relevamientos de otras Modalidades de Adquisición 191
Anexo 3: Funcionamiento del Application Data Flow en DICOM 195
Anexo 4: Manual del Programador 200
Anexo 5: Áreas Implicadas en el desarrollo del Proyecto 202
Anexo 6: Disciplinas involucradas de la Carrera Universitaria 203
Anexo 7: Propuesta Original del Proyecto 204

ÍNDICE DE TABLAS

1. **Sistemas que componen el HIS junto a una breve descripción de los mismos ….. 18**
2. **Descripción de las Entidades tecnológicas …….. 20**
3. **Beneficios de aplicar lo propuesto por el SWF ……..... 44**
4. **Objetivos planteados por el SWF ……. 45**
5. **Entidades que integran la extensión del modelo del mundo real de DICOM…….. 54**
6. **Beneficios del perfil y su aplicación en el proyecto ……...…. 60**
7. **Problema en la integración del HIS y la solución a implementar ….…… 61**
8. **Detalles del Perfil y su aplicación para el proyecto ……...……...……. 62**
9. **Implementaciones necesarias para que el proyecto cumpla con los objetivos ….. 65**
10. **Roles de DICOM y descripción de las entidades que los asumen ……. 67**
11. **Comparativa de la plataformas tecnológicas de PACS ……..... 68**
12. **Comparativa de los servicios de MWL y MPPS de las plataformas estudiadas ….. 70**
13. **Entidades tecnológicas partícipes de las pruebas de investigación ……..... 76**
14. **Descripción de las tecnologías partícipes de las pruebas ……...……...…….. 77**
15. **Segmentos más importantes que constituyen el mensaje HL7 ……... 79**
16. **Pruebas de obtención de todos los ítems ingresados en servidor de MWL provisto por la plataforma "dcmtk" ……... 84**
17. **Descripción del equipo de Radiología Convencional y del proceso de pruebas. …. 92**
18. **Descripción del equipo de Resonancia Magnética y del proceso de pruebas ……..... 93**
19. **Descripción del equipo de Tomografía Computada y del proceso de pruebas ……... 99**
20. **Comparativas y conclusiones obtenidas de la investigación realizada ……..... 105**
21. **Ventajas y desventajas observadas del servicio de MPPS ……..……..... 106**
22. **Ventajas y desventajas de aplicar el esquema teórico propuesto ……. 108**
23. **Entidades más importantes del Sistema de Citas …….. 111**
24. **Asociaciones que deben agregarse en el Sistema de Citas ……..... 113**
25. **Entidades más importantes del Sistema de Órdenes de Paraclínicas ……..... 114**
26. **Asociaciones que deben agregarse en el Sistema de Órdenes ……...……. 116**
27. **Interfaces que serán desarrolladas para la implementación del Workflow ……..... 117**
28. **Atributos agregados a las entidades de los sistemas modificados ……..... 120**
29. **Generación del valor del atributo a partir de los identificadores …….. 122**
30. **Herramientas utilizadas para crear el nuevo ítem de Worklist ….……... 123**
31. **Pasos para la creación del nuevo ítem de worklist ……. 123**
32. **Especificaciones de la tabla creada para tener un buen seguimiento de los ítems de worklist creados ……...……... 125**
33. **Mapeo entre el estado del Estudio en Citas y el estado del ítem de Worklist ……. 125**
34. **Mapeo entre el estado del Estudio en Órdenes y el estado del ítem de Worklist .. 127**
35. **Proceso de desarrollo de la Notificación del Estado de la Tarea al HIS ……. 129**
36. **Entradas y salidas de la herramienta "dcmqr" ……...… 130**

37. Parámetros agregados a los Sistemas de agendamiento de estudios 130
38. Las dos formas de invocar a la notificación 132
39. Descripción y especificaciones de la tabla "Seguimiento_Estudios" 132
40. Sistemas que proveen una considerable parte de la información que será enviada a través del mensaje HL7 generado 134
41. Modificación de segmento ORC en el archivo "orm2dcm.xsl" 135
42. Modificación de segmento ZDS en el archivo "orm2dcm.xsl" 136
43. Servidores instalados y asignados para cada modalidad 142
44. Descripción de la mejoras que podrían realizarse a futuro 176
45. Tiempos de la fase de Análisis 177
46. Tiempos de la fase de Diseño y Arquitectura 178
47. Tiempos de la fase de Desarrollo 178
48. Tiempos de la fase de Prueba 178

ÍNDICE DE FIGURAS

1. **Organización del HIS y su relación con las entidades tecnológicas 20**
2. **Organización del HIS y las entidades tecnológicas, donde las indicaciones con líneas punteadas marcan la ausencia de un canal de conectividad hacia las Modalidades 23**
3. **Ingreso manual de los datos para el inicio de la Resonancia Magnética por parte del técnico radiólogo, donde puede observarse el control de mando del resonador 24**
4. **Situación actual donde se van recapturando datos en el momento del examen y además se puede observar al paciente mientras es sometido a la resonancia 24**
5. **Esquema de organización del HIS y las otras entidades tecnológicas, luego de implementarse la conectividad entre el HIS y las Modalidades 25**
6. **Ejemplo de Mensaje HL7 versión 2.3 ..... 31**
7. **Ejemplo de Mensaje HL7 versión 3 ..... 33**
8. **Clase/Instancia SOP 37**
9. **Esquema modular que permite a los servicios invocar las mismas funciones 38**
10. **Interrelación entre las diferentes partes del estándar DICOM 39**
11. **Dirección del Flujo de Datos viajando desde un sistema hacia el siguiente a través del esquema de integración propuesto por el SWF 43**
12. **Esquema de los Actores y Transacciones, junto a sus respectivas relaciones 46**
13. **Diagrama de Información del modelo E/R 49**
14. **Ejemplo de un flujo de mensajes del Modality Worklist 50**
15. **Modelo del mundo real para la interfaz definida entre el Sistema de Información Hospitalario y la Modalidad (Modality Worklist y MPPS) 53**
16. **Vista funcional de la gestión del Modality Worklist y del Modality Performed Procedure Step en el contexto de las clases de servicios DICOM 57**
17. **Relación del modelo inicial de DICOM con el extendido por MWL y MPPS 57**
18. **Énfasis en el lugar donde se genera la interrupción en la continuidad del flujo de datos, que no permite cumplir con el esquema propuesto por el SWF 61**
19. **Implementaciones realizadas para mantener la continuidad en el flujo de los datos de acuerdo a lo propuesto por el SWF 66**
20. **Entidades tecnológicas pertenecientes al entorno de las pruebas 77**
21. **Diagrama de la arquitectura modular de la plataforma "dcm4chee" 78**
22. **Ejemplo de un mensaje HL7 versión 2.5 constituido por la unión de los segmentos recientemente mencionados 79**
23. **Secuencia de Ingreso de Ítem de Worklist en "dcm4chee" 80**
24. **Visualización de registros de worklist desde la interfaz gráfica web provista por la plataforma "dcm4chee" 80**
25. **Mensaje HL7 con el que se generó uno de los ítems desplegados 80**

26. Visualización y modificación de los atributos de un registro de worklist 81
27. Secuencia de Ingreso de Ítem de Worklist en "dcmtk" 82
28. Secuencia de consulta de Worklist con "dcmtk" 83
29. Listado del servidor de Worklist con los registros ingresados para las pruebas de investigación 86
30. Consulta de la lista de Worklist desde el emulador 87
31. Se seleccionó uno de los ítems de la lista y se procedió a la creación de la instancia de MPPS 87
32. El nuevo valor del atributo de estado del registro pasó a ser "STARTED" 88
33. El nuevo valor del atributo de estado del registro pasó a ser "DISCONTINUED" 88
34. Cambio en la Configuración del emulador para que el servidor de MWL corresponda al de la plataforma "dcmtk" 88
35. Consulta de la lista de Worklist desde el emulador 89
36. Creación de la instancia de MPPS con estado igual a "STARTED" 89
37. Instancia de MPPS en la base de datos. El valor del campo "mpps_status" es igual a cero, lo cual codifica el estado correspondiente a "STARTED" 89
38. Datos almacenados en el paciente seleccionado del ítem de worklist 89
39. El nuevo valor del atributo de estado del registro pasó a ser "DISCONTINUED" 90
40. Instancia de MPPS en la base de datos. El valor del campo "mpps_status" es igual a dos, lo cual codifica el estado correspondiente a "DISCONTINUED" 90
41. Configuración desde la Workstation del Resonador Magnético, para que el mismo utilice como servidor de MWL el provisto por la plataforma "dcm4chee" 94
42. Configuración desde la Workstation del Resonador Magnético, para que el mismo utilice como servidor de MWL el provisto por la plataforma "dcmtk" 94
43. Configuración del filtro de registros que puede recibir el listado de worklist solicitado desde la Workstation. En este caso se está exigiendo que sean todos los que tienen como atributo el valor de modalidad igual a "MR" 95
44. Desde la Workstation de la modalidad, se solicitan los registros ingresados en el servidor de MWL configurado 95
45. Despliegue en la Workstation de los registros solicitados al servidor de MWL correspondiente a la plataforma "dcmtk" 96
46. Despliegue en la Workstation de los registros solicitados al servidor de MWL correspondiente a la plataforma "dcm4chee" 96
47. Registros de prueba de MWL ingresados en la plataforma "dcm4chee" 97
48. Despliegue en la Workstation de los datos de la persona y del estudio correspondiente a un ítem de Worklist seleccionado 97
49. Otro ejemplo de despliegue de los datos de la persona y del estudio 97
50. Seguimiento de la ejecución del estudio de prueba desde la workstation 98
51. El valor del atributo de estado pasó de "SCHEDULED" a "STARTED" 98
52. Despliegue desde la workstation del Tomógrafo de algunos registros ingresados en el servidor de MWL correspondiente a la plataforma "dcm4chee" 100

53. Despliegue en la Workstation de los datos del estudio correspondiente a un ítem de Worklist seleccionado 100
54. Seguimiento de la ejecución del estudio de prueba desde el Tomógrafo 101
55. Configuración en el workstation del Tomógrafo del servidor de worklist provisto por el "dcmtk" junto al mpps provisto por el "dcm4chee" 101
56. Despliegue en el workstation de atributos del estudio ejecutado en la prueba ... 102
57. Ejecución en el workstation de una tarea extraída desde el "dcmtk" 102
58. Ítems ingresados del "dcm4chee" para llevar a cambio el estudio, junto a los valores que fueron asignándose para su atributo de "SPS Status" 102
59. Vista más detallada en la workstation de la tomografía de prueba 103
60. Propuesta de Workflow con el servidor de MWL primario provisto por la plataforma "dcm4chee" y con el servidor de MWL de respaldo provisto por "dcmtk" 107
61. Arquitectura General del Sistema 110
62. Estudios agendados para determinado paciente 112
63. Interfaz de agendamiento de un paciente para una prestación de Estudio 112
64. Modelo de Entidades del Sistema de Citas luego de implementado el proyecto .. 113
65. Órdenes de estudios agendados para determinado paciente 115
66. Interfaz de agendamiento de un paciente para una Orden de un Estudio de Análisis de Paraclínica 115
67. Modelo de Entidades del Sistema de Órdenes luego de implementado el Workflow del proyecto 116
68. Mantenimiento de la Modalidad 118
69. Mantenimiento de los equipos de adquisición de imágenes incluidos en determinada Modalidad 118
70. Mantenimiento de los servidores de MWL y MPPS 119
71. Mantenimiento de los servidores de PACS 119
72. Cabezal del WSDL correspondiente a la funcionalidad de generación de identificador para nuevo ítem de Worklist 120
73. Edición de Prestación de Estudio del Sistema de Citas con los atributos agregados para el Workflow 121
74. Edición del Tipo De Análisis de Estudio del Sistema de Órdenes de Paraclínicas con los atributos agregados para el Workflow 121
75. Proceso de creación e ingreso en el servidor de MWL del nuevo ítem de Worklist 124
76. Interfaz implementada para la administración de los turnos para estudios y para invocar la creación del ítem de Worklist 126
77. Correspondencia entre los registros del servidor de MWL con los estudios ingresados en el Sistema de Citas 126
78. Interfaz implementada para la administración de los turnos para estudios y para invocar la creación del ítem de Worklist 127

79. Estado final de los estudios agendados. La mayoría de los mismos fueron enviados para ser ejecutados, pero solamente en algunos el resultado estudio fue exitoso. Se resalta cada uno de ellos con el color que representa su estado……..... 128
80. Correspondencia entre los registros del servidor de MWL con los estudios ingresados en el Sistema de Órdenes …….. 128
81. Diagrama de funcionamiento de la notificación del estado de la tarea al HIS ….. 130
82. Configuración del servicio de mensajería HL7 provisto por la plataforma "dcm4chee" …….. 133
83. Diagrama que resalta el agregado del paso de eliminación del ítem de Worklist al proceso de notificación del estado de tarea al HIS ……..… 137
84. Dependencias del Servidor de DICOM del "dcm4chee" …….. 139
85. Dependencias del Servicio de Modality Worklist del "dcm4chee" ……..... 139
86. Dependencias del Servicio de MPPS del "dcm4chee" …….. 139
87. Dependencias del Servicio de Mensajería HL7 del "dcm4chee" ……..…..... 140
88. Diagrama de la distribución de las modalidades entre los servidores …...…..…. 142
89. Configuración en el Tomógrafo del servidor definitivo de MWL, HL7 y MPPS …... 143
90. Asignación del Técnico para la prestación de Tomografía Computada ……..... 145
91. Agendamiento del tercer paciente para Estudio de Tomografía Computada desde el Sistema de Citas ……..……..... 146
92. Listado de los estudios de prueba agendados desde el Sistema de Citas …….. 146
93. Ejemplo de mensaje HL7 versión 2.5 generado desde uno de los estudios ……..... 147
94. Listado de los tres ítems de Worklist recientemente creados en la interfaz gráfica del "dcm4chee" del servidor de MWL de la modalidad de "CT" ……..... 147
95. Cambio en el estado de los tres estudios luego de realizado el envío ……. ….. 147
96. Interfaz de edición de uno de los ítems de Worklist recientemente creado …..... 148
97. Configuración del servidor de MWL de modalidad de "CT" en el Emulador 148
98. Despliegue en el Emulador de los ítems de Worklist recientemente creados ……..... 149
99. Creación de la instancia de MPPS con estado igual a "STARTED" ……..... 149
100. Listado de los elementos desde el servidor de MWL, resaltando el cambio en el estado del registro seleccionado ….……..... 149
101. Creación de la instancia de MPPS con estado igual a "DISCONTINUED" ……. 150
102. Se resalta el siguiente cambio en el estado del registro seleccionado ……..... 150
103. Se resalta el valor final de cada uno de los estados correspondientes a los tres ítems de worklist creados para las pruebas ……..... 150
104. El estado final de los estudios desplegados en el Sistema de Citas …… 151
105. Modificación del servidor de MWL. Solamente uno de los tres ítems no fue eliminado …….. 151
106. Uno de los mensaje HL7 versión 2.5 generado para eliminar uno de los dos ítems de worklist que fueron eliminados ……..... 151
107. Agendamiento de una orden de paraclínicas para un paciente ……..... 152
108. Listado de los estudios agendados desde el Sistema de Órdenes ……..... 152

109. Listado de los estudios luego de que fueron enviados al servidor de MWL 153
110. Listado de los ítems de worklist creados desde el Sistema de Órdenes 153
111. Configuración del servidor de MWL de la modalidad "MR" en el Emulador 153
112. Despliegue en el Emulador de los ítems de Worklist recientemente creados 154
113. Creación de la instancia de MPPS con estado igual a "STARTED" 154
114. Listado de los elementos desde el servidor de MWL, resaltando el cambio en el estado del registro seleccionado 154
115. Se resalta el valor final de cada uno de los estados correspondientes a los tres ítems de worklist creados para las pruebas 155
116. El estado final de los estudios desplegados en el Sistema de Órdenes 155
117. Modificación del servidor de MWL. Solamente tres de los seis ítems generados para la prueba no fueron eliminados 155
118. Tomógrafo conteniendo la bolsa de suero utilizada para la prueba 158
119. Workstation que es utilizado por el operador del Tomógrafo 158
120. Listado de las Citas de estudios utilizadas para la prueba 156
121. Ejemplo de mensaje HL7 versión 2.5 generado desde uno de los estudios 159
122. Despliegue de los Ítems de Worklist creados en servidor de MWL de "CT" 160
123. Listado de los Ítems de Worklist desde una interfaz del Tomógrafo, que además permite seleccionar el estudio que se va a realizar de forma directa 160
124. Otra interfaz de la Workstation, que también permite desplegar los estudios del servidor de MWL y seleccionar el estudio que se va a realizar 161
125. Panel de la Workstation donde son volcados los datos del paciente y del estudio, provenientes del ítem de Worklist seleccionado 161
126. Visualización de los datos en una de las pantallas del tomógrafo 162
127. Visualización de los datos desplegados en más de una pantalla 162
128. Interfaz del tomógrafo donde se da la orden de finalización del estudio 163
129. Listado del estado final en que quedaron los estudios agendados desde el Sistema de Citas que fueron utilizados para las pruebas 163
130. El listado del servidor de MWL quedó sin ningún elemento 164
131. Un mensaje HL7 versión 2.5 generado para eliminar uno de los dos ítems de worklist que fueron eliminados 164
132. Visualización de las imágenes generadas en el servidor de PACS 164
133. Visualización detallada de las imágenes generadas en el estudio 165
134. Resonador magnético conteniendo el suero utilizado para las pruebas 166
135. Workstation que dirige las operaciones del Resonador Magnético 166
136. Listado de las Citas de estudios utilizadas para la prueba 167
137. Despliegue de los Ítems de Worklist creados en servidor de MWL de "MR" 167
138. Listado de los Ítems de Worklist en una interfaz del resonador, que además permite seleccionar el estudio que se va a realizar de forma directa 168
139. Selección desde la workstation del resonador de uno de los ítems para ejecutar de prueba, donde se observa en la parte inferior el despliegue en detalle de los

datos personales del paciente y de la fecha/hora para la cual fue agendado para realizar el estudio 168
140. Panel de la Workstation donde son volcados los datos del paciente y del estudio, provenientes del ítem de Worklist seleccionado 169
141. Panel del resonador desplegado al comienzo del estudio, donde pueden visualizarse el nombre y fecha de nacimiento del paciente seleccionado 169
142. En el segundo estudio seleccionado para la ejecución de la prueba, cambió el valor de su atributo estado "SCHEDULED", al nuevo valor "STARTED" 170
143. Los datos del paciente de prueba son desplegados en más de una pantalla dentro de la interfaz del workstation del resonador 170
144. Pantalla del resonador donde se da la orden de finalización del estudio seleccionado para la prueba 170
145. Listado del estado final en que quedaron los estudios agendados desde el Sistema de Citas que fueron utilizados para las pruebas 171
146. El listado del servidor de MWL quedó sin ningún elemento 172
147. Visualización de las imágenes generadas en el servidor de PACS 172
148. Visualización desde la interfaz web de las imágenes generadas 172
149. Diagrama de Gantt del desarrollo real del proyecto 177

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del Proyecto

Desde hace más de cinco años me encuentro desempeñando tareas en el área de Análisis y Desarrollo de la D.P.I. (División Procesamiento de la Información) del Hospital de Clínicas. Participé en el desarrollo de la mayor parte de los Sistemas de Índole Asistencial de la Institución. El director de la D.P.I. es el Ingeniero Julio Carrau, quien al mismo tiempo es el responsable de este proyecto. El conocimiento y experiencia adquiridos en mis años de trabajo motivaron a que esta Institución Hospitalaria fuera el escenario ideal para realizar el proyecto no solamente con fines académicos sino también para contribuir a la mejora en la calidad de los procesos asistenciales donde las herramientas informáticas poseen un rol cada vez más relevante y estratégico.

En los últimos años el Área de la Informática en Salud se ha desarrollado de forma muy significativa, llegando a cobrar una gran importancia dentro del campo tecnológico. Su etapa de implantación en el área de la Salud ha llevado muchos años debido a la sensibilidad y alto grado de precauciones que deben ser tenidas en cuenta en cada uno de los pasos involucrados en el proceso de Atención de los Pacientes. Esto no ha impedido de que haya una tendencia en los centros de atención de pacientes, para que se apoyen cada vez más en procesos informáticos con el fin de lograr una mayor eficiencia en la atención al paciente.

Actualmente en el Hospital de Clínicas es muy poco frecuente encontrar un médico que no tenga una computadora personal en su escritorio, a través de la cual cuenta con acceso a visualizar la historia clínica del paciente e ir ingresando gradualmente cada uno de los resultados que va obteniendo durante la consulta realizada. Es poco frecuente la existencia de equipos de tratamiento, diagnóstico o de adquisición de imágenes utilizados para cualquier tipo de estudio médico, que no posean al menos un componente electrónico que les provea la conectividad necesaria para integrarse a un sistema o red informática establecida dentro de un centro de atención hospitalario. Los procesos de índole administrativa involucrados en el área médica como por ejemplo el registro de un nuevo paciente o la asignación de un turno para un médico o un estudio a un determinado paciente, también se realizan a través de procesos informáticos.

Por eso es muy común que las instituciones sanitarias cuenten con una infraestructura de red informática bien definida que brinde conectividad tanto a las computadoras de los consultorios de los médicos y de los operadores del área administrativa como a todo tipo de equipamiento utilizado para realizar estudios. En

pocas palabras, la gran mayoría de las áreas de cualquier índole que forman parte del proceso de atención al paciente se apoyan fuertemente en procesos informáticos para llevar a cabo sus tareas y al mismo tiempo esto les provee un entorno para que puedan estar conectadas entre sí, posibilitando la comunicación e intercambio de información entre las mismas.

Al mismo tiempo se han desarrollado un número muy importante de estándares especializados en el área de la Informática de la Salud. Estos proveen lineamientos y recomendaciones para una mejor aplicación de las herramientas y metodologías informáticas existentes en la mayor parte de los procesos involucrados en la atención al paciente. La gran mayoría de las Instituciones Hospitalarias han invertido esfuerzos con el fin de incorporarlos de la mejor forma posible dentro de sus planes de mejora continua en los resultados asistenciales.

El trabajo de este proyecto será realizado en el marco de la División de Procesamiento de Información del Hospital de Clínicas, desde el cual se ofrecen servicios de Infraestructura y desarrollo de aplicaciones, cubriendo la mayoría de las necesidades de un sistema hospitalario informatizado. El Sistema Informático de Gestión Hospitalaria perteneciente a la institución mencionada, está integrado por una gran diversidad de módulos (que pueden ser denominados como "Sistemas") como por ejemplo el Índice de Personas que administra la información de los Pacientes, el de Citas que se encarga del agendamiento de turnos de médicos o estudios para un paciente, el de Órdenes que también agenda turnos para estudios, el de Admisión que administra la asignación de camas para los pacientes internados, el de Historia Clínica, el de Emergencias, el de Laboratorio, el de Análisis y Diagnóstico por Imagen, entre otros.

Todos estos sistemas se encuentran interconectados, lo cual ha permitido la interacción e intercambio de información entre los mismos. Pero por otro lado el desarrollo individual de cada uno de estos creó islas de información, obligando a que determinada información solicitada deba obtenerse por parte de distintos sistemas. Esto genera la necesidad de verificar la coherencia de la información obtenida así como de su integración con otros fragmentos de información que también formen parte de la totalidad de la información solicitada para determinada etapa de un proceso.

Por ejemplo, si los datos del estudio que se va a realizar un determinado paciente poseen algún tipo de error, por más mínimo que pueda ser, traería consecuencias muy graves como por ejemplo la pérdida de los resultados del estudio por no haber logrado identificar correctamente al paciente, o inclusive resultados erróneos en su diagnóstico por no haberle realizado el estudio que su médico le mandó.

El objetivo principal de este proyecto es el análisis e implementación de mecanismos que reduzcan significativamente la posibilidad de cometer errores, mediante el aseguramiento de la consistencia e integridad de los datos involucrados en el estudio de un paciente que implique la adquisición de imágenes (por ejemplo Tomografía Computada, Resonancia Magnética, Endoscopia, Placa, Radiología Convencional). Para lograr este objetivo, se va a recurrir a los estándares de la Informática de la Salud, ya que la mayoría de estos están en un estado de madurez que han sido adoptados por la gran mayoría de los fabricantes de software y equipamiento.

La tarea primordial consiste en controlar la forma en que fluye la información del paciente durante todo el ciclo de vida de su relación con el estudio (desde la prescripción por parte del médico hasta la visualización de la Historia Clínica del mismo médico). La herramienta sugerida para el control en el flujo de datos es la incorporación de un motor de "Workflow" (flujo de datos). El tema es estudiado dentro de los estándares de la Informática de la Salud.

Con la incorporación del motor de Workflow dentro del esquema de integración del HIS, se espera reducir los errores en la identificación de pacientes en los servicios que realizan constantemente estudios que implican la adquisición de imágenes (por ejemplo Radiología) del 10% al 1%.

1.2 Organización del Documento

El primer capítulo corresponde a la Introducción.

El segundo capítulo describe el estado en el que se encuentra el Sistema de Gestión Hospitalaria del Hospital de Clínicas. Esto se lleva a cabo a través de un relevamiento de los módulos que lo integran. De esta forma se podrá detectar la presencia de uno o más problemas que pueden estar introduciendo errores en los datos del Paciente y del Estudio que se le va a realizar. Además se realiza una comparativa entre el estado original del Sistema Institucional con el resultante de incorporar la mejora que introduce el proyecto.

El tercer capítulo trata sobre el Estado del Arte de las tecnologías relacionadas con la Informática de la Salud. En el mismo se describen en detalle los estándares e iniciativas existentes que serán de apoyo para el proyecto, junto a conceptos que serán mencionados frecuentemente a lo largo de este documento.

En el cuarto capítulo se selecciona entre todo lo mencionado del capítulo anterior, los estándares y conceptos que serán tenidos en cuenta para encontrar una o más soluciones a los problemas detectados en la primer parte del proyecto. Luego se

menciona la solución que fue encontrada, junto al análisis de los componentes necesarios para realizarla. Esto incluye un estudio de las plataformas tecnológicas existentes que proveen herramientas para implementar el motor de Workflow. Después se analizará cuál es la tecnología más adecuada para utilizar en el proyecto. También serán mencionadas las modificaciones o agregados realizados al sistema de Gestión Hospitalaria de la Institución.

El quinto capítulo describe el proceso de Desarrollo del Prototipo. Esto implica una descripción de las decisiones tomadas de arquitectura y diseño, junto a las implementaciones que fueron realizadas como parte de la implementación del prototipo de la solución.

En el sexto capítulo se mencionan las pruebas funcionales llevadas a cabo para verificar que el prototipo implementado funcione correctamente y de acuerdo a lo planteado en la solución propuesta.

En el séptimo se enumeran todas las conclusiones que surgieron luego de finalizadas todas las etapas del proyecto. Además se hace mención de los trabajos a futuro que podrían llegar a realizarse en base a los resultados obtenidos a largo del trabajo realizado.

El octavo capítulo, que es último, corresponde al de Gestión del Proyecto. Esto implica el período de tiempo en que fue realizada cada una de las etapas del proyecto y la respectiva duración de las mismas que fue cuantificada en cantidad de horas.

2. ANTECEDENTES

En esta sección se realizó un relevamiento del estado en que se encuentran los sistemas de Gestión Hospitalaria de Índole Asistencial pertenecientes al Hospital de Clínicas. Durante ese proceso se verificó la existencia de potenciales fuentes de generación de errores, debido a la presencia de datos inconsistentes producidos por carencias o faltas en el esquema de integración que se encuentra implementado para los diferentes sistemas.

2.1 HIS del Hospital de Clínicas

Actualmente el Hospital de Clínicas posee un HIS (Sistema de Gestión Hospitalaria) integrado por una gran variedad de módulos para el área referente a la mejora en la Asistencia al Paciente, o sea de Índole Asistencial. Los mismos pueden ser habilitados para diferentes tipo de usuarios en los diversos servicios que componen la Institución. El Sistema de Citas es uno de los módulos que integran el HIS de la Institución.

En la tabla 1 se describen los Sistemas de Índole Asistencial pertenecientes al HIS.

Tabla 1 – Sistemas que componen el HIS junto a una breve descripción de los mismos.

Control de Acceso
Es el módulo central que administra el acceso al HIS por parte de los usuarios. A través del mismo se distribuyen el resto de los módulos. Entre sus funciones principales está el gestionar los permisos de acceso a los usuarios, mediante la asignación de perfiles según las funcionalidades a las cuales tiene permitido acceder.
Índice de Personas
Es el responsable del mantenimiento de los pacientes del sistema. Entre sus funciones se encuentran la alta, baja y modificación de pacientes. También cuenta con un buscador de pacientes, mediante un potente filtro de búsqueda por atributos.
Admisión de Camas
Gestión de la asignación de camas a lo pacientes que son internados.
Agendamiento de Citas
También es conocido con el nombre de "Sistema de Citas". Entre sus funciones principales se encuentran la de la administración de las Prestaciones que brinda la institución, como por ejemplo la atención con los

médicos y la realización de estudios. Otras de sus funciones es la de agendar una Prestación para un determinado Paciente para una fecha y hora determinada.
Órdenes de Paraclínicas
También es conocido con el nombre de "Sistema de Órdenes de Paraclínicas". Entre sus funciones principales se encuentran la de la administración de los Análisis de Paraclínicas que brinda la institución, como por ejemplo un estudio de radiografía. Otras de sus funciones es la de agendar una análisis para un determinado Paciente para una fecha y hora determinada.
Historia Clínica
Es el registro mecanizado de los datos médicos, sociales y preventivos de un paciente, obtenidos de forma directa o indirecta y constantemente puestos al día.
Emergencia - Triage
Es el encargado de gestionar solamente las consultas generadas en el servicio de Urgencia del Hospital.
Alertas de Pacientes
Administra las situaciones de un paciente, que pueden incidir de forma significativa en su proceso de atención.
Técnicos - Médicos
Administra los datos de los Técnicos y Médicos que forman parte de la Institución.

A nivel tecnológico está implementado con Interfaz de plataforma Web en una Intranet. Posee una arquitectura de aplicación distribuida con aplicaciones desplegadas en un servidor Apache-Tomcat, funcionando por encima de toda una infraestructura de LAN bien definida. Fue implementado a través del entorno de desarrollo Genexus versión 9, generando código en lenguaje de programación Java Web y con motor de Base de Datos MySql.

También se cuenta con múltiples equipos de PACS (servidores donde se encuentran almacenadas las imágenes generadas en estudios médicos como por ejemplo Tomografía Computada o Resonador Magnético) instalados con la plataforma tecnológica "dcm4chee" (será explicada con mayor detalle en los siguientes capítulos) que provee servicios DICOM (el estándar por excelencia que define el formato de las imágenes médicas y sus operaciones sobre las mismas), para el almacenamiento de las imágenes generadas por las distintas modalidades (equipos) de adquisición de imágenes (por ejemplo: Tomografía Computada, Resonador Magnético, Radiología Convencional, Endoscopio, Placa, entre otros).

En la figura 1 se muestra cómo se organiza el HIS Institucional y su relación con el resto de las entidades tecnológicas. En la tabla 2 se describen cada una de ellas.

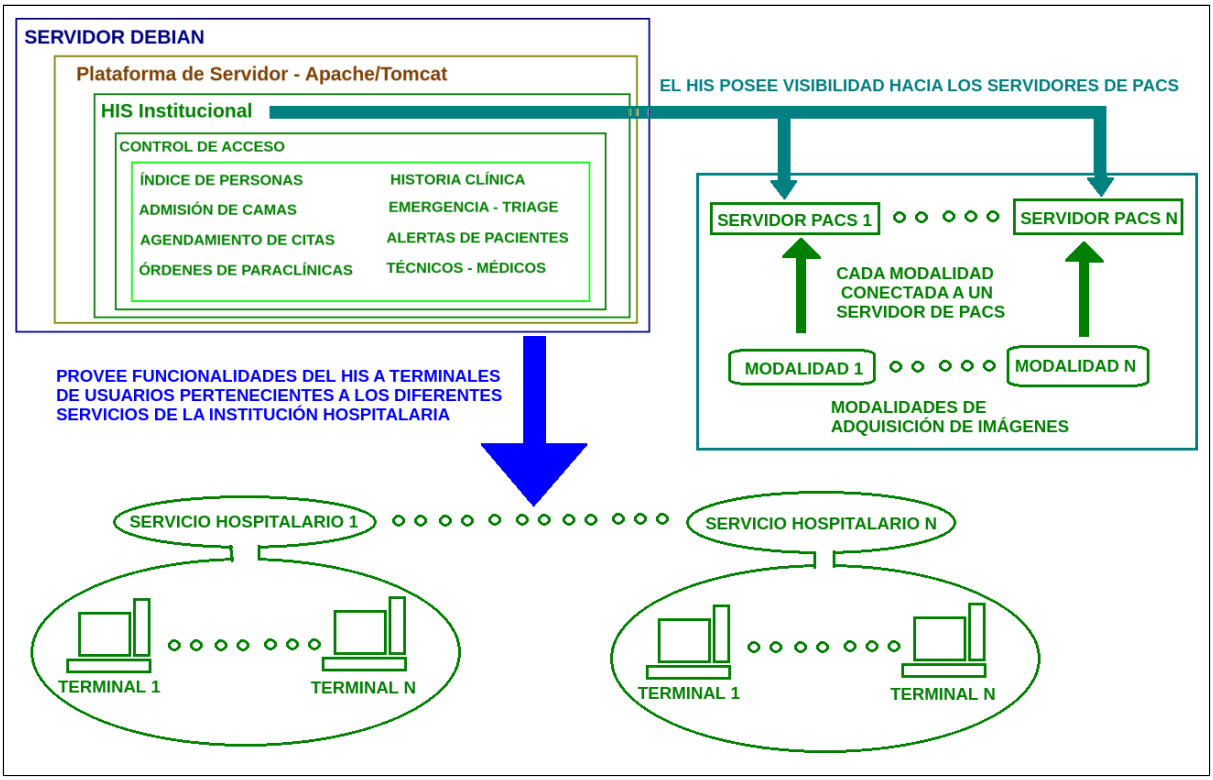


Figura 1 – Organización del HIS y su relación con las entidades tecnológicas.

Tabla 2 – Descripción de las Entidades tecnológicas.

Entidad Tecnológica	Descripción	Observaciones
Servidor Debian donde se correr servidor Apache/Tomcat	El Sistema HIS se encuentra desplegado en el servidor	Tiene visibilidad hacia los servidores de PACS, pero no hacia las Modalidades.
Terminales clientes distribuidos en los servicios	Cada terminal es accedida por usuarios, que poseen permisos para determinadas funcionalidades.	Según el servicio al que pertenece el usuario, se definirán un conjunto acotado de funcionalidades a las que podrá acceder.
Modalidades conectadas a servidores de PACS.	Los equipos de adquisición de imágenes almacenan las imágenes obtenidas en servidores de PACS.	Ninguna plataforma tecnológica posee conectividad directa hacia la Modalidad. Por tanto los datos necesarios para ejecutar estudios pueden solamente ser ingresados de forma manual. Ningún sistema le provee esos datos a la modalidad.

Como se puede observar, no existe ningún tipo de conectividad entre las modalidades y el HIS. Esto se ha convertido en una de las fuentes principales de generación de problemas en lo que refiere a la integridad y consistencia tanto de los datos de pacientes como de sus estudios asignados.

2.2 Motivaciones

Cada Modalidad de adquisición de imágenes, tiene su propio workstation (estación de trabajo) donde se ingresan **manualmente** los datos del paciente y del estudio al cual será sometido.

Los datos personales del paciente no son obtenidos desde el Sistema de Índice de Pacientes. Los datos del estudio tampoco son obtenidos desde el Sistema de Citas, ni tampoco desde el Sistema de Órdenes de Paraclínicas.

Estos conjuntos de datos mencionados solamente son ingresados de forma manual por el operador del Workstation de la modalidad (eso le da la responsabilidad de dirigir la secuencia en que se va realizando el estudio), **sin que se realice ningún tipo de verificación hacia los dos sistemas anteriormente mencionados**.

2.3 Problemas detectados

- Los datos del Paciente son ingresados dos veces. Una vez en el Índice de Pacientes y otra vez en el Workstation de la Modalidad.

- Los datos del Estudio son ingresados dos veces. Una vez en el Sistema de Citas o en el de Órdenes de Paraclínica, y otra vez en el Workstation de la Modalidad.

- No existe verificación entre los datos ingresados en el Índice de Pacientes y los datos del Paciente ingresados de la Workstation. La presencia de datos duplicados, se convierte en una fuente potencial de errores en el ingreso de los datos del Paciente.

- No existe verificación entre los datos ingresados en el Sistema de Citas y los datos del Estudio ingresados de la Workstation. Por segunda vez, la presencia de datos duplicados vuelve a ser en una fuente potencial de errores en el ingreso de los datos del Estudio.

- Por ejemplo si se ingresa incorrectamente el número de documento, el estudio figuraría como perteneciente a otro paciente, pudiendo llegar a resultar en un diagnóstico incorrecto en más de un paciente. Otro caso sería el ingreso erróneo en la edad, que podría ocasionar que el proceso de adquisición de imágenes no sea el que le corresponde al paciente y por ende se obtendría un diagnóstico erróneo con consecuencias negativas en la calidad de la atención, habiéndose generado un gasto importante en los recursos de la institución.

- Un caso que ha ocurrido fue el de imágenes almacenadas en el servidor de PACS, que no diferencian entre el número interno del paciente en el hospital y su número de documento, o inclusive de un número que es de otro paciente. Esto genera que no se puede encontrar la imagen obtenida por la modalidad. En muchos casos esto trae pérdida de tiempos y hasta asumir la pérdida de la imagen cuando en realidad ya fue adquirida pero no puede ser identificada.

2.4 Principal causa de los problemas

Falta de conectividad entre el **HIS** (Sistema de Gestión Hospitalaria) y las **Modalidades de Adquisición** de imágenes (equipos para estudios como por ejemplo Tomógrafo, Resonador Magnético, Endoscopio, Placa, Radiología Convencional).

A continuación se describe el problema que el proyecto busca resolver. Esto consiste en comparar la situación actual en que se encuentra el HIS Institucional con la situación deseada luego de implementado el prototipo con el cual se espera reducir los errores en la identificación de pacientes a través del uso de motores de Workflow.

2.5 Situación actual

En la figura 2, donde se expone el diagrama de la organización del HIS Institucional y su relación con el resto de las entidades tecnológicas, se agrega una marca donde se hace énfasis en la falta de conectividad entre el HIS y las modalidades de adquisición.

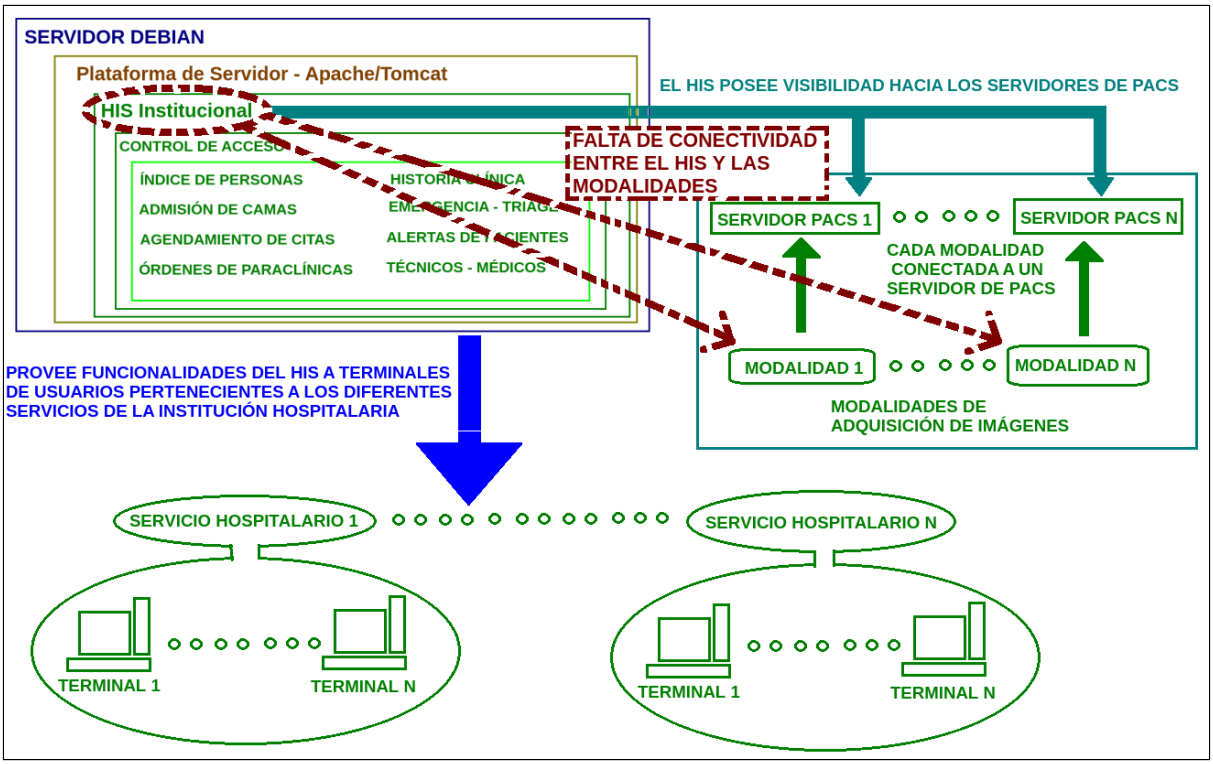


Figura 2 – Organización del HIS y las entidades tecnológicas, donde las indicaciones con líneas punteadas marcan la ausencia de un canal de conectividad hacia las Modalidades.

La ausencia de un canal de conectividad entre el HIS y las Modalidades de Adquisición de Imágenes es lo que genera que los datos ingresados para el estudio de un determinado paciente deban ser ingresados de forma manual desde la interfaz provista por la Workstation de la propia modalidad al momento de iniciarse la ejecución del estudio. Lo más óptimo sería la existencia del canal de conectividad que permita que los datos mencionados se obtengan directamente desde el HIS sin necesidad del ingreso manual en la Workstation.

En las siguientes dos figuras se puede observar el ingreso de los datos de forma manual realizado actualmente desde la Workstation del Resonador Magnético. En las mismas se puede constatar que en la situación actual se deben recapturar los datos del estudio y del paciente en el momento en que se realiza el examen mientras el propio paciente se encuentra sometido al estudio.

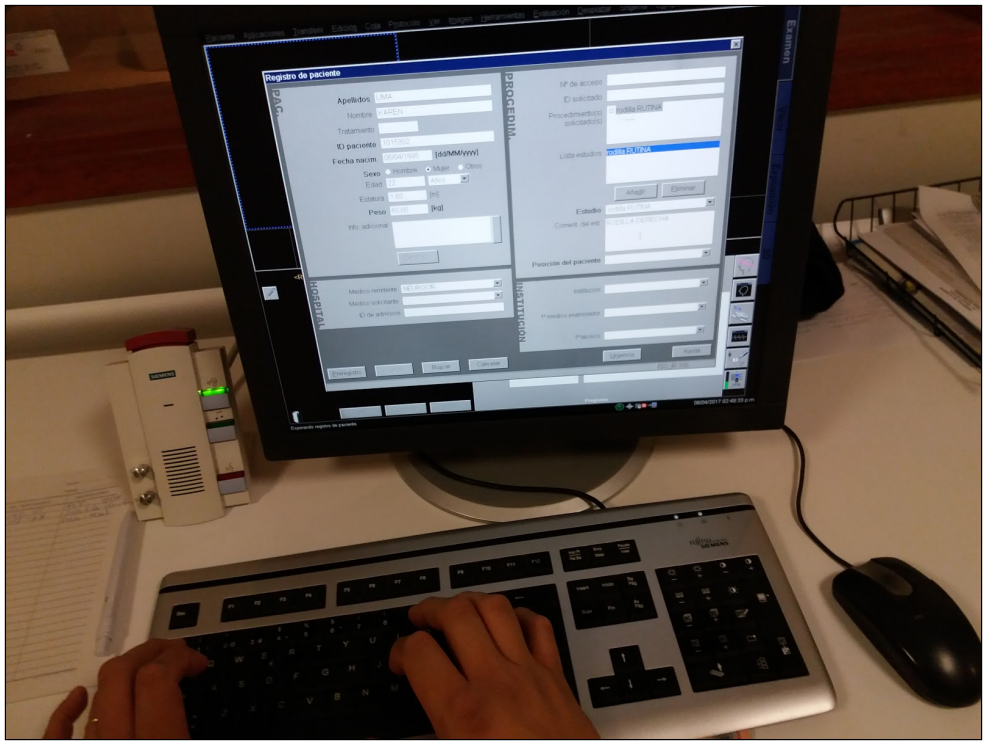


Figura 3 – Ingreso manual de los datos para el inicio de la Resonancia Magnética por parte del técnico radiólogo, donde puede observarse el control de mando del resonador.



Figura 4 – Situación actual donde se van recapturando datos en el momento del examen y además se puede observar al paciente mientras es sometido a la resonancia.

2.6 Situación deseada

En la figura 5 se expone el diagrama de la organización del HIS y el resto de las entidades tecnológicas, con la presencia de un canal de conectividad entre el HIS y las modalidades de adquisición de imágenes. El servidor de MWL (Modality Worklist) posee la función no solo de conectar sino también la de gestionar la comunicación entre ambas entidades tecnológicas.

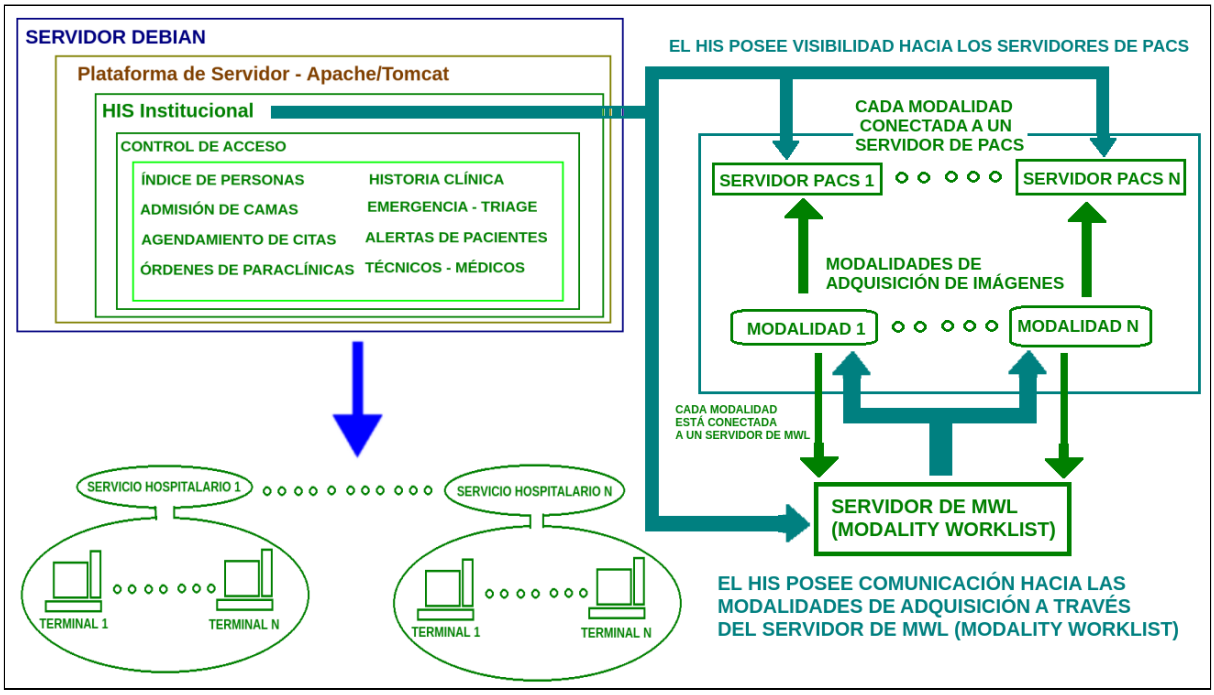


Figura 5 –Esquema de organización del HIS y las otras entidades tecnológicas, luego de implementarse la conectividad entre el HIS y las Modalidades.

Como primer paso, desde una interfaz provista por el Sistema de Citas y del de Órdenes (ambos pertenecientes al HIS), se envían los datos consolidados del paciente y del estudio hacia el servidor de MWL. Luego la Modalidad le solicita a dicho servidor que le provea los datos de los estudios que debe realizar. Al finalizar cada uno de los estudios realizados, las imágenes adquiridas son automáticamente almacenadas en el servidor de PACS asociado a la Modalidad.

3. ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se van a mencionar los conceptos y estándares pertenecientes a la Informática en Salud que serán aplicados en el marco de este proyecto, que comprenden el concepto de Interoperabilidad, el estándar HL7, los conceptos de HIS, RIS, PACS y de Modalidad de Adquisición, el estándar DICOM, la iniciativa IHE con el perfil radiológico SWF, los conceptos de MWL y MPPS.

3.1 Interoperabilidad

Definición

Es la habilidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y para usar esa información que ha sido intercambiada [1].

Tipos de Interoperabilidad

- Interoperabilidad "Básica": Se intercambian mensajes entre los sistemas, sin interpretarlos [2].
- Interoperabilidad "Funcional": Se intercambian mensajes entre los sistemas, se interpreta el contexto de los datos y los campos tienen una definición estructural común [2].
- Interoperabilidad "Semántica": Se intercambian mensajes entre los sistemas, se interpreta el significado y el contexto de los datos, y el contenido de los campos de datos se consigue mediante un código común [2].

Comparaciones

- Interoperabilidad funcional o sintáctica:
    - Permite que dos sistemas intercambien información.
    - La idea central es que los sistemas involucrados "hablen el mismo idioma".

- Interoperabilidad semántica:
    - Permite que la información intercambiada sea utilizada efectivamente.
    - No depende solamente de la información contenida en el canal que conecta a los sistemas partícipes del intercambio.

3.2 Health Level 7 (HL7)

Definición

El Health Level 7 (HL7) es una especificación para un estándar de intercambio de datos electrónicos en el sector de los cuidados de la salud, especialmente enfocado hacia las comunicaciones intrahospitalarias.
HL7 desarrolla especificaciones. Es un estándar de mensajería que permite a diferentes organizaciones que utilizan diferentes aplicaciones de software intercambiar conjuntos significativos de datos clínicos y administrativos.
Produce estándares para dominios particulares de la salud, como por ejemplo Farmacia, Dispositivos, Imágenes, reclamos a seguros, entre otros.
Los dominios de HL7 son el área clínica y la administrativa [3].

La Organización HL7 Internacional

HL7 International (Health Level Seven) es una “Organización de Desarrollo de Estándares” (*Standards Developing Organization*, SDO), para el ámbito de la salud. Fundada en 1987, sin fines de lucro, opera a nivel internacional y su misión es proveer estándares globales para los dominios: clínico, asistencial, administrativo y logístico, con el fin de lograr una interoperabilidad real entre los distintos sistemas de información en el área de la salud. Es una de las organizaciones más importantes de Informática en Salud a nivel internacional [4].

En 1994 fue acreditada como SDO por el ANSI (*American National Standards Institute*). La mayoría de las SDO producen estándares (a veces llamados especificaciones o protocolos) para un dominio particular de la salud, por ejemplo: farmacia, imágenes diagnósticas, seguridad del paciente o transacciones con entidades aseguradoras (tramitación de informes). Los dominios de HL7 comprenden información clínica, asistencial, administrativa y logística.
Con sede principal en Ann Arbor, MI, Estados Unidos y capítulos internacionales en más de 50 países, HL7, al igual que la mayoría de otras SDO, es una organización conformada por voluntarios sin fines de lucro [4].

Actualmente dispone de 1300 miembros corporativos, 2500 asociados, 57 afiliados internacionales y el 95% de los fabricantes de software de salud a nivel mundial [4].

Los miembros de HL7 (proveedores y distribuidores de tecnología, aseguradores, prestadores de servicios de salud, consultores, universidades, gobierno, etc.) tienen interés por el avance y desarrollo de estándares clínicos y administrativos [4].

Al igual que todas las SDO acreditadas por el ANSI, HL7 cuenta con un estricto y bien definido conjunto de procedimientos de operación que garantizan el consenso, la transparencia y el equilibrio de intereses. Su especificación más utilizada es un estándar de mensajería para el intercambio electrónico de datos en salud [4].

Los miembros de HL7 son conocidos colectivamente como el “Grupo de Trabajo”, que está organizado en comités técnicos y grupos de intereses especiales. Los “comités técnicos” son directamente responsables por el contenido de los estándares. Los “grupos de intereses especiales” sirven para desarrollar información y pruebas para la exploración de nuevas áreas de cobertura de los estándares publicados por HL7 [4].

Una lista de los comités técnicos y grupos de intereses especiales, así como sus misiones, alcances y coordinadores está disponible en el sitio web de HL7 [4].

Representación de HL7 en Uruguay

La rama de HL7 en Uruguay se encuentra en manos de la SUEIIDISS (Sociedad Uruguaya de Estandarización, Intercambio e Integración de Datos e Información de Servicios de Salud) [5].

Fue formada en el año 2005 con una participación de más del 90% de los prestadores de Salud en Uruguay (tanto públicos como privados), trabajando desde sus inicios con el estándar. Esto ha permitido que Uruguay se convirtiera en el país número 26 en obtener representación de este estándar [5].

Entre sus logros iniciales, además de su convocatoria, podemos destacar sus estatutos, y generación de comisiones y grupos de trabajo con resultados que quedaron registrados, como las especificaciones de la identificación de personas para el país, el trabajo con OID, y desarrollo de CDA, etc [5].

Desde entonces ha participado activamente en el ámbito internacional y generado eventos regionales para la difusión y desarrollo de HL7 como estándar de interoperabilidad en el sector sanitario [5].

Visión de HL7

Un mundo en el que todo el mundo de forma segura se puede acceder y utilizar los datos de salud adecuado cuando y donde lo necesiten [4].

Misión de HL7

HL7 faculta a la interoperabilidad de datos mundial de la salud mediante el desarrollo de normas y permitiendo su adopción y aplicación [4].

Estrategias de HL7

1. **Desarrollar** estándares cuya sintaxis coherente y extensible que permita estructurar información en salud, que permita apoyar los procesos de atención al paciente, para ser intercambiada entre aplicaciones de software, conservando al mismo tiempo la semántica de la información [4].

2. **Desarrollar** una metodología formal para apoyar la creación de estándares HL7 a partir del Modelo de Referencia de Información (*Reference Information Model*, **RIM**) de HL7 [4].

3. **Educar** al sector salud, los encargados de formular políticas y al público en general sobre los beneficios de la normalización de información sanitaria y específicamente sobre los estándares HL7 [4].

4. **Promover** el uso los estándares HL7 en todo el mundo a través de la creación capítulos internacionales de HL7, que participen en la elaboración y adopción de estándares HL7, donde sea necesario [4].

5. **Estimular**, fomentar y facilitar expertos en dominios para que el sector salud y las organizaciones interesadas en participar en HL7 puedan desarrollar estándares de información en salud en su área de especialización [4].

6. **Colaborar** con otras organizaciones desarrolladoras de estándares (SDO) y organismos nacionales e internacionales de estandarización (por ejemplo, ANSI e ISO), para desarrollar infoestructuras de dominios de información en salud para promover el uso de estándares compatibles [4].

7. **Colaborar** con los usuarios de tecnologías de información en salud para asegurarse que los estándares HL7 cumplan con los requerimientos del mundo real y que los esfuerzos de desarrollo iniciados por HL7 permitan satisfacer nuevos requerimientos [4].

Significado del nombre HL7

HL7 es la sigla de *Health Level Seven Inc*. La palabra ***"Health"*** hace relación al área de trabajo de la organización y las palabras ***"Level Seven"*** (Nivel Siete) hacen referencia al último nivel del modelo de comunicaciones para interconexión de sistemas abiertos (*Open Systems Interconnection*, OSI) de la Organización Internacional para la Estandarización (*International Organization for Standardization*, ISO). El "Nivel Siete" dentro del modelo es el nivel aplicación, que se ocupa de la definición y la estructura de los datos que van a ser intercambiados [4].

Los estándares HL7

Desde su origen, en 1987, el nombre de HL7 se asociaba a las versiones del "estándar de mensajería" para el intercambio electrónico de datos de salud. Este estándar está enfocado al intercambio de datos entre aplicaciones (facilitando el desarrollo de interfaces) [6].

Sin embargo, la creciente necesidad de generar sistemas de información integrados regionalmente (ciudades, regiones, países) hizo necesario el desarrollo de un espectro más amplio de estándares que faciliten la interoperabilidad. Por esta razón, a partir del año 2000, la organización HL7 cuenta con un proceso para definir una serie de herramientas de interoperabilidad (mensajes, documentos electrónicos, reglas, modelos de referencia), esto ha dado origen a varios estándares que facilitan los procesos de intercambio de información de salud. Debido a ello, hoy en día, se habla de Estándares HL7 [6].

Algunos de estos estándares son [6]:

- **Mensajería HL7 Versión 2**: Estándar de mensajería para el intercambio electrónico de datos de salud.
- **Mensajería HL7 Versión 3**: Estándar de mensajería para el intercambio electrónico de datos de salud basada en el RIM.
- **CDA HL7**: (*Clinical Document Architecture*) Estándar de arquitectura de documentos clínicos electrónicos.
- **SPL HL7**: (*Structured Product Labeling*) Estándar electrónico de etiquetado de medicamentos.
- **HL7 Medical Records**: Estándar de administración de Registros Médicos.
- **GELLO**: Estándar para la expresión de reglas de soporte de decisiones clínicas.
- **Arden Sintax**: Es estándar sintáctico para compartir reglas de conocimiento clínico.
- **CCOW**: Es un estándar de plataformas para compartir contexto entre aplicaciones.

A continuación se procede a describir en mayor detalle alguno de los estándares mencionados recientemente, por ser de los más utilizados e implementados.

Mensajería HL7 Versión 2

El estándar HL7 versión 2 (también conocido como "Pipehat") tiene como objetivo apoyar los flujos de trabajo de los hospitales. Fue creado originalmente en 1989.
Define una serie de mensajes electrónicos para apoyar los procesos administrativos, logísticos, financieros y clínicos. La constante actualización de la norma, ha dado lugar a las versiones 2.1, 2.2, 2.3, 2.3.1, 2.4, 2.5, 2.5.1 y 2.6. Las normas v2.x son compatibles con versiones anteriores (por ejemplo, un mensaje basado en la versión 2.3 será entendido por una aplicación que admita la versión 2.6) [7].

Los mensajes HL7 v2.x poseen una sintaxis de codificación no XML basada en segmentos (líneas) y delimitadores de un carácter. Los segmentos tienen compuestos (campos) separados por el delimitador compuesto. Un compuesto puede tener subcompuestos (componentes) separados por el delimitador subcomponente, y los subcompuestos pueden tener sub-subcomponentes (subcomponentes) separados por el delimitador sub-subcomponente. Los delimitadores por defecto son barra vertical o pipe (|) para el separador de campo, caret (^) para el separador de componentes y ampersand (&) para el separador de subcomponentes. El tilde (~) es el separador de repetición por defecto. Cada segmento comienza con una cadena de 3 caracteres que identifica el tipo de segmento. Cada segmento del mensaje contiene una categoría específica de información. Cada mensaje tiene MSH como su primer segmento, que incluye un campo que identifica el tipo de mensaje. El tipo de mensaje determina los tipos de segmento esperados en el mensaje. Los tipos de segmento utilizados en un tipo de mensaje determinado se especifican mediante la notación de gramática de segmento utilizada en los estándares HL7 [7].

En la figura 6 se puede observar un ejemplo de mensaje HL7 versión 2.3.

```
MSH|^~&|LAB|CCF|||20040920080937||ORM^O01|42640000 009|P|2.3|
PID|||56797971||Gonzalez^pepe^Jose||196505 25|M|||||||||56797971|
PV1||O|UNKO^|||||
ORC|RE||A0203809||IP|||||||
OBR|1|A0203809|A0203809|400090^Complete Blood
Count|||200609240000|||||||200609240847||deleted^^ ^^MD^^^^^^|||||200609241055|||P
OBX|1|ST|40010^White Blood Count (WBC) (x1000)||PENDING||||||P
OBX|2|ST|40020^Red Blood Count (RBC)||PENDING||||||P
ORC|RE||A0203809||CM|||||||
OBR|2|A0203809|A0203809|650300^Depakene (Valproic Acid)
Level|||200609240000|||||||200609240847||^deleted^ ^^^MD^^^^^^|||||200609241055|||F
OBX|3|NM|65030^Depakene (Valproic Acid) Level||76.8|ug/ml|50-100||||F|||200609241054||
```

Figura 6 – Ejemplo de Mensaje HL7 versión 2.3 [7].

HL7 v2.x ha permitido la interoperabilidad entre sistemas electrónicos de administración de pacientes (PAS), sistemas de gestión electrónica de la práctica (EPM), sistemas de información de laboratorio (LIS), sistemas dietéticos, de farmacia y de facturación, Registro de Salud (EHR). En la actualidad, el estándar de mensajería HL7 v2.x es compatible con la gran mayoría de los principales proveedores de sistemas de información médica del mundo [7].

Ejemplo de dos tipos específicos de mensajes HL7:

- ORM (Order Message): Funciona como un mensaje de orden general que se utiliza para transmitir información sobre un pedido, como por ejemplo una solicitud de materiales o de servicios de análisis, estudios o tratamientos. Existe solo un tipo: ORM-O01. Puede transmitir invocación de eventos como

la creación de nuevas órdenes de estudio, cancelaciones de estudios, actualizaciones de información del paciente en un estudio, etc [8].

- ADT (Admit Discharge Transfer): Transmite información demográfica de pacientes y además provee información para invocación de eventos como admisión de paciente, descarga, transferencia, registro, etc. Existen 51 tipos diferentes de mensajes ADT como por ejemplo ADT-A01, ADT-A02, ADT-A03,ADT-A04,ADT-A08,ADT-A13, etc [9].

Mensajería HL7 Versión 3

El estándar HL7 versión 3 tiene el objetivo de apoyar todos los flujos de trabajo de la asistencia sanitaria. El desarrollo de la versión 3 comenzó alrededor de 1995, dando como resultado una publicación estándar inicial en 2005. El estándar v3, a diferencia de la versión 2, se basa en una metodología formal (HDF) y principios orientados a objetos.

El RIM (Reference Information Model) [10] - ISO/HL7 21731, es la piedra angular del proceso de desarrollo de HL7 Versión 3 y una parte esencial de la metodología de desarrollo HL7 V3. RIM expresa el contenido de los datos necesarios en un contexto clínico o administrativo específico y proporciona una representación explícita de las conexiones semánticas y léxicas que existen entre la información transportada en los campos de los mensajes HL7 [11].

El HDF (HL7 Versión 3 Development Framework) ISO/HL7 27931, es un proceso en continua evolución que busca desarrollar especificaciones que faciliten la interoperabilidad entre los sistemas de salud. El HL7 RIM, las especificaciones de vocabulario y el proceso de análisis y diseño impulsado por el modelo se combinan para convertir HL7 Versión 3 en una metodología para el desarrollo de estándares consensuados para la interoperabilidad del sistema de información sanitaria. El HDF es la edición más reciente de la metodología de desarrollo HL7 V3.
El HDF no sólo documenta la mensajería, sino también los procesos, herramientas, actores, reglas y artefactos relevantes para el desarrollo de todas las especificaciones estándar de HL7. Eventualmente, el HDF abarcará todas las especificaciones estándar de HL7, incluyendo cualquier nueva norma que resulte del análisis de arquitecturas y requerimientos de registros de salud electrónicos.
Las especificaciones HL7 se basan en códigos y vocabularios de diversas fuentes. El trabajo de vocabulario V3 garantiza que los sistemas que implementan las especificaciones HL7 tienen una comprensión inequívoca de las fuentes de código y los dominios de valores de código que están utilizando.
El estándar de mensajería HL7 versión 3 define una serie de mensajes de texto seguro (denominados interacciones) para soportar todos los flujos de trabajo de atención médica. Los mensajes HL7 v3 se basan en una sintaxis de codificación XML. En la figura 7 se puede observar un ejemplo de mensaje HL7 versión 3 [12].

```
<POLB_IN224200 ITSVersion="XML_1.0" xmlns="urn:hl7-org:v3"
 xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <id root="2.16.840.1.113883.19.1122.7" extension="CNTRL-3456"/>
  <creationTime value="200202150930-0400"/>
  <!-- The version of the datatypes/RIM/vocabulary used is that of May 2006 -->
  <versionCode code="2006-05"/>
  <!-- interaction id= Observation Event Complete, w/o Receiver Responsibilities -->
  <interactionId root="2.16.840.1.113883.1.6" extension="POLB_IN224200"/>
  <processingCode code="P"/>
  <processingModeCode nullFlavor="OTH"/>
  <acceptAckCode code="ER"/>
  <receiver typeCode="RCV">
    <device classCode="DEV" determinerCode="INSTANCE">
      <id extension="GHH LAB" root="2.16.840.1.113883.19.1122.1"/>
      <asLocatedEntity classCode="LOCE">
        <location classCode="PLC" determinerCode="INSTANCE">
          <id root="2.16.840.1.113883.19.1122.2" extension="ELAB-3"/>
        </location>
      </asLocatedEntity>
    </device>
  </receiver>
  <sender typeCode="SND">
    <device classCode="DEV" determinerCode="INSTANCE">
      <id root="2.16.840.1.113883.19.1122.1" extension="GHH OE"/>
      <asLocatedEntity classCode="LOCE">
        <location classCode="PLC" determinerCode="INSTANCE">
          <id root="2.16.840.1.113883.19.1122.2" extension="BLDG24"/>
        </location>
      </asLocatedEntity>
    </device>
  </sender>
</POLB_IN224200>
```

Figura 7 – Ejemplo de Mensaje HL7 versión 3 [12].

Clinical Document Architecture (CDA)

La HL7 Clinical Document Architecture (CDA) es un estándar de marcado basado en XML destinado a especificar la codificación, la estructura y la semántica de los documentos clínicos para el intercambio. La norma fue publicada conjuntamente con ISO como ISO / HL7 27932 [13].

3.3 Health Information System (HIS)

Se define como cualquier sistema que capture, almacene, administre o transmita información relacionada con la salud de las personas o las actividades de las organizaciones que trabajan en el sector de la salud. Esta definición incorpora cosas tales como sistemas de información de rutina a nivel local, sistemas de vigilancia de enfermedades, e incluye también sistemas de información de laboratorio, sistemas

de administración de pacientes hospitalarios (PAS) y sistemas de información de gestión de recursos humanos (HRMIS) [14].

Lograr que este tipo de sistema funcione correctamente, implica un esfuerzo integrado para recopilar, procesar, informar y utilizar la información y el conocimiento sobre la salud para influir en la política y la toma de decisiones, la acción del programa, los resultados de salud individual y pública y la investigación. La adopción de decisiones sólidas en todos los niveles de un sistema de salud requiere estadísticas sanitarias fiables, desagregadas por sexo, edad y características socioeconómicas. A nivel de políticas, las decisiones basadas en pruebas contribuyen a una asignación de recursos más eficiente y, a nivel de ejecución, la información sobre la calidad y la eficacia de los servicios puede contribuir a obtener mejores resultados [14].

Los sistemas de información, en particular en los niveles más bajos del sistema de salud (más cerca de la fuente de recolección), deben ser sencillos y sostenibles y no sobrecargar al personal sanitario ni ser demasiado costosos de administrar. El personal necesita retroalimentación sobre cómo pueden usarse los datos de rutina que recopilan y también necesita comprender la importancia de datos de buena calidad para mejorar la salud. La creación de capacidad es necesaria para garantizar que los responsables políticos de todos los niveles tengan la capacidad de utilizar e interpretar los datos de salud, ya sea que provengan de sistemas de rutina, encuestas de salud o investigación operacional especial. También es importante que el personal del sistema de salud entienda la importancia de los datos locales para la gestión del programa local y que se satisfagan sus necesidades de capacidad reforzada para el análisis estadístico crítico de la salud. El uso local de los datos recolectados en los niveles más bajos del sistema de salud es un paso clave para mejorar la calidad general de los datos. Permitir que la información agregada de los pacientes, que es recogida desde varios puntos de suministro de servicios, sea interoperable con el HIS, brinda una mejora en la calidad y en el uso de la información de salud [14].

3.4 Radiology Information System (RIS)

Es el sistema básico para la Gestión Electrónica de los departamentos de imágenes, como por ejemplo los de Radiología, Ecografía, etc. Las principales funciones del RIS pueden incluir la programación del paciente, la gestión de recursos, el seguimiento del desempeño del examen, la interpretación del examen, la distribución de los resultados y la facturación del procedimiento. RIS complementa a HIS (sistemas de información de hospitales) y PACS (sistema de archivo y comunicación de imágenes), y es crítico para el flujo de trabajo eficiente a las prácticas de radiología [15].

Algunas de las características adicionales que pueden incluir son por ejemplo un manejador de agendamiento, Workflow de PACS, creación de reporte a medida, Interfaz HL7 con el PACS, Facturación, Definición de Reglas de Negocio, etc.

3.5 Picture Archiving and Communication System (PACS)

Se trata de un sistema computarizado para el archivado digital de imágenes médicas (medicina nuclear, tomografía computada, ecografía, mamografía, etc.) y para la transmisión de éstas a estaciones de visualización dedicadas o entre éstas a través de una red informática [16].

Permite la interconexión con distintos componentes y/o sistemas logrando una mejora en la calidad y producción de Salud. Brinda un mayor grado de disponibilidad de las imágenes para la Historia Clínica Electrónica. También mejora la distribución y reuso de las mismas. Genera una bajada considerable en los costos. Brinda la posibilidad de aprovechar al máximo los beneficios de las nuevas tecnologías de diagnóstico virtual que brindan los software más recientes [16].

Posee interoperabilidad con otros actores, en especial con la especificación HL7.

3.6 Modalidad de Adquisición

En el contexto de la imagenología en el campo médico, una modalidad es un dispositivo o sistema que genera imágenes de los partes internas del cuerpo humano. Ejemplos de modalidades específicas incluyen Tomografías Computadas (CT), Resonadores Magnéticos (RM) y Cámaras de Medicina Nuclear (NM). Además de las imágenes, algunas modalidades también pueden crear otros objetos de evidencia tales como estados de presentación en pantalla de escala de grises para la visualización consistente de imágenes o documentos de evidencia que contengan mediciones [17].

Las modalidades típicamente no se incluyen como parte del PACS, principalmente porque ya existen, independientemente de un PACS. Una excepción a esto es la Radiografía Computarizada y Digital (CR/DR). La razón para incluir las modalidades CR/DR como parte de PACS, es que sus beneficios sólo se realizan realmente cuando se utiliza un sistema PACS para archivar, ver y comunicar las imágenes [17].

3.7 Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM)

Introducción e Historia

DICOM es una marca registrada de la NEMA (National Electrical Manufacturers Association) para sus publicaciones relativas a las comunicaciones digitales de información médica. Fue establecido en 1992 y es el estándar para intercambiar imágenes en formato digital. Se encuentra en constante cambio para acomodar

nuevas tecnologías de tratamiento de imágenes y una mayor integración [18].

Consta de 16 secciones diferentes, que tratan del protocolo y formatos DICOM, así como la especificación de conformidad. Está basado en el estándar ACR-NEMA y fue lanzado por la ACR (American College of Radiology) para satisfacer las necesidades de conectividad entre equipos de tratamientos de imágenes. Está afiliado a diversas organizaciones de estándares americanas e internacionales que trabajan en campos relacionados. En su momento la mayoría de los fabricantes consideraba sus formatos de datos como información propietaria y no los suministraba, forzando la aplicación de técnicas de ingeniería inversa a la información tal como se encontraba codificada, generando un trabajo muy inflexible, difícil y costoso a la hora de llevar a cabo el intercambio de información entre las diferentes Modalidades (equipos de adquisición de imagen). Por eso la comunidad de usuarios de la ACR se esforzó fuertemente para lograr la estandarización en el intercambio de datos. El esfuerzo fue un proceso que duró más de 10 años, hasta que finalmente en 1993 fue publicado por primera vez. Originó tanta atención e impulso que la disponibilidad de DICOM se da ahora totalmente por sentada en cualquier equipo de PACS y en más de 95% de todos los equipos de adquisición de imágenes [18].

A estas alturas DICOM es muy respetado y reconocido como un auténtico estándar internacional y no hay alternativas reales. El proceso de estandarización es bastante eficiente. El comité de estándares de DICOM se reune varias veces al año en distintas partes del mundo y está conformado por miembros pertenecientes a fabricantes y organizaciones profesionales. Hay un conjunto de miembros que aprueban nuevas áreas susceptibles de ser estandarizadas. Es escrito por más de veinte grupos de trabajo que poseen conocimientos expertos sobre tema en particular para analizar [18].

Lenguaje del Estándar

DICOM utiliza un lenguaje específico y conceptos que son habituales en el entorno Orientado a Objetos de la Ingeniería de Software, pero no mucho fuera de él.
Posee secciones raramente usadas, por el proceso democrático en cual fue definido. DICOM define objetos que incluyen imágenes y siempre se refiere a los mismos en el contexto de las operaciones aplicables a ellos, como almacenarlos, moverlos, buscarlos, crearlos, imprimirlos, etc [18].

Los objetos de DICOM son denominados Objetos de Información, y las operaciones o servicios son llamados Clases de Servicios, siendo definiciones generalizadas.
En lugar de discutir sobre imágenes, los gurús de DICOM hablan de Clases de Servicio, Objetos y Clases de Par Servicio-Objeto (SOP). Una ocurrencia de una tal clase es llamada una Instancia, como un CT_Store de un paciente particular [18].

La figura 8 ilustra el uso de nuevos conceptos y terminología, lo cual requiere un período de aprendizaje y familiarización antes de llegar a entender y abarcar el estándar [18].

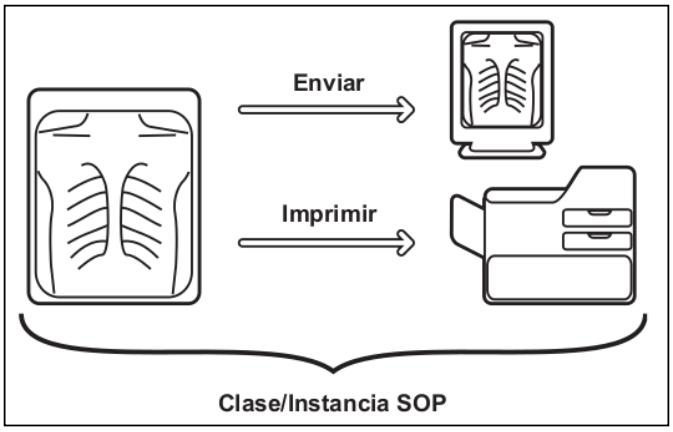


Figura 8 – Clase/Instancia SOP.

Una razón para explicar el lento desarrollo de DICOM hasta ahora es que en general todavía se utiliza únicamente para el tratamiento de imágenes médicas, lo cual es un caso muy particular comparado con otros estándares y aplicaciones.
Por eso no se cuenta con muchos tutoriales disponibles que lo explique con la mayor claridad posible, por tanto entender el documento sobre el estándar es un verdadero reto [18].

El estándar no identifica cuáles opciones se utilizan más frecuentemente, ni cuales no se usan casi nunca o en absoluto. Provee muchas opciones e incluso más de un método para el conseguir el mismo resultado final. Eso se debe a que el estándar es voluntario, desarrollado tanto por fabricantes como por organizaciones de usuarios finales, y casi siempre representa un compromiso. En su calidad de asociación mercantil, NEMA solo puede escribir estándares basados en el consentimiento de todos los miembros de los comités designados para desarrollar los estándares. La idea es que ciertas partes no favorezcan a unas compañías sí y a otras no, así el consejo legal de NEMA garantiza la honestidad en la aprobación de los cambios.
Para empezar a aprenderlo, será necesario saltarse un montón de información, principalmente referente a las secciones raramente utilizadas del estándar [18].

Estatus y futuro del Estándar

DICOM está en continuo cambio, su versión más reciente no tiene más de dos meses de antigüedad. Se añaden nuevos equipos y se definen nuevos servicios para crear un entorno más abierto. Se encuentra en continua expansión. Al menos una vez por semana se junta un grupo de trabajo para debatir sobre la definición de nuevos objetos y servicios. Se puede ampliar fácilmente gracias a su naturaleza modular [18].

No importa cuál fue el servicio (endoscopía, imagen dental, TAC, hemodinámica, etc.) que generó la adquisición de la imagen, se puede utilizar el mismo servicio.
Las propias imágenes están basadas en módulos, que permiten la especificación de otro objeto, reutilizando muchos de los módulos previamente definidos como los del paciente, estudio, equipo, etc [18].

La figura 9 ilustra a los servicios invocando funciones de los mismos módulos [18].

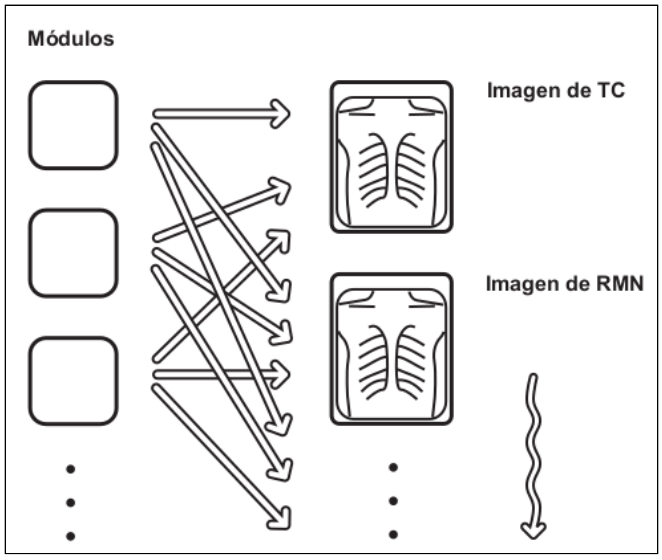


Figura 9 – Esquema modular que permite a los servicios invocar las mismas funciones.

Gracias a eso, muchas nuevas aplicaciones fuera de la radiología, están aplicándolo y utilizándolo como base para estandarizar sus comunicaciones de imágenes. DICOM es un requisito estándar para toda compra de nuevo equipo de diagnóstico por imagen, salvo para equipos aislados sin intención de conectividad. Los fabricantes han ofrecido prestaciones DICOM desde comienzos de los noventa. Ofrece servicios diferentes como por ejemplo transferencia de imágenes a otros dispositivos para Almacenamiento, envío a impresora, recuperar una planificación que incluya información demográfica del paciente, actualizar el estatus de un examen en un servicio de información, etc. Algunos equipos limitan sus implementaciones a las capacidades básicas de Almacenamiento de Imágenes, Consultas/Recuperación (Query/Retrieve), y a veces Impresión (Print). Para identificar esos niveles de servicios, se habla de diferentes "perfiles de utilización" de DICOM. Los fabricantes también han utilizado DICOM para gestionar datos. Por ejemplo, un equipo como un TAC adquiere un estudio con 120 corte axiales y los envía a un sistema PACS utilizando el servicio de almacenamiento de DICOM [18].

Guía para leer el Estándar

El estándar DICOM consta de las siguientes 16 partes [18]:

PS 3.1—Introducción y Vista General
PS 3.2—Conformidad
PS 3.3—Definición de los Objetos de Información
PS 3.4—Especificaciones de las Clases de Servicio
PS 3.5—Estructuras de Datos y Codificación
PS 3.6—Diccionario de Datos
PS 3.7—Intercambio de Mensajes
PS 3.8—Soporte de la Comunicación por Red para el Intercambio de Mensajes
PS 3.9—Retirada (Soporte de la Comunicación Punto-a-Punto para el Intercambio de Mensajes)
PS 3.10—Medios de Almacenamiento y Formato de Archivos para Intercambio de Datos
PS 3.11—Perfiles de Aplicación para Medios de Almacenamiento
PS 3.12—Formatos y Medios Físicos para el Intercambio de Datos
PS 3.13—Retirada (Soporte de Comunicación Punto-a-Punto para Gestión de la Impresión)
PS 3.14—Estándar para la Función de Representación en Escala de Grises
PS 3.15—Perfiles de Seguridad
PS 3.16—Recurso para el Mapeado de Contenido

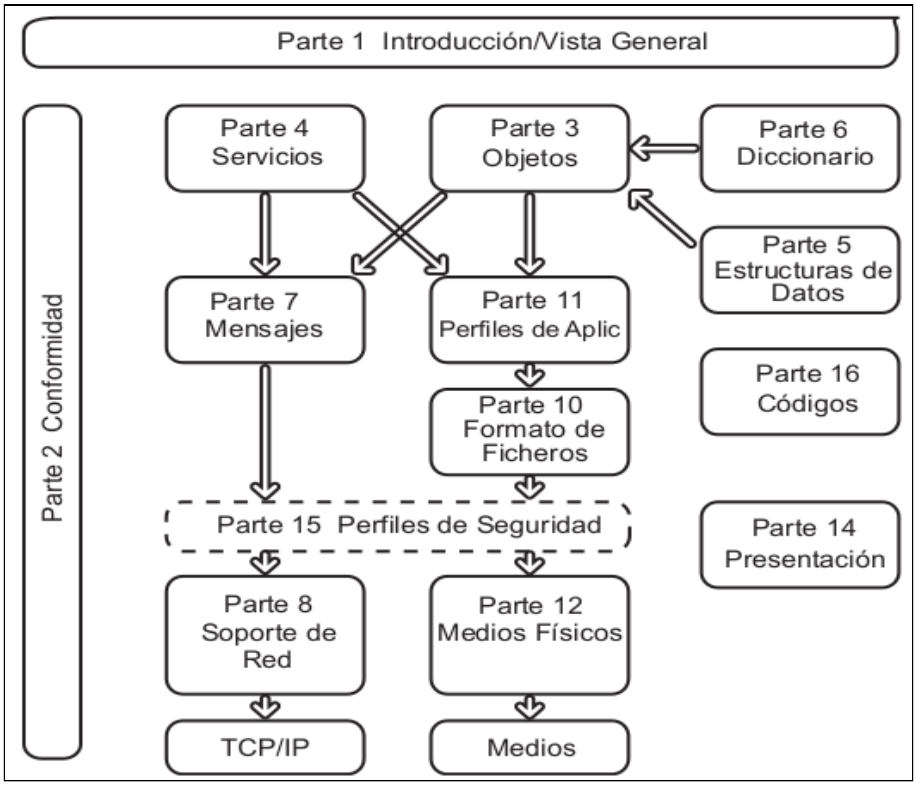


Figura 10 – Interrelación entre las diferentes partes del estándar DICOM.

Como se puede observar en el diagrama de la Figura 10, las partes que componen el estándar se encuentran interrelacionadas. La parte 1 proporciona una vista general, con los conceptos básicos y es un buen comienzo para quien es nuevo con el estándar [18].

La parte 2 especifica la conformidad DICOM. Se requiere que cada dispositivo conforme con DICOM, especifique qué servicios DICOM proporciona, de forma que los usuarios potenciales, integradores de sistemas y otros, pueden determinar su conectividad. También especifica que conformidad DICOM debe cumplir un producto, también proporciona una plantilla con ejemplos de declaraciones de conformidad DICOM. Todo fabricante debe proveer junto al dispositivo, su respectivo "DICOM Conformance Statement" (Documento de Conformidad DICOM), el cual indica cuáles servicios (a través de las clases SOP) proporciona el dispositivo específico [18].

La parte 4 especifica las Clases de Servicio. Describe todos los servicios DICOM, desde Impresión (Print) a Almacenamiento (Storage) y Lista de Trabajo del Equipo (Modality Worklist). Se especifica con todo detalle la información intercambiada con estos servicios. Estos servicios utilizan comandos específicos para realizar sus funciones [18].

Conceptos importantes en la terminología DICOM

- **Modalidad** (contexto DICOM)**:** Es un atributo que representa el tipo de archivo en formato DICOM, correspondiente a imaǵenes generadas por un determinado conjunto de modalidades de adquisición. Por ejemplo al referirse a Modalidad de valor "CT", es en referencia a uno o más Tomógrafos; con valor "MR", es en referencia a uno o más Resonadores Magnéticos [19].
- **AE (Application Entity):** Es un componente funcional de un sistema que puede ser usuario y/o proveedor (SCU / SCP) de uno o más servicios DICOM. Cada AE utiliza un título AE único para identificarse. Los dispositivos suelen tener un AE diferente para cada servicio DICOM. Por ejemplo, una modalidad podría incorporar un AE para DICOM Storage, y otro para DICOM Modality Worklist [20].
- **AET (Application Entity Title):** Es utilizado por una AE para identificarse. Deben ser únicos a nivel local y normalmente son administrados por un administrador del sistema. Deben configurarse antes de inicializar una conexión DICOM [21].
- **Asociación:** En DICOM se define como una conexión virtual entre dos dispositivos (AE) con el fin de intercambiar información [22].

- **SCP (Service Class Provider) y SCU (Service Class User):**
  Clases SOP y Clases de Servicio Usuario/Proveedor, son términos que definen los servicios DICOM y sus respectivos roles, ya sea el de cliente o servidor. DICOM se basa en la comunicación bidireccional, lo que significa que siempre hay un dispositivo que envía y uno que recibe. O en terminología DICOM, un dispositivo que invoca una operación y el otro que la realiza.
  En DICOM estos roles se denominan Usuario de Clase de Servicio (SCU) y Proveedor de Clase de Servicio (SCP). Por lo tanto, la idea es hacer corresponder correctamente los SCUs con sus SCPs.
  Un dispositivo DICOM puede tener el papel de una SCU o SCP, al igual que cualquiera de las dos personas que entablan una conversación pueden ser oradores y oyentes. Un dispositivo puede actuar en diferentes funciones.
  El proveedor de clase de servicio (SCP) define la función de un dispositivo cuando funciona como un servidor (es decir, cuando está configurado para recibir imágenes). Los dispositivos pueden ser sólo SCP (Service Class Provider), como una estación de trabajo en la casa de un médico que sólo recibe imágenes. O pueden tener funciones tanto de usuario como de proveedor, como un archivo que puede enviar y recibir imágenes. El Usuario (SCU) normalmente inicia la comunicación, o configura la Asociación.
  Una impresora es un ejemplo obvio de un SCP de la clase Print de SOP, que tiene que coincidir con un spooler de impresión, estación de trabajo o modalidades que admiten la clase Print de SOP como una SCU [23].

3.8 Integrating the Healthcare Enterprise (IHE)

Definición e Historia

Es una iniciativa de empresas y profesionales de la sanidad cuya finalidad es mejorar la comunicación entre los distintos sistemas de información sanitarios [24].

Surgió como una actividad conjunta entre la RSNA (Radiological Society of North America) y el HIMSS (Hospital Information Management Systems Society).
Inicialmente fue definido para el dominio de la Radiología, luego fue extendido a la cardiología y al campo de infraestructura IT [24].

IHE es una organización internacional sin ánimo de lucro, cuya finalidad es promover la adopción coordinada de estándares internacionales para lograr la interoperabilidad de los diferentes sistemas y aplicaciones utilizados en el ámbito sanitario [24].

IHE es una iniciativa conjunta de usuarios de los Sistemas de Información Sanitarios (médicos, sociedades médicas, hospitales, etc.) y de proveedores de dichos sistemas (empresas). Estos dos tipos de socios juegan diferentes roles en IHE: los

usuarios son los encargados de definir los problemas de integración existentes, mientras que la industria se encarga de adoptar e implementar las propuestas de solución [24].

IHE no desarrolla nuevos estándares, sino que promueve el uso coordinado de estándares ya existentes, como DICOM, XML y HL7 para resolver necesidades específicas de los clínicos y mejorar la calidad de la atención a los pacientes [24].

Para la definición de los actores en los procesos sanitarios, promueve la consistencia de terminología, funcionalidad y características, con el fin de evitar superposiciones y brechas. Define la transacciones, incluyendo sus contenidos.
Recomienda elecciones en los casos donde existe más de una opción para llevar a cabo un determinado proceso. Define Perfiles, que consisten de actores y una transacción, secuencias y contenidos. Organiza demostraciones y Conectatons (jornada de pruebas de interoperabilidad entre historias clínicas electrónicas provenientes de diferentes proveedores de salud) anuales con resultados publicados. Promueve herramientas de testeo y realización de testeo de imágenes basados en conformidades de testing. La mayoría de los usuarios lo utiliza generalmente con el fin de solicitar la simplificación de requerimientos en cierta funcionalidad [24].

IHE se encuentra organizado por Dominios clínicos y operacionales. Algunos dominios de IHE serían: Radiología, Cardiología, Dental, Oftalmología, Infraestructura IT, Farmacia, Oncología, etc. Este proyecto se va a basar en el dominio IHE referente al ámbito de la Radiología [24].

Dentro del dominio de la Radiología, existen conjunto de perfiles para Workflow, Contenido, Presentación e Infraestructura. En el conjunto correspondiente a Workflow, se tienen perfiles como por ejemplo el Scheduled Workflow, Patient Information Reconciliation, Post-Processing Workflow, Reporting Workflow, etc [24].

El perfil específico de IHE aplicado al caso de este proyecto será el de SWF (Scheduled Workflow), porque provee un mecanismo de envío de flujo de datos desde un Sistema que forma parte de un RIS hacia una modalidad seleccionada.

3.9 Scheduled Framework (SWF)

Concepto

Integra el ordenamiento, agendamiento, programación, adquisición de imágenes, almacenamiento y visualización de actividades asociadas con los exámenes radiológicos [25].

Este Framework establece un flujo continuo de información que soporta un workflow (flujo de trabajo) eficiente para la atención del paciente en una típica instancia de obtención de imágenes. El mismo especifica transacciones que mantienen la consistencia de la información del paciente desde su registro pasando luego por la etapa de agendamiento de la orden para el estudio, programación de la tareas, adquisición de imágenes, almacenamiento y visualización. Esta consistencia es el cimiento para los siguientes pasos del workflow, como por ejemplo la generación del reporte [25].

En la figura 11 se muestra el esquema de integración basado en [25].

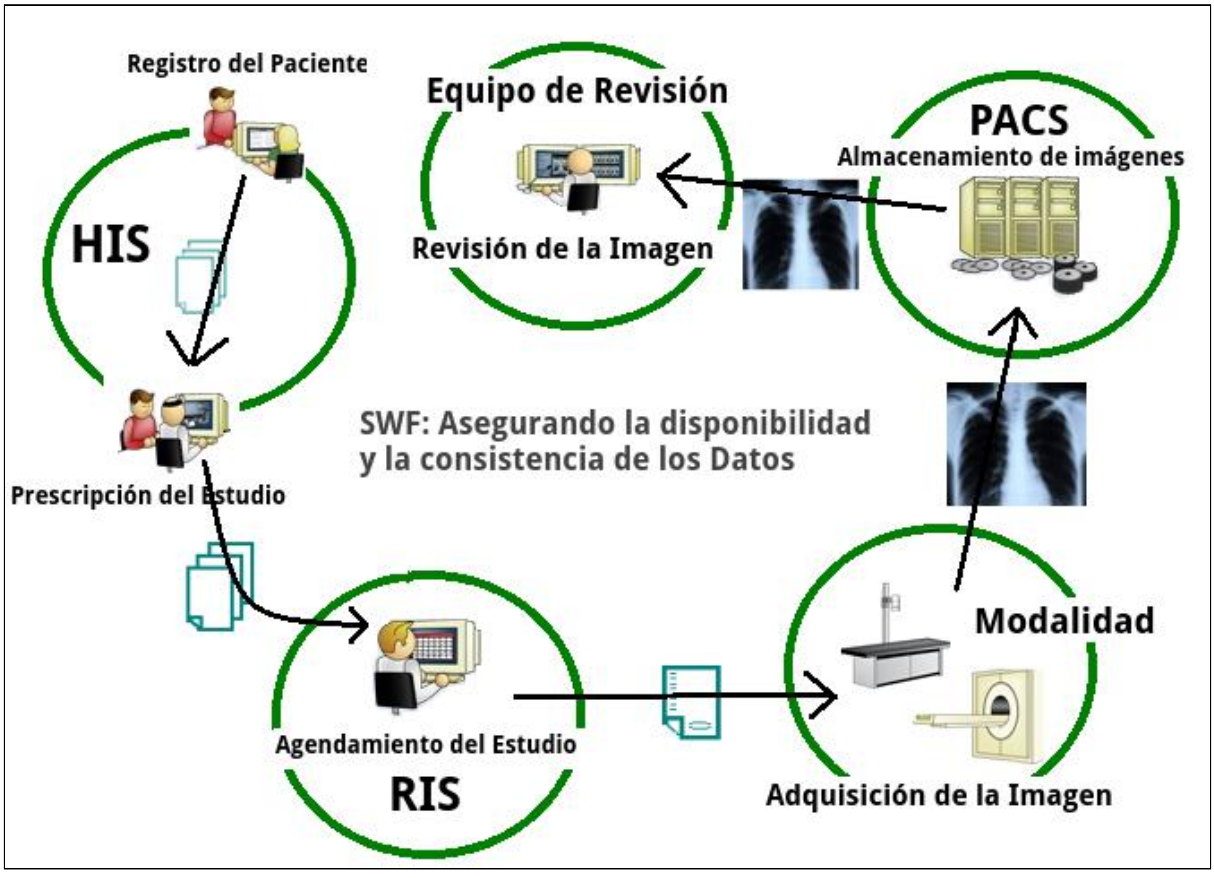


Figura 11 – Dirección del Flujo de Datos viajando desde un sistema hacia el siguiente a través del esquema de integración propuesto por el SWF [25].

Beneficios

En la tabla 3 se enumeran los beneficios que trae la aplicación del perfil [25].

Tabla 3 – Beneficios de aplicar lo propuesto por el SWF.

Reduce Errores y Mejora la Atención del Paciente:
Previene errores en la entrada manual de datos asegurándose de que una determinada pieza de dato sea ingresada solamente una vez. Previene complicaciones de alergias de Pacientes o estado de embarazo permitiendo que estos detalles se encuentren disponibles para todos los sistemas que forman parte del workflow de Radiología. Previene retrasos en la atención al paciente al permitir que la información relevante está disponible en la etapa de atención.
Mejora en el Rendimiento:
Reduce el tiempo en la entrada de datos al asegurar que cada pieza de datos es ingresada por única vez. Minimiza la pérdida de estudios al asegurar que la identificación y estado del estudio sean cuidadosamente seguidos manteniendo su rastro a través del departamento. Reduce el tiempo desperdiciado del personal a través de la identificación y corrección de errores a lo largo del HIS, RIS, PACS y la Modalidad.
Reduce el Costo/Tiempo de Despliegue:
Previene el tiempo y el gasto generado por la especificación de una interfaz personalizada - IHE TF proporciona una especificación detallada para una potente interfaz, soportada y testeada por múltiples vendedores. Previene el tiempo y el gasto generado por la implementación de una interfaz personalizada: diversos perfiles de integración de IHE ya están soportados por múltiplos productos de diferentes proveedores. Reduce el tiempo y el gasto de las pruebas de cumplimiento de interfaces - muchas variaciones en la implementación se han refinado en sistemas probados en IHE Connectathons. Reduce el tiempo y el gasto de las pruebas de intercambio entre sistemas - muchas combinaciones de sistemas ya han sido probadas directamente también en IHE Connectathons. Reduce el tiempo y el gasto de mantenimiento de una interfaz personalizada al mantener una sola interfaz (IHE) en lugar de múltiples interfaces personalizadas.

Detalles del Perfil de Scheduled Workflow

En la tabla 4 se describe en detalle las objetivos planteados por el perfil [25].

Tabla 4 – Objetivos planteados por el SWF.

Continuidad e Integridad de los Datos:
Establece la continuidad y la integridad de los datos de Imagen básicos a nivel departamental mediante el perfil del uso específico de la mensajería HL7 a través de múltiples sistemas como: Registro de Pacientes (ADT), Orden de Colocación (CPOE) y Orden de Scheduling (RIS) de los sistemas.
Combinar Brecha entre HL7 y DICOM:
Combina la brecha entre los sistemas basados en HL7 (como RIS) y los sistemas basados en DICOM (como modalidades de adquisición y PACS) dentro del Departamento de Radiología especificando los mapeos semánticos entre mensajes.
Consistencia de la Información:
Mantiene la consistencia de la información demográfica y de pedidos de los pacientes a través de múltiples sistemas al poner esa información a disposición de las Modalidades de adquisición de Imágenes a través del servicio DICOM Modality Worklist (MWL).
Evitar pérdida de las Imágenes:
Garantiza que las imágenes adquiridas no se pierdan inadvertidamente especificando que el Servicio de Compromiso de Almacenamiento DICOM se utiliza para transferir la Custodia de imágenes de la modalidad al PACS.
Seguimiento de todas las etapas del Proceso:
Asegura que el estado de los pasos del flujo de trabajo de adquisición sea conocido en todo el departamento especificando el uso del servicio de DICOM Modality Performed Procedure Step (MPPS) para transmitir ese estado desde la modalidad hacia el RIS y el PACS.

Sistemas Involucrados en el perfil

Los sistemas involucrados son los siguientes [25]:

- Sistemas de información a nivel de toda la empresa (o institución) que gestionan el registro de pacientes y la ordenación de servicios ((ADT) / registro ya (HIS)).
- Sistemas de Información que manejan el agendamiento y programación (RIS, etc.).
- Gestión y Archivamiento de Imágenes de Radiología (ejemplo PACS).
- Modalidades de Adquisición de Imágenes.

Actores y Transacciones

La figura 12 ilustra los actores y transacciones con sus respectivas relaciones [25].

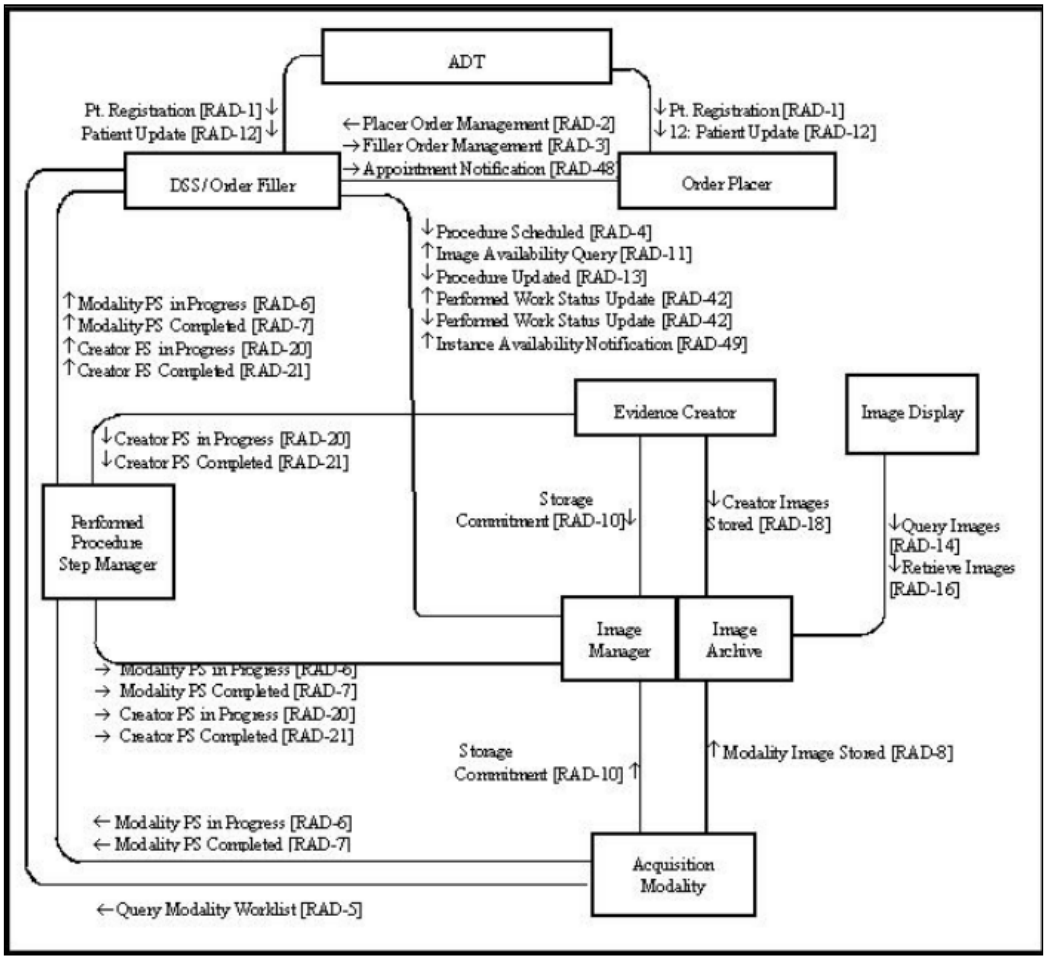


Figura 12 – Esquema de los Actores y Transacciones, junto a sus respectivas relaciones [25].

3.10 Modality Worklist (MWL)

Definición

Permite que la información demográfica del paciente desde el RIS está disponible para la modalidad, eliminando el ingreso duplicado de datos y brindando integridad en los datos [26].

El servicio de MWL es estructurado como una clase SOP de consulta/recuperación, lo cual define una combinación de un modelo de información con un comando o servicio de DICOM. El comando DICOM es "C-Find" y la clase definida "Modality Worklist Information Model - Find" [26].

La gran ventaja que provee este servicio, es que tanto la información demográfica del paciente como la información de agendamiento del estudio, dejan de ser tipeadas por segunda vez en la Modalidad. La información demográfica como por ejemplo el nombre del paciente, fecha de nacimiento, sexo, etc. son copiadas desde la worklist recuperada por la consulta. Esto brinda una mayor integridad a los datos.
Suele utilizarse en dos diferentes formas por cualquier dispositivo. Algunos obtienen la información en tiempo real y otros optan por actualizar la lista a través de un polling ejecutado en determinado intervalo regular de tiempo [26].

DICOM - Basic Worklist Management Service Class

Alcance

La clase del servicio de "Basic Worklist Management" define una clase de servicio a nivel de aplicación que facilita el acceso al Worklist [27].
Worklist es la estructura que presenta información relacionada a un conjunto particular de tareas. Especifica detalles particulares de cada una de la tareas. La información soporta la selección de la tarea para ser ejecutada primero y también el desempeño de la misma [27].
Un ejemplo es presentar información a un operador sobre procedimientos de adquisición de imágenes agendados para una determinada modalidad . Otro ejemplo sería presentar en la estación de reporte radiológico que estudios han sido realizados y cuales todavía quedan pendientes para ser reportados [27].

Características de la Clase del Servicio [27]:

- La worklist tiene que ser consultada por una AE asociada a la aplicación en la cual las tareas de la lista tienen que ser realizadas. En la consulta, un número de claves de búsqueda que pueden ser usadas, definidas por cada clase SOP de worklist particular.

- La Worklist consiste de ítems de Worklists, donde cada ítem está relacionado con una tarea. Un ítem contiene atributos de diferentes objetos relacionados a la tarea.

Otros aspectos:

- La clase del Servicio no pretende proveer una completa generalización de consulta de base de datos, como SQL. En su lugar está enfocado en consultas básicas utilizando un conjunto reducido de atributos clave para la solicitud o para el retorno de registros en la respuesta de la solicitud.
- Los modelos de "Basic Worklist Information" siempre consisten de un solo nivel, que puede consistir de una o más entidades. No existe distinción entre uso jerárquico o relacional para el C-Find en la clase.

Modelo de Información

Una DICOM AE posee información sobre los atributos de un número de entradas de worklist gestionadas. Dicha información se organiza dentro de un Modelo de Información de Worklist [27].

Definición del Servicio

Dos puntos de DICOM AEs implementan una clase SOP del "Basic Worklist Service Class", uno de ellos tiene el rol de SCU y la otra el rol de SCP. Las clases de SOP para el "Basic Worklist Service Class" están implementadas utilizando el servicio DIMSE-C C-FIND definido en el PS 3.7.

Solamente una línea base del comportamiento del DIMSE-C C-FIND es utilizado en la clase del Servicio [27].

El servicio C-Find cumple la siguiente semántica [27]:

1. El SCU solicita que el SCP realice una correspondencia para las claves definidas para la búsqueda y que retorne los valores con las claves definidas para el retorno de la búsqueda, todo eso se realiza contra la información que el SCP posee sobre los objetos especificados en la clase SOP.
2. El SCP genera una respuesta C-Find para cada ítem que cumpla con la correspondencia definida en la solicitud realizada. Cada respuesta contiene una ítem de Worklist. Todas las respuestas van a contener un estado de valor igual a "Pending", el cual va a indicar que proceso de correspondencia todavía no está completo.
3. Cuando el proceso de correspondencia queda completo, una respuesta C-Find es enviada con el estado de "Success".

4. Una respuesta rechazada o con fallas a una solicitud de C-Find indica que el SCP es incapaz de procesar.
5. El SCU tiene la opción de cancelar el servicio de C-Find a través de una solicitud "C-Cancel-Find" en cualquier momento durante el procesamiento del servicio de C-Find. El SCP interrumpirá todas las correspondencias y retornará el estado de "Canceled".

Definición de Modelo de Información de Worklist

El modelo de información de Worklist es identificado por la clase SOP que negocia el tiempo de establecimiento de la asociación. La clase SOP está compuesta por el Modelo de Información y el grupo del servicio DIMSE-C. Consiste de una definición de modelo E/R (Entidad/Relación) y de una definición de atributos clave. La clase SOP de Modality Worklist, no soporta la transmisión de información desde la modalidad hacia el Sistema de Información. En la figura 13 se expone el diagrama de información del modelo E/R de Modality Worklist [27].

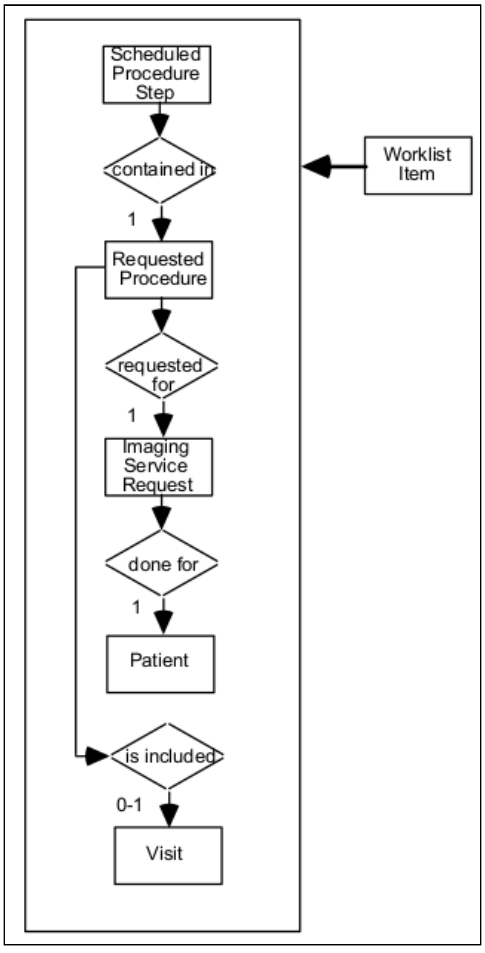


Figura 13 – Diagrama de Información del modelo E/R [27].

La figura 14 muestra un ejemplo de un flujo de mensajes del Modality Worklist [27].

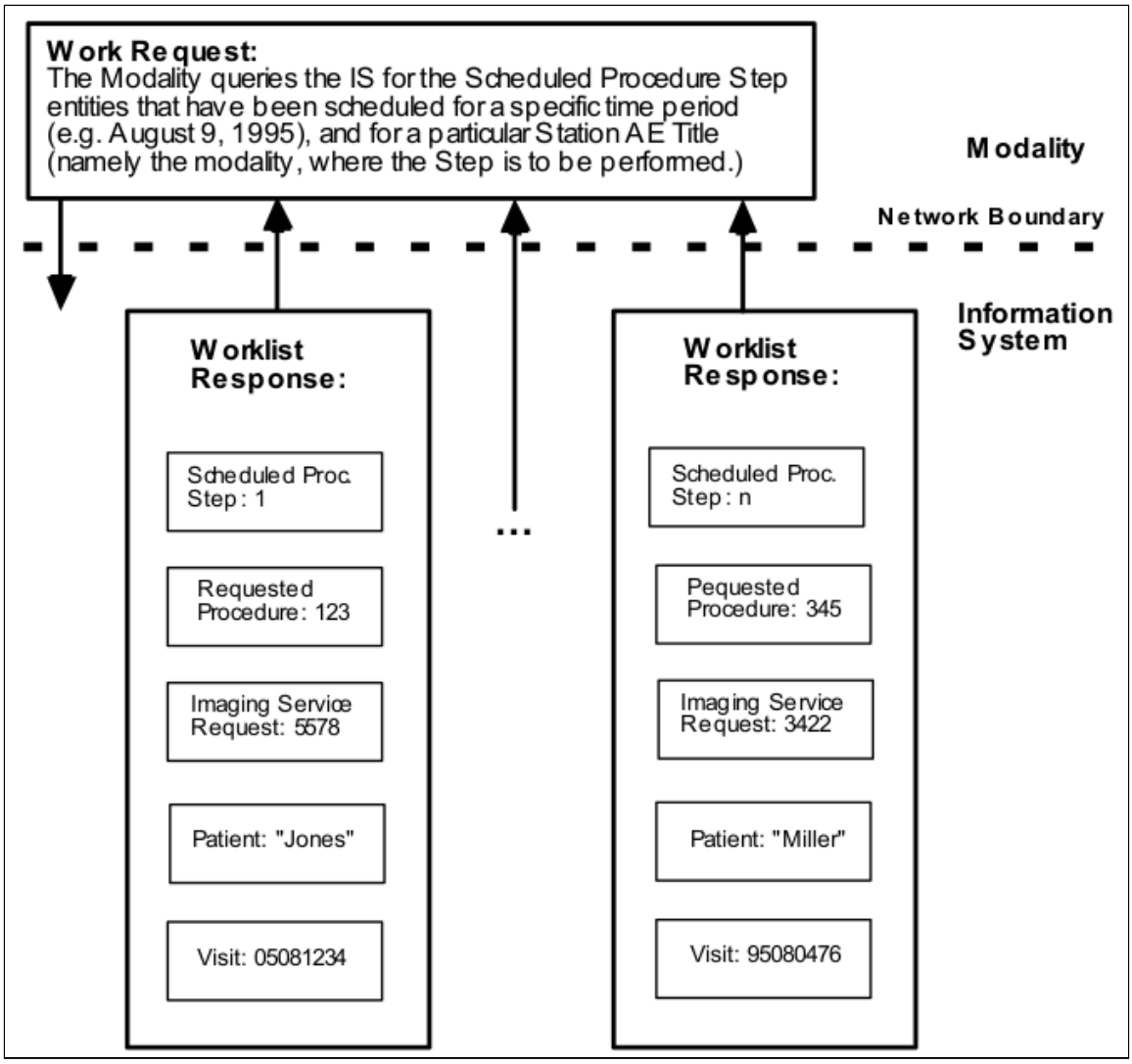


Figura 14 – Ejemplo de un flujo de mensajes del Modality Worklist [27].

3.11 Modality Performed Procedure Step (MPPS)

MWL sin MPPS es como una lista de tareas sin casillas de checkbox, ya que marcar un casillero en forma checkbox que indica que una tarea fue completada es de gran utilidad [28].

El DICOM MPPS cierra el circuito entre el Sistema de Información, el PACS y la Modalidad. La Modalidad provee información sobre el estudio actual que fue realizado, el número de imágenes que fueron escaneadas y el estado del examen. Esta información es comunicada entre una modalidad digital, el PACS y el RIS. MPPS permite a una modalidad comunidad el estado del estudio. Un Sistema de Información que soporte este servicio, podría identificar un examen como completado [28].

MPPS permite a un dispositivo comunicar cuál fue realmente el examen realizado,

para permitir cambios en el procedimiento que va a ser comunicado, contra lo que estaba agendado, lo que podría desencadenar a un RIS para emitir una orden de cambio. Además, marca cuándo se ha iniciado un procedimiento, lo que indica esto en la lista de programación y proporciona información sobre el número de imágenes generadas [28].

El MPPS también prevé el control de la dosis de radiación porque también puede comunicar la cantidad de dosis administrada al paciente. La modalidad comunica la información de MPPS al administrador de MPPS, lo cual asegura que tanto el RIS como el PACS obtienen la información de MPPS [28].

En pocas palabras, se podría prescindir del MPPS para el desarrollo del flujo de datos de una entidad a otra, pero no se contaría con información correcta sobre el estado (agendado, iniciado, completado, descontinuado) del estudio que fue recuperado desde la lista de Worklist para que sea ejecutado por la modalidad [28].

El Estándar DICOM no ahonda en los detalles de implementación y tampoco menciona sobre las implicaciones del MPPS en el workflow. La brecha es aclarada por el Framework Técnico de Radiología de IHE [28].

Flujo de la ejecución

Los pasos que componen el flujo son los siguientes [28]:

1. La modalidad realiza una consulta MWL. Cada resultado es un objeto de procedimiento solicitado con un o más Scheduled Procedure Steps (SPS).
2. El usuario selecciona una SPS para realizar.
3. La modalidad crea una nueva instancia de MPPS que hace referencia al estudio, el procedimiento solicitado y el SPS. Esto es realizado utilizando el comando de N-CREATE.
4. Existe una máquina de estado con estos tres estados:
    - In Progress (Un punto en el centro de la casilla de checkbox)
    - Completed (Una raya en el checkbox)
    - Discontinued (Volver al comienzo)
5. Después que la adquisición de imágenes queda pronta, la modalidad envía actualización de estado para el MPPS utilizando el comando N-SET. El N-SET debe incluir una secuencia de series realizadas con por lo menos una serie dentro del mismo, aunque el procedimiento sea abortado (en ese caso las series no van a tener imágenes).
6. A esta altura el Scheduler debe marcar con una raya el checkbox para indicar que la tarea fue completada (o descontinuada).
7. Usualmente debería tenerse una relación uno a uno entre un procedimiento agendado y un procedimiento realizado, el modelo de datos de DICOM tiene una relación n a m entre el SPS y el MPPS. La conección es hecha por el MPPS qu referencia el SPS por el cual fue realizado.

Al igual que el servicio de MWL, es MPPS también se encuentra estructurado como una clase SOP de DICOM, lo cual define una combinación de un modelo de información con un comando o servicio de DICOM [28].

A diferencia del C-Find que era un comando de tipo DIMSE-C, el MPPS utiliza el protocolo normalizado de comandos DIMSE-N, con los comandos N-CREATE y N-SET para crear y actualizar la información de entidad normalizada del MPPS [28].

3.12 Extensión del modelo DICOM con MWL y MPPS

El modelo de datos de mundo real de DICOM, ha sido mejorado para incluir las clases de servicio de SOP de "Basic Worklist Management" y de "MPPS" [29].

La siguiente figura presenta una descripción abstracta de los objetos invocados en en la interfaz presente entre el Sistema de Información y de la Modalidad. No debe ser tomado como un esquema de implementación de base de datos. En la figura 15 se ilustra el esquema de entidades de la extensión del modelo DICOM [29].

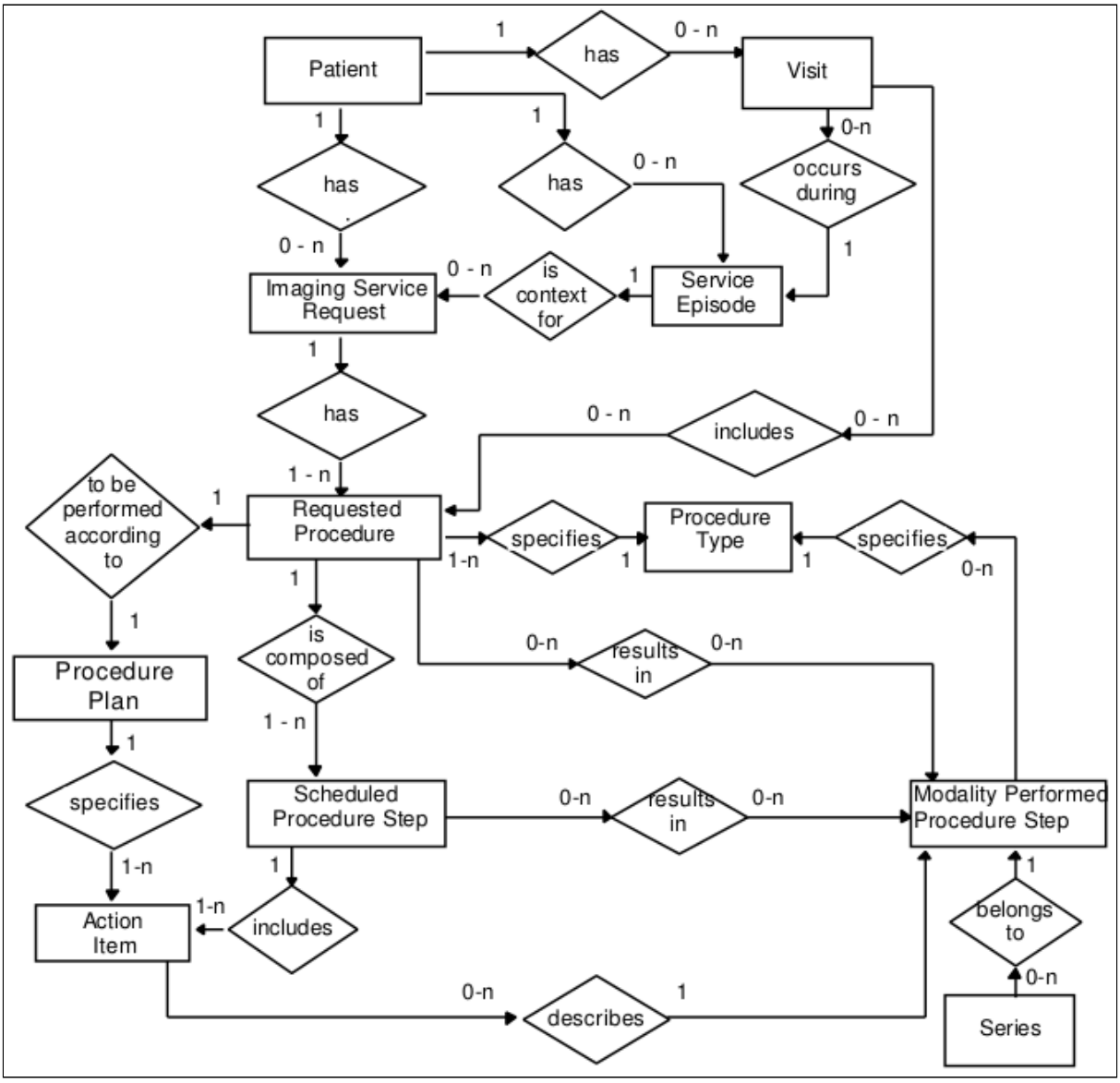


Figura 15 – Modelo del mundo real para la interfaz definida entre el Sistema de Información Hospitalario y la Modalidad (Modality Worklist y MPPS) [29].

Definición de las Entidades

En la tabla 5 se describen las entidades que forman parte de extensión del mundo real de DICOM [29].

Tabla 5 – Entidades que integran la extensión del modelo del mundo real de DICOM.

Paciente
Es la persona que está recibiendo, o que está registrada para recibir servicios de atención médicos.
Service Episode
Es una colección de eventos agregados durante un intervalo limitado por tiempos de comienzo y de parada. Es el contexto en que el tratamiento o la gestión de un arbitrario subconjunto de condiciones médicas del Paciente ocurren. En el contexto de servicios de adquisición de imágenes, podría involucrar más de una organización sanitaria.
Imaging Service Request
Es un conjunto de uno o más Procedimientos solicitados seleccionados desde una lista de Tipos de Procedimientos. Es entregada desde un servicio autorizado hacia un proveedor de servicios de adquisición de imágenes dentro del contexto del Service Episode. Incluye información pertinente específica o general.
Procedure Type
Identifica una clase de procedimientos. En el contexto de servicios de adquisición de imágenes, un Procedure Type en un ítem en un catálogo de procedimiento de adquisición que puede ser solicitado y reportado en una facilidad de servicio de adquisición.
Requested Procedure
Es una instancia de un procedimiento de un determinado Procedure Type. Una instancia incluye todos los ítems de Información que son especificados por una instancia de un Procedure Plan que es seleccionada para el Request Procedure por el proveedor de servicios de adquisición. El mismo puede involucrar uno o más elementos de equipamiento.

Scheduled Procedure Step
Es una unidad de servicio de agendamiento definida arbitrariamente, que es especificada por el Procedure Plan para un Requested Procedure. Prescribe uno o más Action ítems (eventos). La misma involucra equipamiento, recursos humanos, suministros, ubicación y tiempo. Mientras que en el contexto de servicios de adquisición el agendamiento de un Procedure Step podría incluir solamente una designación general de modalidad de adquisición que podría ser satisfecha por múltiples piezas del mismo tipo de equipamiento, la realización de una instancia de un Scheduled Procedure Step involucra una y solamente una pieza de equipamiento de adquisición. La ejecución de un Scheduled Procedure Step podría resultar en la creación de ninguna o de la menos una o más instancias de Modality Performed Procedure Step Instance.
Procedure Plan
Es un protocolo o especificación que define el conjunto ordenado de Action ítems que deben estar hechos en orden para realizar los Scheduled Procedure Steps de un Requested Procedure. La distribución de los Action ítems sobre el conjunto de Scheduled Procedure Steps que constituyen un simple Requested Procedure se asume que es realizada por sistema de Información, y no está especificada por el estándar. Los Action ítems realizados durante el Procedure Step podría diferir de los que fueron prescritos en el correspondiente Procedure Plan.
Action Item
Es una de los elementos del conjunto ordenado de acciones que fueron prescritas por un Procedure Plan para realizar una instancia de un Requested Procedure. Action ítems son eventos simples atómicos. Un Scheduled Procedure Steps contiene al menos un Action Item. El código que identifica la instancia podría ser seleccionado desde un catálogo un tipos de acciones. Múltiples Action ítems del mismo tipo de acción podrían existir en un Scheduled Procedure Step. La distribución de los Action ítems sobre el conjunto de Scheduled Procedure Steps de un simple Requested Procedure no está especificada en el estándar.

Modality Performed Procedure Step
Un Performed Procedure Step es una unidad de servicio definida arbitrariamente que se ha realizado realmente (no solamente agendada). Lógicamente, corresponde a un Scheduled Procedure Step, pero las condiciones reales podrían dictar que lo que realmente se realiza no se corresponde exactamente con lo que fue solicitado o programado. Contiene información que describe el tipo de procedimiento realmente realizado. Un Requested Procedure da como resultado la creación de cero o más Performed Procedure Steps. Un Scheduled Procedure Step da como resultado la creación de cero o más Performed Procedure Steps. El Performed Procedure Step realizado contiene información sobre su estado (por ejemplo, in progress, discontinued or completed). Un Modality Performed Procedure Step es un Performed Procedure Step que es resultado de la adquisición de imágenes desde un Paciente u otro sujeto de adquisición de una Modalidad. Este contiene información describiendo la realización de un paso de un procedimiento de adquisición, incluyendo datos sobre la realización del procedimiento mismo, valores de la dosis de radiación al paciente expuesto si la ionización está en uso y datos sobre la facturación y la gestión del material.

3.13 Integración de MWL y MPPS en el estándar DICOM

Ambas modalidades no habían sido inicialmente ingresadas en DICOM. Al mismo tiempo la integración realiza un paso en la dirección de armonización con otros cuerpos de estándares (CEN TC 251, HL7, etc.). Las siguientes dos figuras completan el vacío que tuvo la ausencia de ambas modalidades, y al mismo tiempo enfatiza la relación entre el modelo original de DICOM y el extendido [30].

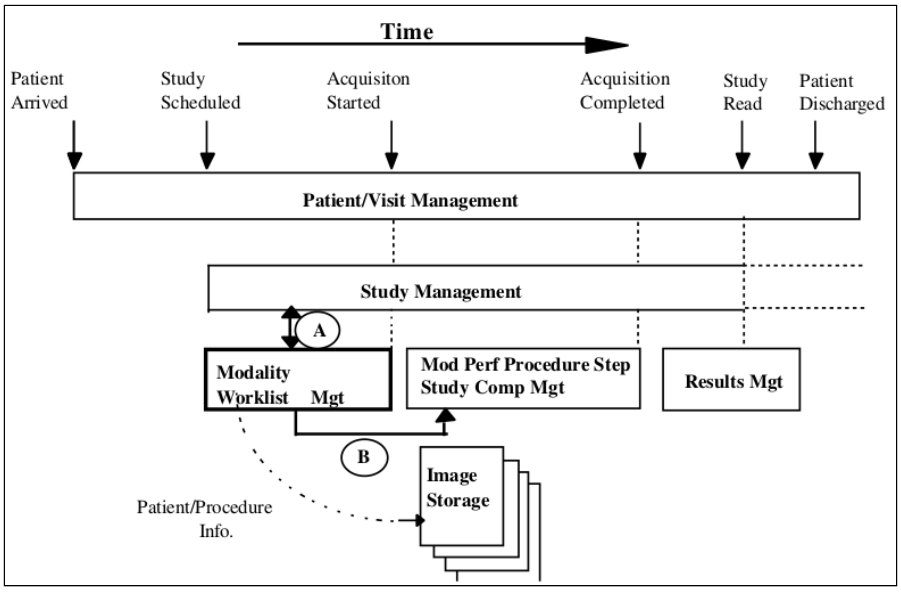


Figura 16 – Vista funcional de la gestión del Modality Worklist y del Modality Performed Procedure Step en el contexto de las clases de servicios DICOM [30].

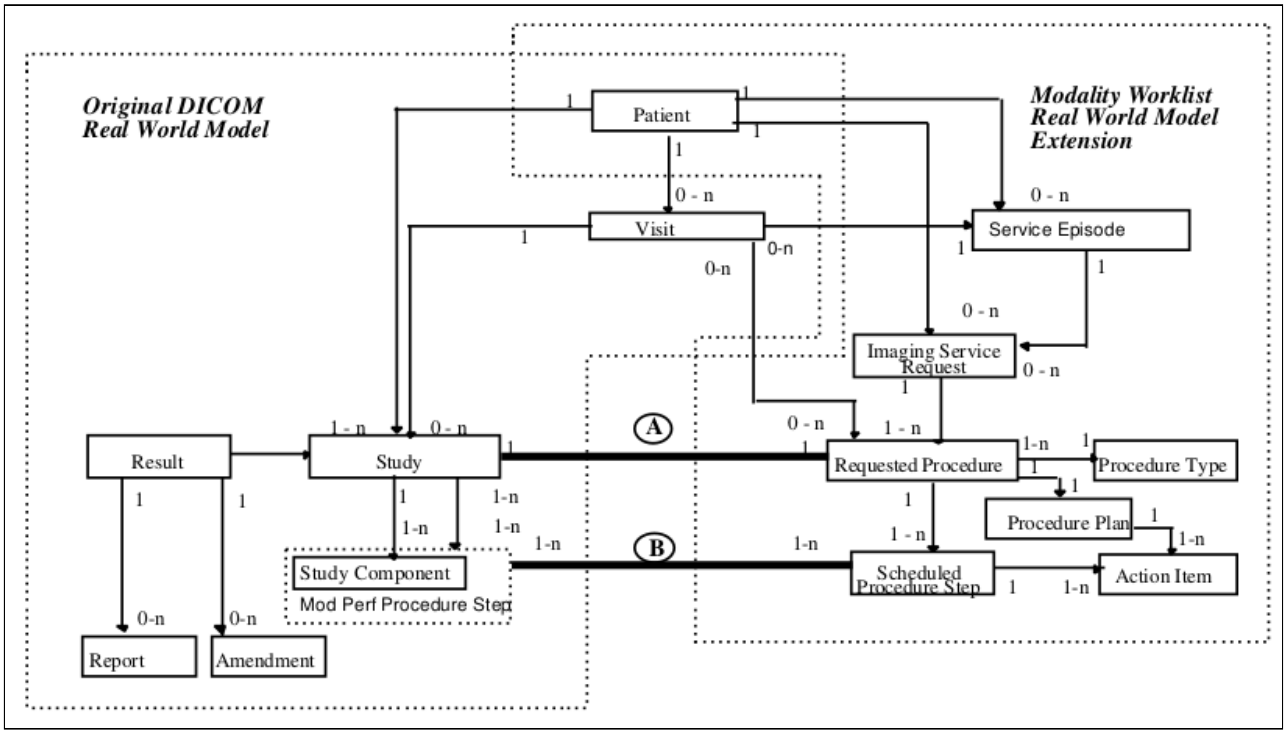


Figura 17 – Relación del modelo inicial de DICOM con el extendido por MWL y MPPS [30].

En el Anexo 3 se explica el funcionamiento del Application Data Flow en DICOM, donde se describe en mayor detalle el flujo de datos generado durante la interacción entre las modalidades y los servidores asociados de MWL y MPPS.

4. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

En esta sección se va a describir la solución llevada a cabo para resolver el problema identificado en la etapa de relevamiento de los sistemas que integran el HIS perteneciente a la institución. Se van a describir las tareas realizadas en la implementación de la solución propuesta. Para eso se hace mención de muchos de los elementos del Estado del Arte (principalmente estándares) que serán aplicados.

4.1 Solución propuesta

La secuencia de tareas que serán llevadas a cabo es la siguiente:

- En primer lugar se tiene que conectar el HIS con las Modalidades de Adquisición. Esto permitirá que la modalidad de adquisición obtenga los datos ingresados desde el HIS.
- Forzar que la modalidad de adquisición solamente pueda obtener los datos del Paciente y del Estudio a realizar desde el HIS. Esto evitará el ingreso duplicado y erróneo de los datos mencionados.
- A nivel informático esto se logrará mediante la implementación de un motor de flujo de datos, conocido con el nombre de "Workflow", que va a gestionar de manera efectiva los datos del paciente y del estudio a realizarse, para implementar una comunicación automatizada entre el HIS y las modalidades. Una vez implementado, se eliminará la necesidad del ingreso por segunda vez de los mismos datos, minimizando considerablemente los riesgos de pérdidas en la calidad e integridad de los datos.

Los elementos del Estado del Arte que serán utilizados son los siguientes:

- El mecanismo aplicado para el intercambio de datos será el de Interoperabilidad Semántica. Las definiciones de mensajería propuestas por el estándar HL7 hacen énfasis en el uso efectivo de los datos intercambiados. Se Implementará mensajería HL7 versión 2.5 para el intercambio de los datos de pacientes y de estudios, entre las entidades tecnológicas que formarán parte de la solución.

- Los mensajes serán de tipo ORM-O01, por ser los más recomendados para las solicitudes de estudio.

- Utilización del servicio MWL de DICOM para que las modalidades puedan recibir las tareas de los estudios a realizar desde el HIS.

- Utilización del MPPS de DICOM para el seguimiento del estudio seleccionado desde el servidor de MWL.

- Aplicación del perfil Técnico de Radiología "SWF", definido por la IHE, que menciona lineamientos para la implementación de un motor Workflow a través de la integración de las entidades del Sistema de Gestión Hospitalaria.

En el escenario descrito en el capítulo de "Antecedentes", existen procesos informáticos pertenecientes al ámbito médico, que requieren de diversidad de soluciones de software y de interoperabilidad entre las mismas, porque existen flujos de trabajo que deben relacionarse. Los flujos de trabajo forman parte de los estudios realizados a pacientes que implican la adquisición de imágenes.

El caso de uso considerado para su aplicación, consiste en la automatización de una interfase entre el Sistema de Asignación de Turnos y de Órdenes de Paraclínicas, con un sistema de PACS. Como fue mencionado anteriormente, la forma de lograrlo para este proyecto es proveyendo un canal de conectividad entre los sistemas mencionadas (que forman parte del HIS) y las modalidades de adquisición de imágenes.

Como parte del trabajo en explorarán alternativas tecnológicas de herramientas de motores de Workflow estandarizado aplicado en el sistema perteneciente al Hospital de Clínicas.

Se desarrollará un prototipo en el que se implementa la alternativa tecnológica más adecuada. Esto requiere de modificaciones y agregados de nuevas funcionalidades a los sistemas hospitalarios de la Institución.

En el proceso de desarrollo del prototipo, se deben considerar las interacciones con el actual sistema desarrollado por el hospital así como los estándares de comunicación con el sistema de almacenamiento de imágenes y servidor de almacenamiento de imágenes existente en la institución el cual implementa interfaces según los estándares HL7 2.5 y DICOM WORKLIST recomendados por el estándar DICOM así como por el "Radiology Technical Framework" de IHE para la comunicación entre las estaciones de trabajo, el PACS y el HIS.

4.2 Aplicación del Perfil SWF de IHE en el proyecto

El desarrollo se basa en lo estipulado por el perfil SWF (que forma parte del "Radiology Technical Framework" de IHE), ya que el mismo establece un flujo continuo de información que soporta un Workflow eficiente para la atención del paciente en una típica instancia de obtención de imágenes.

Beneficios derivados del perfil

En la tabla 6 se describen beneficios del perfil (columna izquierda) y la forma en que se deben ser aplicados para el marco de este proyecto (columna derecha).

Tabla 6 – Beneficios del perfil y su aplicación en el proyecto.

	Aplicación en el Proyecto
Reduce Errores y Mejora la Atención del Paciente	- Los datos que maneja la Modalidad de Adquisición de Imágenes (Paciente y Estudio), solamente deben ser obtenidos desde el HIS. - De esa forma, se evita el ingreso manual desde la Workstation de la Modalidad.
Mejora en el Rendimiento	- Reduce el tiempo de entrada en los datos del Paciente y del Estudio. - Los criterios de identificación tanto del Paciente como del Estudio solamente están definidos por el HIS, para evitar el solapamiento en criterios de identificación derivados del ingreso duplicado. - Se asegura que el paciente es identificado solamente una vez en todo el proceso de adquisición de imágenes como parte del Estudio.
Reduce el Costo/Tiempo de Despliegue	- Se implementa una interfaz desde el HIS, una para el sistema de Citas y otra para el de Órdenes de Paraclínicas, que envía el flujo de datos (del Paciente y del Estudio) directamente a la Modalidad. - La Workstation de la Modalidad solamente se limita a solicitar una lista de tareas pendientes a realizar y luego seleccionar una de ellas, donde automáticamente obtendrá todos los datos y comenzará la ejecución del estudio.

Punto Principal a atacar

En la tabla 7 se menciona el problema existente en la integración de los sistemas que forman parte del HIS y la solución que debe implementarse.

Tabla 7 – Problema en la integración del HIS y la solución a implementar.

Problema	Solución
No existe un flujo continuo de datos desde el HIS hacia el PACS, porque no se cuenta con conectividad entre el HIS y el sistema de PACS. ***Esto implica interrupción en la continuidad de los datos.***	Las Modalidades ya se encuentran conectadas al PACS, por lo tanto al **implementar la conectividad entre el HIS y las Modalidades de Adquisición**, automáticamente se obtendrá la conectividad entre el HIS y el PACS.

Lo que estaría faltando para cumplir con el Workflow, basándonos en lo propuesto por el perfil SWF, es la conectividad entre el Sistema de Citas (y el de Órdenes) y las Modalidades.

En la figura 18 dentro del diagrama basado en lo propuesto por el perfil SWF [25], se agregó una marca en el lugar donde ocurre la interrupción en la continuidad de los datos, dentro del proceso de adquisición de las imágenes.

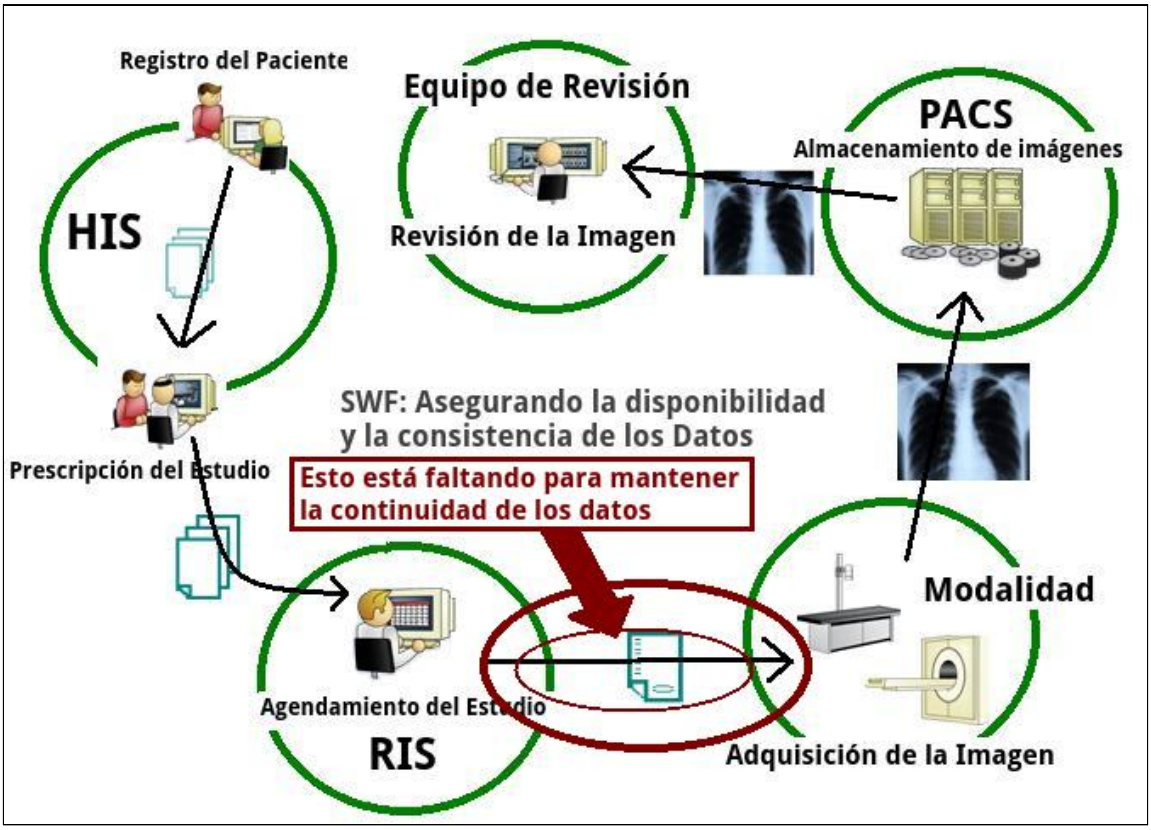


Figura 18 – Énfasis en el lugar donde se genera la interrupción en la continuidad del flujo de datos, que no permite cumplir con el esquema propuesto por el SWF.

Quién cumple el rol de Radiology Information System (RIS) ?

Al ser el Sistema de Citas y el de Órdenes de Paraclínicas, quienes proveen la comunicación con el PACS, ambos terminan asumiendo de forma indirecta un rol muy similar al que posee un típico RIS, ya que los dos poseen como función importante la de asignar los turnos de Estudios (en especial del Departamento de Radiología) para los Pacientes.

Los RIS más modernos cuentan con una interfaz que generan y envían mensajes HL7. La idea es que para ambos sistemas se implemente un nuevo módulo que genere mensajes HL7 que consolide los datos del Paciente y del Estudio, para luego ser enviados a la Modalidad de Adquisición de Imágenes. De esta forma, los dos sistemas mencionados cumplen el rol de RIS.

Análisis de los Detalles del Perfil

En la tabla 8 se enumeran los objetivos propuestos (columna izquierda) y los cambios sugeridos que deben llevarse a cabo en el HIS para cumplir con los mismos (columna derecha).

Tabla 8 – Detalles del Perfil y su aplicación para el proyecto.

Sugerencias propuestas por SWF	**Cambios sugeridos a la situación actual para implementar en el proyecto**
Continuidad e Integridad de los Datos:	Al momento existe interoperabilidad entre el Índice de Pacientes y el Sistema de Citas (y de Órdenes), funcionando con un mecanismo directo de arquitectura de aplicación distribuida. No utilizan mensajería HL7 v2 o v3 para intercambiar datos. Para este proyecto no es necesaria su implementación, ya que su ausencia no interrumpe la continuidad de los datos. Además el trabajo está enfocado en brindar conectividad para que exista intercambio de datos donde todavía no se implementa.
Establece la continuidad y la integridad de los datos de Imagen básicos a nivel departamental mediante el perfil del uso específico de la mensajería HL7 a través de múltiples sistemas como: Registro de Pacientes (ADT), Orden de Colocación (CPOE) y Orden de Scheduling (RIS) de los sistemas.	
Combinar Brecha entre HL7 y DICOM:	Ninguno módulo del HIS, utiliza mensajería HL7 v2 o v3. Solamente el módulo de Historia Clínica aplica el estándar CDA. **Se procede a implementar una interfaz en los Sistemas de Citas y de Órdenes, que genere el mensaje HL7 versión 2.5 combinando los datos del paciente y del estudio.** Luego el mensaje será enviado a
Combina la brecha entre los sistemas basados en HL7 (como RIS) y los sistemas basados en DICOM (como modalidades de adquisición y PACS) dentro del Departamento de Radiología especificando los mapeos semánticos entre mensajes.	

	un servidor de mensajería HL7 que lo interpreta para crear un ítem de trabajo del servidor de Worklist.
Consistencia de la Información: **Mantiene la consistencia de la información demográfica y de pedidos de los pacientes a través de múltiples sistemas al poner esa *información a disposición de las Modalidades de adquisición de Imágenes a través del servicio DICOM Modality Worklist (MWL).***	**La consistencia en la información de los datos de pacientes y sus estudios, es el problema prioritario a resolver.** **El servidor de Worklist es quien provee la conectividad entre el HIS y las modalidades de adquisición de imágenes.** Esto implicará un estudio de las tecnologías de servidores de Worklist existentes. En base a los resultados del estudio, se evaluará cuál es la más adecuada para la utilizar en la Institución hospitalaria.
Evitar pérdida de las Imágenes: Garantiza que las imágenes adquiridas no se pierdan inadvertidamente especificando que el Servicio de Compromiso de Almacenamiento DICOM se utiliza para transferir la Custodia de imágenes de la modalidad al PACS.	Casi todas las modalidades de adquisición de imágenes se encuentran conectadas a servidores de PACS. Están configuradas de forma tal que una vez que se culmina la obtención de imágenes por parte de la modalidad, automáticamente son almacenadas en el servidor de PACS al cual se encuentran conectadas. **La modalidad al obtener la información del paciente de forma consistente, a través de servidor de MWL, permite que luego la imagen almacenada en el PACS se identifique con los datos correctos del paciente al cual realmente le corresponde el estudio.**
Seguimiento de todas las etapas del Proceso: ***Asegura que el estado de los pasos del flujo de trabajo de adquisición sea conocido en todo el departamento especificando el uso del servicio de DICOM Modality Performed Procedure Step (MPPS) para transmitir ese estado desde la modalidad hacia el RIS y el PACS.***	También se debe estudiar el funcionamiento de la tecnología de servicio de MPPS, que funciona en combinación con el servicio de Worklist. La idea es configurar la modalidad de adquisición con un servidor de MPPS, para que se pueda actualizar el estado del ítem del Worklist (del estudio seleccionado). Desde esta forma se podrá saber si el estudio pudo comenzar o no, y así **contar con un seguimiento adecuado del resultado del proceso del Workflow.**

Conclusiones del Análisis

En el mismo se hace énfasis y se afirma nuevamente que el objetivo principal es el de conectar el flujo de datos generado por el Sistema de Agendamiento de Citas y por el Sistema de Órdenes de Paraclínicas con el PACS.

En ambos sistemas, se tiene que implementar el módulo de mensajería de HL7 para comunicarse con el servidor de MWL, y al mismo tiempo un mecanismo para consultar el estado de la instancia de MPPS.

Como ha sido mencionado anteriormente, cada modalidad ya se encuentra conectada a un servidor de PACS.

Esto incorpora por primera vez la utilización de interoperabilidad por mensajería HL7 versión 2.5 entre sistemas dentro del HIS, lo cual trae un proceso de innovación relevante para el Sistema de Gestión Hospitalaria de la Institución.

Tareas que serán realizadas

En la tabla 9 se describen los objetivos sugeridos por el perfil SWF (columna izquierda) y las implementaciones que serán necesarias de realizar para que este proyecto cumpla con los mismos (columna derecha).

Tabla 9 – Implementaciones necesarias para que el proyecto cumpla con los objetivos.

Objetivo	Implementaciones necesarias
Combinar Brecha entre HL7 y DICOM	- Utilización de Mensajería HL7 versión 2.5. - Interfaz de mensajería HL7 en el Sistema de Citas - Interfaz de mensajería HL7 en el Sistema de Órdenes de Paraclínicas. - Habilitación del servicio de mensajería HL7. - Esto requiere el desarrollo de mapeos semánticos entre los datos enviados por el HIS y el servidor de mensajería.
Consistencia de la Información	- Búsqueda y Estudio de la tecnología más adecuada para la implantación de un servicio de DICOM Modality Worklist (MWL). - El servidor de mensajería HL7 deberá interpretar el mensaje para que sea almacenado como un registro dentro del servidor de Worklist. - Se deberá contar con un mecanismo de correspondencia consistente entre el estudio agendado en el HIS y el ítem de Worklist creado.
Evitar pérdida de las Imágenes	- Se deberá verificar que las imágenes generadas por el estudio, que luego son almacenadas por el PACS, corresponden al paciente que se le realizó el estudio.
Seguimiento de todas las etapas del Proceso	- Búsqueda y Estudio de la tecnología más adecuada para la implantación de un servicio de DICOM Modality Performed Procedure Step (MPPS). - Deberá verificarse que el servicio de MPPS actualice correctamente el estado del ítem de Worklist seleccionado para el estudio. - Implementación de un proceso que consulte el estado del estudio a través de su ítem de Worklist correspondiente.

En la figura 19 dentro del diagrama propuesto por el SWF, se agregaron marcas para exponer las implementaciones mencionadas anteriormente, que se realizan para acercarse a lo propuesto por el perfil SWF y así cumplir con el objetivo de mantener el flujo continuo de los datos. Se puede observar que consiste principalmente de la incorporación de servidores de MWL y MPPS que conectan el RIS con las modalidades de adquisición de imágenes. Al mismo tiempo dentro del RIS (en este caso los Sistemas de Citas y de Órdenes) se implementan interfaces que se comunican con los servidores mencionados a través de mensajes HL7.

Dentro de la misma figura también se agregó una flecha adicional, para indicar que las imágenes almacenadas en el PACS al finalizar el estudio, pueden ser visualizadas desde el HIS por los usuarios del Sistema de Historia Clínica, como por ejemplo el médico que le prescribió el estudio al paciente. Esto no será parte de la implementación, ya que se encontraba desarrollado de antes del inicio de este proyecto. Se agregó porque está ausente en el esquema original del perfil SWF.

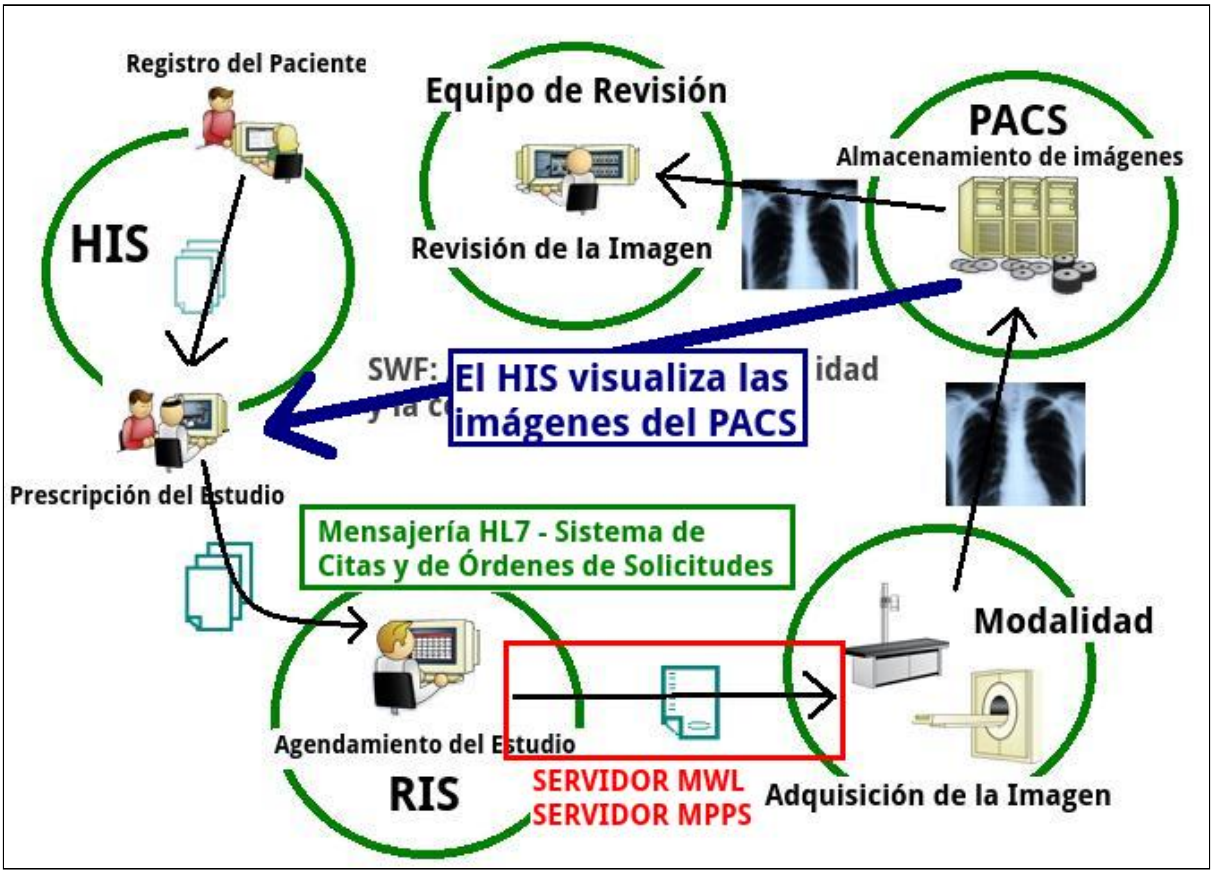


Figura 19 – Implementaciones realizadas para mantener la continuidad en el flujo de los datos de acuerdo a lo propuesto por el SWF.

Roles de Cliente/Servidor en DICOM para este contexto

La tabla 10 describe el rol de DICOM para cada una de las entidades partícipes en la implementaciones llevadas a cabo.

Tabla 10 – Roles de DICOM y descripción de las entidades que los asumen.

Rol de DICOM	Entidades	Función	Verificación
SCU (Service Class User)	Modalidades de Adquisición de Imágenes. Ejemplos: Tomógrafo, Resonador Magnético, Endoscopia, Radiología Convencional, etc.	La modalidad va a solicitar la lista de trabajo pendiente al servidor/proveedor de listas de trabajo que tiene asociado, o sea al MWL y actualización de estado del MPPS (en roles de SCP).	El Documento "DICOM Conformance Statement" de la Modalidad, verificará si cuenta con soporte para el manejo de Lista de Trabajo del Equipo (Modality Worklist), y además con MPPS (Modality Performed Procedure Step) ,ambos en forma de SCU.
SCP (Service Class Provider)	- Servidor de MWL. - Servidor de MPPS. Ejemplos: servicios MWL y MPPS de las plataformas tecnológicas "dcm4chee" y "dcmtk".	Proveedor de los servicios solicitados por las modalidades.	Documentación de la plataforma (podría ser el "DICOM Conformance Statement") que indica si cuenta con soporte para MWL y MPPS en el rol de SCP.

4.2 Investigación de plataformas tecnológicas de MWL y MPPS

Todos los motores de Workflow analizados a lo largo del proyecto, vienen incluidos dentro de la plataforma tecnológica que provee la instalación de un entorno para servidor de PACS. Generalmente vienen en la forma de servicios o herramientas adicionales que de forma opcional pueden activarse dentro del servidor donde se encuentran instalados.

Primero se realizará un estudio general sobre las diferentes plataformas tecnológicas existentes que proveen servidores de PACS y luego se procederá al estudio específico de las tecnologías de MWL junto a las de MPPS.

Análisis de las plataformas de PACS

La tabla 11 realiza una comparativa de las plataformas tecnológicas de PACS de código abierto [33].

Tabla 11 – Comparativa de la plataformas tecnológicas de PACS.

	Dcmtk [31]	**Dcm4chee [32]**
Documentación	Aceptable y bien entendible al usuario, pero sin documento de DICOM Conformance Statement.	Muy Completa, con documento de DICOM Conformance Statement [34].
Mantenibilidad	Alta	Alta
Lenguaje de Programación	C / C++	Java
Extensibilidad	El agregado de nuevas clases SOP requiere modificar y recompilar el código fuente.	No siempre requiere de modificaciones en el código fuente.
Sistema Operativo	UNIX, Linux, Windows	Multiplataforma
Modelo de Cliente/Servidor de PACS	***Servicio de Worklist y Storage.***	***Provee Soporte Completo.***
Integración con perfil de IHE	NO	Completa
Servicios DICOM	No maneja soporte de Protocolo.	Maneja el Protocolo, el Storage Commitment y el Worklist Básico.
DICOM IODs (tipos de Imagen)	US, CT, MR, SC, DX, XA, VL, RT	US, CT, MR, SC, DX, XA, VL, RT

Ventajas del "dcm4chee" frente al "dcmtk"

- Es la que mejor cumple con las recomendaciones de IHE.
- Es la que mejor cumple con el estándar DICOM.
- Posee documento de "DICOM Conformance Statement", lo que permite tener de forma documentada los servicios DICOM brindados por la tecnología.
- La que posee mayor nivel de flexibilidad para agregarle nuevas funcionalidades.
- Posee un alto nivel de Mantenibilidad.
- Tiene un muy alto nivel de portabilidad, por estar desarrollada en lenguaje de programación Java.
- Tiene una buena integración con los motores de base datos más conocidos, como por ejemplo los Open Source MySql y PostgreSQL.
  Posee un paquete de instalación para cada motor de base de datos.
- Posee un interfaz gráfica en plataforma web para la configuración del servidor y la visualización de sus registros ingresados.

Actualmente en la Institución se está utilizando la tecnología "dcm4chee" como la plataforma de todos los servidores de PACS.

Dificultades a destacar en el "dcmtk"

- Posee una documentación muy pobre.
  Se debe recurrir al manual específico de la herramienta o acceder al foro de la comunidad de usuarios.
  Al no poseer un documento de "DICOM Conformance Statement", no se tiene de forma prolija la información documentada de los servicios DICOM que brinda esta tecnología. Eso implica invertir mayores tiempos en búsqueda de información, que muchas veces se obtiene de forma fragmentada y que no es sencilla de consolidar.
- No posee integración con motores de base de datos.
  En su lugar almacena sus registros e imágenes en formato de ficheros.
- Solamente puede ser configurable por interfaz de línea de comandos.
- Sus registros ingresados, provenientes de cualquier tipo de servicio DICOM que provea, pueden ser consultados solamente desde interfaz de línea de comandos.

Análisis de las tecnologías de servicios de Modality Worklist y MPPS

Las dos tecnologías mencionadas poseen implementaciones del servicio de Modality Worklist y de MPPS con rol de SCP (proveedor). Se realizará un estudio de ambas.

La tabla 12 realiza una comparativa de los servicios de MWL y MPPS [37][38].

Tabla 12 – Comparativa de los servicios de MWL y MPPS de las plataformas estudiadas.

Dcmtk	**Dcm4chee**
Configuración manual a más bajo nivel.	Interfaz de configuración en plataforma web con tecnología JBoss.
Herramienta externa de MWL SCP - "wlmscpfs" [35].	**Servicio de MWL SCP configurable [36].**
No cumple con HL7.	**Cumple con HL7.**
El archivo que contiene el ítem de Worklist posee un formato sencillo y fácil de entender y definir, pero luego debe ser convertido a un formato por medio de una herramienta externa.	El formato del archivo para crear el ítem es más complicado de entender. **Sin embargo cuenta con Servicio para la recepción de mensajes HL7 de tipo ORM para la creación de ítem de Worklist.**
Sin conección directa a motor de BD.	**Conección directa a motor de BD.**
Los archivos de WorkList ítems ya formateados, deben ser almacenados en una carpeta específica de la instalación para que se conviertan en ítems válidos .	Los Worklist ítems generados son directamente almacenados en el motor de base de datos que formó parte del paquete de instalación del PACS.
Sencillo de Instalar.	Complicado de Instalar.
Costoso de mantener, ya que podría implicar definición de carpetas compartidas o de horas de desarrollo para brindar interfaces de configuración más sencillas de utilizar.	Se puede instalar en un servidor de PACS anteriormente instalado o se puede optar por tenerlo dedicado sin que sea el mismo que el servidor de PACS.
Documentación muy pobre. Accesible mayormente en el foros.	**Dentro del DICOM Conformance Statement tiene referencias de los servicios de Worklist y MPPS.** Más información de su uso en los foros.
El servicio de MPPS no es Open Source, es propietario y se debe adquirir por separado.	**El servicio de MPPS es Open Source y viene ya incluido con la herramienta.**

Experiencias académicas donde se han implementado

El siguiente relevamiento de experiencias académicas, se llevó a cabo con el fin de verificar que las plataformas tecnológicas anteriormente mencionadas, puedan ser utilizadas en el marco de este proyecto.

Dcmtk

2014 - Consejo de Ciencias de Taiwán [39]
Plataforma Mobile - Escaneo del Nro. de Paciente por código QR para luego desplegar la información almacenada en el PACS.

Utilización de la Modalidad de Worklist - República Checa [40]
Departamento de Medicina Nuclear, Hospital, Farmacia, Instituto de Cáncer - Brno
DICOM MWL - PET System Siemmens Ecat Accel - dcmtk 3.5.4. Corrió dentro de un entorno de aplicación de tipo Intranet y funcionaba para la consola de adquisición de Ecat.
Interconección: HIS, PAC, PET en la forma de MWL, fue una metodología bien probada para garantizar la confiabilidad de los datos de los Pacientes. Resultó ser una solución muy económica y muy prolija.

2005 - Suecia [41]
Integración - PACS, RIS, DICOM
Los datos del PACS y RIS se mantenían bien diferenciados
Se aseguró que no hubieran estudios perdidos en los procedimientos de Reporte realizados por los Radiologistas.

2009 - Hong Kong [42]
Automatización orientada a la integración y visualización de datos biomédicos multidisciplinarios en el flujo de datos de Radiología - Modelo de PACS compartido.
El servicio es la Modalidad de Imagen desde los WorkStations de los WebClients.
La integración consistía en archivar las imágenes e integrarlas con los datos relativos a otras disciplinas clínicas.
Se desarrolló con HTML y PHP, con componentes reusables PEAR.
Se lograron reducir los costos gracias a la automatización, utilizando hardware bien diseñado y Software Open-Source, evitando la amenaza de vendedores.

Se fortaleció la Interoperabilidad y la ayuda multidisciplinaria en los estudios de las imágenes. La visualización se mantiene en un punto centralizado.

Clase DICOM Library

La siguiente no utilizó ninguna de las dos tecnologías que van a ser estudiadas, pero puso mucho énfasis en la aplicación del estándar DICOM con la Modalidad de Worklist. La idea central es demostrar la viabilidad de este tipo de desarrollos en el sector de Radiología que apunte a mejorar sus servicios mediante la aplicación de los estándares y recomendaciones existentes.

2014 - Departamento de Integración de Sistemas - Universidad Bina Nusantara - Indonesia [43]
Implementación de un sistema de DICOM Modality Worklist para el Registro de Pacientes de la Unidad de Radiología, en modalidades de tipo MRI y CT.
El desafío fue desarrollar un Sistema que integre la administración de la Información de Radiología y las modalidades de Imagen de Radiodiagnóstico. Todo con el objetivo de contar con información más confiable, reciente y relevante que que acelere el workflow de los procesos de la atención sanitaria.
El prototipo fue desarrollado para el equipamiento de Radiodiagnóstico. En la adquisición se aplicó el estándar DICOM, y luego se integró con el DICOM Modality Worklist. Se había estudiado que el DICOM MWL es un excelente mecanismo para transmitir información del paciente y del estudio desde el RIS hacia la Modalidad. Además era un componente clave para mantener la integridad de los datos y acelerar las operaciones técnicas en puntos de recolección de datos. Se le brinda el conocimiento y los datos al tecnico radiólogo sobre quién va a ser sometido al estudio, junto a cuándo y de qué manera se le realizará.
Esto implicó un trabajo bien organizado de Infraestructura y de Desarrollo. Se realiza mantenimiento de la LAN, pruebas de soporte de DICOM utilizando emuladores de DICOM.
La modalidad de adquisición fue un Siemens MAGNETOM Avanto MRI, siendo éste quien cumple el rol de SCU de Worklist.
Se desarrolló un clase en lenguaje Java para DICOM MWL. Se utilizó el servicio DIMSE requerido por DICOM MWL, con el comando C-Find.
Se brindó una mayor facilidad al acceso de información, lo cual mejora la efectividad en el cuidado del paciente en la unidad Radiológica. El éxito de la conectividad entre el RIS y las Modalidades puede incrementar la oportunidad y disponibilidad de la Información.
Se pudo concluir y confirmar que el protocolo DICOM MWL puede ser utilizado para integrar el Sistema de Registro de Pacientes de Radiología con las Modalidades.

Dcm4chee

PACS Workflow - Contribución de tres pioneros en PACS - Universidad Southern California, Los Angeles, CA, USA. [44]
Data Flow Management - Manejo de WorkList en Equipos médicos del Departamento de Medicina Nuclear.
Permite el conocimiento rápido del número de estudios planeados para realizar, junto a los datos personales del Paciente como por ejemplo su peso y estatura.
Este hace viable que el seguimiento de los tiempos y la forma de administración, sean enviadas a las clínicas encargadas de las tareas de reportes clínicos.
Los participantes involucrados son el ADT/Booking (admisión, financiamiento), el HIS, QAS (monitorea los datos de radio tracers, las dosis y tiempos), el NMDS de adquisición de imágenes y post-análisis donde la asociación entre estudios y pacientes recibidos por la Worklist es absolutamente mandatorio.
Implica interacción entre DICOM y HL7 versión 2x. La configuración del servidor de DICOM Worklist, produce y guarda el ítem para ser utilizado en la consolas de adquisición (modalidades). En el HIS se desarrolló una funcionalidad que producto mensaje HL7 de tipo ORM que van directo al servidor de MWL.
Está funcionando en el Departamento de Medicina Nuclear desde septiembre 2012 con beneficios relevantes para los estudios de pacientes desde el proceso de agendamiento hasta el reporte clínicas y el archivo digital.
Se pudo concluir que la aplicación de los estándares médicos de DICOM y HL7 permite fortalecer con no muchos esfuerzos de implementación el procedimiento de diagnóstico y las tareas de adquisición de imágenes.

2011 - Ingeniería Biomédica - Little Rock, AR, USA. [45]
JIGDFS: Un sistema distribuido de archivos de imágenes para almacenamiento seguro. Basado en el HITECH Act de Febrero de 2010.
Se aplicó en el Departamento de Medicina Nuclear de la Universidad de Arkansas para las ciencias médicas, con las Modalidades CT del fabricante Siemmens PET.
Se sugirió implementar un servicio de Storage del Dcm4chee, porque provee mejoras en la seguridad.

2007 - Journal of Digital Imaging Vol 20, Suplemento 1. - Beneficios de utilizar el DICOM storage del dcm4chee [46]
Es una plataforma de aprender DICOM, es especial para el Testing y se resalta el servicio de Worklist.

Resulta ser una herramienta poderosa, estable, ricas en prestaciones, buena para administradores de PACS e investigadores, fácil para aprender estándares, soluciona problemas fácilmente. Implica un importante desafío para los vendedores. Posee un arquitectura modular, permitiendo servicios ejecutándose de forma independiente, y además provee la interfaz de web del jmx-console.
Cuenta con una comunidad importante de usuario y con un Foro para consultas.
Hacen referencia a su creador: Gunter Zeilinger, y su trabajo con JDicom.
DICOM toolkit - primero con "dcm4che", que era el dcm4jboss, IHE Image Manager y Image Archive Actor. Dcm4jBoss logró evolucionar hasta convertirse en un sistema robusto con plataforma estable para gestionar imágenes de estudio. Luego se le agregó la "e" al final de "entreprise", pasando a ser: "dcm4chee". En el 2006 apareció una nueva versión: "dcm4che2".

Manejo de Workflow en el contenido basado en la recuperación de imagen para soporte CAD en entorno de PACS basados en IHE [47].
CBIR (Content Management Image Retrieval) trae gran potencial para computadoras que son utilizadas como equipo de Diagnóstico.
Sin embargo no fueron totalmente viables para integrarse con Workflow clínicas y PACS en general.
Se utilizó Dcm4chee y se incluyeron actores de IHE para el CBIR. Se implementó un adaptador entre el CBIR y el PACS, siendo un componente de tipo modular con protocolo estándar. El workflow propuesto ofrece la posibilidad de CBIR embebido convenientemente en entorno de PACS. Se cerró la brecha entre adquisición y post procesamiento. Esto toma en cuenta la ajustada y sólida organización de tareas agendas y realizadas en procedimiento clínicos. Se aplicaron el perfil SWF del IHE y el DICOM para el CBIR.
Se cuenta con el CBIR Worklist para programación y agendamiento. Se pueden realizar querys (consultas) hacia el CBIR, lo cual implica definir una arquitectura de sistema.
Las tareas agendadas deben contar con seguimiento y mantenerse enlazadas con sus datos iniciales, para que estén asociadas a los resultados de los estudios.
La propuesta funciona con aplicaciones aisladas, unidas mediante el workflow del CBIR. Puede además extenderse hacia otros sistemas.

Conclusión de las experiencias

En función de las experiencias académicas recientemente expuestas, se concluye que las dos plataformas tecnológicas que van a ser estudiadas ("dcm4chee" y "dcmtk") pueden ser aplicadas al contexto del Sistema de Gestión Hospitalaria perteneciente al Hospital de Clínicas, en el marco de este proyecto.

Investigaciones realizadas para el Estudio de las Tecnologías

Implementación del Ambiente de Prueba para las Investigaciones

Se utilizó una máquina virtual para contar con un ambiente de pruebas en la etapa de investigación. Allí se instaló como Sistema Operativo la distribución de Debian 7 que es la utilizada en todos los servidores de PACS de la institución. La herramienta “dcm4chee” y “dcmtk” se instalaron en el mismo servidor virtual. El equipo anfitrión que contiene la máquina virtual posee sistema Operativo Windows 7.

dcm4chee
Proceso de Instalación:
Se instaló previamente la Java Virtual Machine para poder instalar el dcm4chee que está desarrollado con lenguaje de programación Java. La versión a instalar es la Java Sun 1.7u8. No se pudo encontrar una versión del OpenJDK para Debian, lo que implicó tener que compilar y armar un paquete para la distribución mencionada. Se instaló el dcm4chee versión 2.18.3, que viene incluida con un motor de base de datos Mysql. También se debió instalar la plataforma JBoss versión 4.2.3 GA, que brinda la interfaz gráfica para el servidor correspondiente al dcm4chee. Una vez completada la instalación, se procede a ejecutarlo y se lo mantiene corriendo escuchando las peticiones en los respectivos puertos donde provee servicios.
Habilitación de servicio MWL y MPPS:
Tanto la modalidad de SCP (proveedor) de MWL, como la de SCP de MPPS y de mensajería de HL7 ya se encontraban instaladas y activadas.
Puerto asignado para servicio de MWL: 11112
Puerto asignado para servicio de mensajería HL7: 2575
AET (Application Entity Title) asignado: "JHONYDCM4CHEEK"

En este caso, al no contar con una versión open source del MPPS para el “dcmtk”, la modalidad de MPPS solamente está presente en la plataforma del “dcm4chee”.

dcmtk
Proceso de Instalación:
Al estar implementada en C/C++, simplemente se procedió primero a descargar el paquete de su sitio web oficial y luego a instalarlo sin mayor dificultad, y en mucho menos tiempo que el implicado para el dcm4chee.
Habilitación de servicio MWL:
El caso del dcmtk, simplemente se deja ejecutando la herramienta "wlmscpfs". La única forma en que el dcmtk tenga el resto de los servicios corriendo, es ejecutando cada uno de ellos por separado. En este caso, no va a ser necesario ejecutar el resto de los servicios que provee esta tecnología.
dcmtk no posee versión Open Source de servicio de MPPS.
Puerto asignado para servicio de MWL: 11154
dcmtk no tiene implementado servidor de mensajería HL7.
AET (Application Entity Title) asignado: "OFFIS"

Entorno para el Estudio de las Tecnologías

La tabla 13 describe las entidades tecnológicas que forman parte de las pruebas.

Tabla 13 – Entidades tecnológicas partícipes de las pruebas de investigación.

	Interfaz de ejecución	**Descripción**
Herramientas externas	Línea de Comandos	Ambas tecnologías cuentan con herramientas externas de interfaz de comando, con las cuales se pueden realizar queries (consultas) de los registros que tienen almacenados. Las mismas tienen versiones tanto para Linux como para Windows.
Emulador de Modalidad	Escritorio de Windows	Herramienta de emulación de modalidad de adquisición de imágenes, que forma parte del paquete de "DVTK".
Modalidad de Adquisición de imágenes	Workstation de la Modalidad	Se consulta el listado de tareas pendientes. Luego de seleccionar una, se procede a la ejecución del estudio seleccionado.

La figura 20 ilustra el entorno donde se realizan las pruebas de investigación.

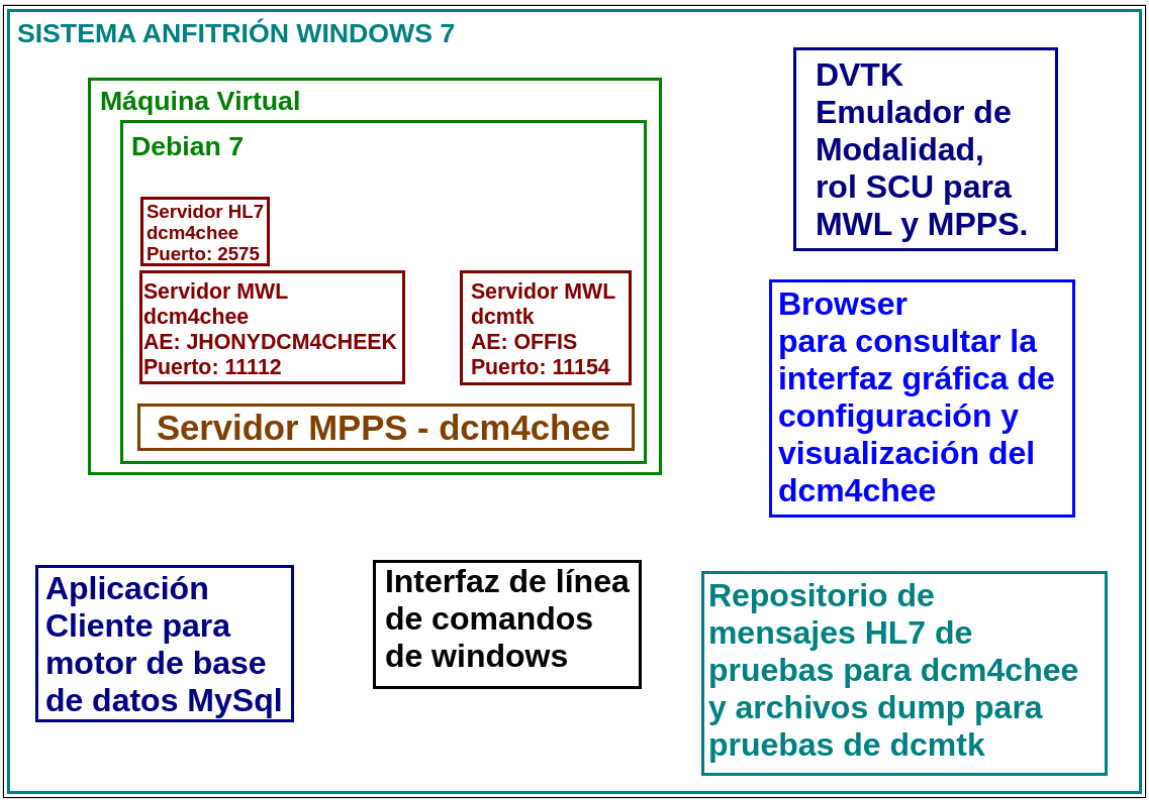


Figura 20 – Entidades tecnológicas pertenecientes al entorno de las pruebas.

La tabla 14 describe las tecnologías partícipes en las pruebas.

Tabla 14 – Descripción de las tecnologías partícipes de las pruebas.

	Función en las pruebas
Sistema Anfitrión Windows 7	Desde donde se realizan las pruebas de ejecución.
Máquina Virtual - Servidor Debian 7	Proveedor, rol SCP, de los servicios de MWL y MPPS de dcm4chee y dcmtk.
DVTK - Emulador de Modalidades	Consumidor, rol SCU, de los servicios de MWL y MPPS de dcm4chee y dcmtk, que provee el Servidor Debian 7.
Interfaz de línea de comandos	Consumidor que invoca consultas, rol SCU, pero por medio de las herramientas externas provistas por las tecnologías estudiadas.
Cliente de MySQL	Para consultar los registros ingresados en la base de datos MySql del dcm4chee
Browser para Consultar	Acceso a la interfaz gráfica Web provista por el dcm4chee, para la configuración y visualización de los Ítems de Worklist ingresados.
Repositorio HL7 y dump	Ficheros de mensajes de tipo HL7 para ejecutar en el servidor de mensajería del dcm4chee. Archivos ".dump" de worklist para el servidor dcmtk.

Estudio del "dcm4chee"

Se describen las pruebas realizadas desde la interfaz de línea de comandos. La figura 21 ilustra un diagrama de la organización de la Arquitectura Modular que caracteriza a esta plataforma tecnológica, mostrando la forma en que se distribuyen los servicios que provee.

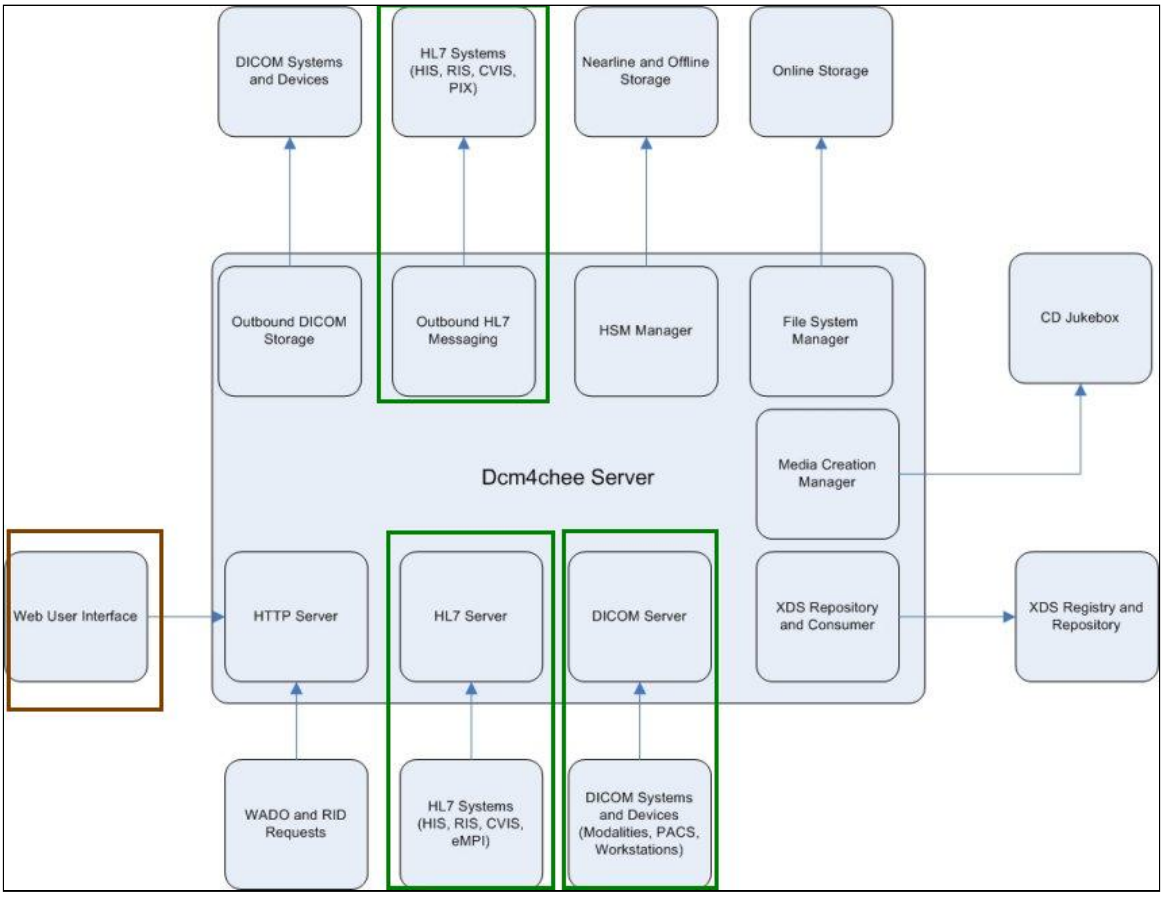


Figura 21 – Diagrama de la arquitectura modular de la plataforma "dcm4chee" [48].

En la figura 21, se encuentran marcados los servicios que van a ser de mayor utilidad y de relevancia en el marco de este proyecto.

En el caso de esta tecnología, lo más usual es utilizar el servicio de mensajería de HL7 habilitado de forma automática en su instalación. Dicho servicio va a procesar el mensaje HL7 versión 2.5, que en este caso va a ser de tipo ORM-O01, que tiene la función de transmitir información sobre una orden. Los mensajes de tipo ORM son los más ampliamente utilizados en el estándar HL7. Un ítem de MWL es típicamente ingresado a través del envío de un mensaje de tipo ORM-O01 hacia el servidor de mensajería HL7.

La tabla 15 describe el grupo de segmentos más importante que componen el mensaje [49].

Tabla 15 – Segmentos más importantes que constituyen el mensaje HL7.

Segmento	Tipo	Descripción
MSH	Requerido	Cabezal. Contiene datos como la versión del mensaje HL7 a la cual pertenece, información de sintaxis, etc.
PID	Requerido	Identificación de Paciente. Contiene campos para identificar al Paciente.
PV1	Opcional	Información de Visita del Paciente, como por ejemplo su médico de referencia.
ORC	Requerido	Orden Común. Contiene metadata sobre la orden.
OBR	Opcional en algunos casos	Subsegmento del ORC. Contiene detalles de la orden.
ZDS	Opcional en algunos casos	Un segmento personalizado no definido por el estándar HL7 (opcional), pero útil en RIS - contendrá información como por ejemplo el studyUID de la orden de radiología.

```
MSH|^~\&|SISTEMA_ESTUDIO|ENVIO_ESTUDIO|DICOM_SERVER|MWLSCP|20170307190502||ORM^O01|32|P|2.5|||||||
PID|||111111||APELLIDO1 APELLIDO2^NOMBRE1 NOMBRE2||19631106|M|||||||||||||||||||||||||||||
PV1||O|||||||333333^APELLIDO_TECNICO^NOMBRE_TECNICO^^^DR|RADIOLOGÍA|||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||V|
ORC|NW|32|||||||20170307190502-0300|||APELLIDO_TECNICO^NOMBRE_TECNICO|||20170307190502-0300||922229-10^IHE-RAD^IHE-CODE-231||
OBR|1|32||20110^TOMOGRAFO^99IHE^20110^CT: TOMOGRAFO^99IHE||20170307190502-0300|||||||||TOMOGRAFO^^^^593|333333^APELLIDO_TECNICO^NOMBRE_TECNICO^^^DR||AC_NUM_60056|RP32|SPS32||||CT|||||||||||||||||||RP_32^TOMOGRAFO^RADIOLOGÍA
ZDS|2.16.858.0.0.1.10.2.3.6.55.32^TOMOGRAFO^HRI_CT55571^SCHEDULED
```

Figura 22 – Ejemplo de un mensaje HL7 versión 2.5 constituido por la unión de los segmentos recientemente mencionados.

Todo el contenido del mensaje HL7 se almacena como un fichero de texto.
Para crear nuevo ítem de Worklist, se ejecuta el comando "hl7snd", al cual se le da como entrada el fichero de texto mencionado, y además la IP del servidor y el número de puerto del servicio de de mensajería HL7 que se encuentra ejecutándose en el “dcm4chee” instalado en la máquina virtual.

La figura 23 muestra la secuencia del ingreso del ítem de Worklist.

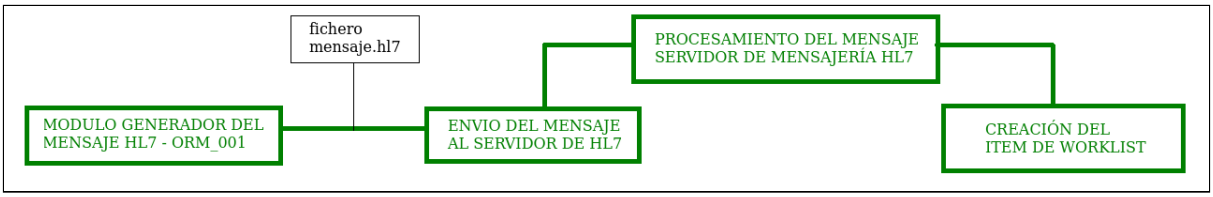


Figura 23 – Secuencia de Ingreso de Ítem de Worklist en "dcm4chee".

Una forma de realizar una query, es mediante la ejecución en línea de comando de la herramienta "findscu". Pero resulta mucho más sencillo visualizar la interfaz gráfica de entorno web provista por el "dcm4chee", que tiene desplegada la información de forma ordenada, con un potente filtro de búsqueda.

La figura 24 muestra la visualización desde la interfaz gráfica de un conjunto de elementos de worklist ingresados.

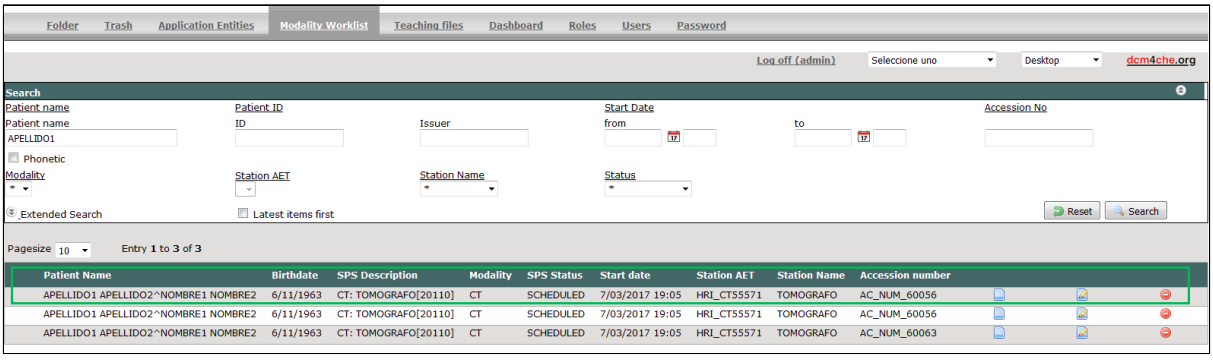


Figura 24 – Visualización de registros de worklist desde la interfaz gráfica web provista por la plataforma "dcm4chee".

```
MSH|^~\&|SISTEMA_CITAS|ATEN_REC_USU_ESTUDIO|DICOM_SERVER|MWLSCP|20170307190500-030
0||ORM^O01|32|P|2.5|||||||
PID|||945701||APELLIDOPAC2 APELLIDO2PAC2^NOMBREPAC2
APELLIDOPAC2||19631106|M|||||||||||||||||||||||||||||||
PV1||O|||||||945707^APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC^NOMTECNICO
NOM2TECNICO^^^DR|RADIOLOGÍA|||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||V|
ORC|NW|32|||||||20170307190500-0300|||APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC^NOMTECNICO
NOM2TECNICO|||||922229-10^IHE-RAD^IHE-CODE-231||
OBR|1|32||20110^TOMOGRAFO^99IHE^20110^CT: Tomógrafía
Computada^99IHE||20170307190500-0300|||||||||TOMOGRAFO^^^^540|945707^APELLIDOTECNICO
APELLIDO2TECNIC^NOMTECNICO
NOM2TECNICO^^^DR||AC_NUM_60056|RP32|SPS32||||CT|||||||||||||||||||RP_32^TOMOGRAFO^RADIOLOGÍA
ZDS|2.16.858.0.0.1.10.2.3.6.55.32^TOMOGRAFO^HRI_CT55571^SCHEDULED
```

Figura 25 – Mensaje HL7 con el que se generó uno de los ítems desplegados.

La figura 25 muestra un ejemplo de un mensaje HL7 que fue utilizado para probar el ingreso de unos ítems de Worklist recientemente ingresado.

Como puede observarse en la figura 26, también es posible visualizar y modificar los valores de cada uno de los atributos de cualquier registro de worklist. El registro tomado de ejemplo, fue el creado a través del mensaje HL7 expuesto en la figura número 25.

Edit SPS attributes

Allow all attributes

Attribute name	Tag	VR	Length	Value
Specific Character Set	(0008,0005)	CS	10	ISO_IR 100
Accession Number	(0008,0050)	SH	12	AC_NUM_60056
Patient's Name	(0010,0010)	PN	36	APELLIDO1 APELLIDO2^
Patient ID	(0010,0020)	LO	6	111111
Issuer of Patient ID	(0010,0021)	LO	0	
Patient's Birth Date	(0010,0030)	DA	8	19631106
Patient's Sex	(0010,0040)	CS	2	M
Study Instance UID	(0020,000D)	UI	30	2.16.858.0.0.1.10.2.3.6.
Requesting Physician	(0032,1032)	PN	36	APELLIDO_TECNICO^NC
Requested Procedure Description	(0032,1060)	LO	10	TOMOGRAFO
Requested Procedure Code Sequence	(0032,1064)	SQ	-1	
>Item #1				
>Code Value	(0008,0100)	SH	6	RP_32
>Coding Scheme Designator	(0008,0102)	SH	10	RADIOLOG?A
>Code Meaning	(0008,0104)	LO	10	TOMOGRAFO
>New Attribute	(0008,0000)	??	0	
>New Item #2				
Admission ID	(0038,0010)	LO	0	
Issuer of Admission ID	(0038,0011)	LO	0	
Scheduled Procedure Step Sequence	(0040,0100)	SQ	-1	
>Item #1				
>Modality	(0008,0060)	CS	2	CT

Figura 26 – Visualización y modificación de los atributos de un registro de worklist.

También puede verse que los valores de los atributos del ítem, son los mismos que fueron definidos dentro del mensaje HL7 versión 2.5 de tipo ORM-O01 utilizado para su creación.

Más adelante, se explicará más en detalle el mapeo entre la posición de los textos dentro del mensaje con el atributo correspondiente al elemento de Worklist creado.

A través de las pruebas de investigación realizadas desde la interfaz de línea de comandos para la plataforma tecnológica "dcm4chee", se pudo observar como es realizado el envío de mensajes HL7 versión 2.5 de tipo ORM-O01, para el ingreso de ítems en el servidor de Worklist provisto por la misma.

Con esto se corrobora que la plataforma tecnológica recientemente analizada, ofrece el servicio de mensajería HL7 sugerido dentro de las recomendaciones realizadas por el perfil técnico SWF de IHE.

Estudio del "dcmtk"

Se describen las pruebas realizadas desde la interfaz de línea de comandos.

Worklist ítem de ejemplo - archivo plano "wklist1.dump"

```
(0008,0050) SH  00000
(0008,0005) CS  [ISO_IR 100]
(0010,0010) PN  VIVALDI^ANTONIO
(0010,0020) LO  AV35674
(0010,0030) DA  16780304
(0010,0040) CS  M
(0010,2000) LO  METASTASIS
(0010,2110) LO  TANTAL
(0020,000d) UI  1.2.276.0.7230010.3.2.101
(0032,1032) PN  SMITH
(0032,1060) LO  EXAM6
(0040,0100) SQ
(fffe,e000) -
(0008,0060) CS  MR
(0032,1070) LO  BARIUMSULFAT
(0040,0001) AE  AA32\AA33
(0040,0002) DA  19951015
(0040,0003) TM  085607
(0040,0006) PN  JOHNSON
(0040,0007) LO  EXAM74
(0040,0009) SH  SPD3445
(0040,0010) SH  STN456
(0040,0011) SH  B34F56
(0040,0012) LO
(0040,0400) LT
(fffe,e00d) -
(fffe,e0dd) -
(0040,1001) SH  RP454G234
(0040,1003) SH  LOW
```

El fichero "wklist1.dump" debe primero ser convertido a un formato reconocido por el servidor. Esto se realiza mediante la herramienta externa "dump2dcm" (ejecutada desde la línea de comandos), que genera un archivo de tipo "wl", en este caso sería el "wklist1.wl" . El mismo luego debe ser almacenado en la carpeta "/usr/share/libdcmtk2/wlistdb/OFFIS/". De esta forma para pasar a ser ítem de la lista de Worklist del servicio del dcmtk.

La figura 27 muestra la secuencia del ingreso del ítem de Worklist.

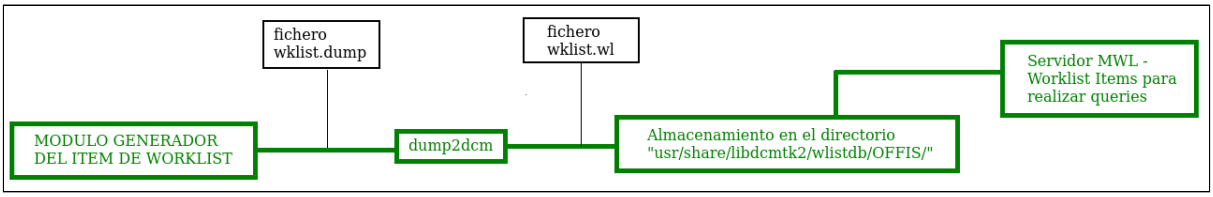


Figura 27 – Secuencia de Ingreso de Ítem de Worklist en "dcmtk".

Como se puede observar, el “dcmtk” no brinda un servicio más directo que escuche en un puerto y automáticamente cree el ítem de Worklist, sino que se debe copiar el archivo de extensión "wl" en la carpeta específica del servidor.

Consulta al servidor de Worklist de ejemplo - archivo plano "wlistqry.dump"

```
#
# Worklist query
#
(0008,0050) SH []                                  # AccessionNumber
(0010,0010) PN []                                  # PatientName
(0010,0020) LO []                                  # PatientID
(0010,0030) DA []                                  # PatientBirthDate
(0010,0040) CS []                                  # PatientSex
(0010,2000) LO []                                  # MedicalAlerts
(0010,2110) LO []                                  # ContrastAllergies
(0020,000d) UI []                                  # StudyInstanceUID
(0032,1032) PN []                                  # RequestingPhysician
(0032,1060) LO []                                  # RequestedProcedureDescription
(0040,0100) SQ                                     # ScheduledProcedureStepSequence
  (fffe,e000) na                                   # ítem
  (fffe,e00d) na (ítemDelimitationítem for re-encoding)   # ítemDelimitationítem
(fffe,e0dd) na (SequenceDelimitationítem for re-encod.) # SequenceDelimitationítem
(0040,1001) SH []                                  # RequestedProcedureID
(0040,1003) SH []                                  # RequestedProcedurePriority
```

La herramienta con que posee esta tecnología para realizar queries es la "findscu". Para la realizar una query en el servidor de MWL, se debe generar un archivo plano que luego deberá ser convertido (también con la herramienta "dump2dcm") a otro fichero con formato reconocido por la herramienta mencionada, que será utilizado como entrada en la invocación de la misma.

La figura 28 muestra la secuencia de consulta de Worklist.

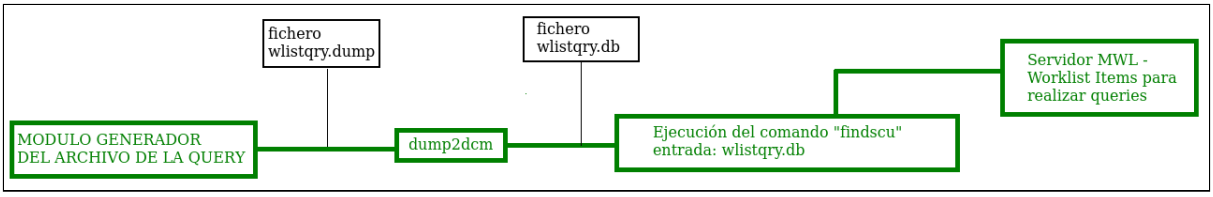


Figura 28 – Secuencia de consulta de Worklist con “dcmtk”.

Al igual que ocurre con la creación de nuevos ítems, tampoco se cuenta con un servicio más directo para ejecutar las consultas. La consulta solamente puede ser invocada desde línea de comando, no se cuenta con una interfaz gráfica para visualizar gráficamente el resultado de la misma.

Para la ejecución de la prueba a continuación, primero se convirtió el archivo plano "wlistqry.dump", a través de la herramienta "dump2dcm", obteniéndose como salida el archivo: "wlistqry.dcm". Este archivo será la entrada para el comando "findscu".

La tabla 16 expone la ejecución y los resultados de una prueba de consulta para obtener todos los ítems de worklist ingresados en el servidor.

Tabla 16 – Pruebas de obtención de todos los ítems ingresados en servidor de MWL provisto por la plataforma "dcmtk".

Ejecución desde interfaz de línea de comando
Comando: findscu -v --call OFFIS 192.168.8.142 11154 wlistqry.dcm
AE Servicio worklist del dcmtk: OFFIS ***IP Servidor*** Debian donde ejecuta el dcmtk: 192.168.8.142 ***Puerto* del servicio** de worklist - wlmscpfs: 11154 ***Fichero con los parámetros de la Query:*** wlistqry.dcm
Despliegue del resultado de la consulta:
I: Requesting Association I: Association Accepted (Max Send PDV: 16372) I: ==================== OUTGOING DIMSE MESSAGE ==================== I: Message Type : C-FIND RQ I: Presentation Context ID : 1 I: Message ID : 1 I: Affected SOP Class UID : FINDModalityWorklistInformationModel I: Data Set : present I: Priority : low I: ===================== END DIMSE MESSAGE ==================== I: Find SCU Request Identifiers: I: I: # Dicom-Data-Set I: # Used TransferSyntax: Little Endian Explicit I: (0010,0010) PN (no value available) # 0, 0 PatientName I: (0032,1064) SQ (Sequence with explicit length #=1) # 32, 1 RequestedProcedureCodeSequence I: (fffe,e000) na (ítem with explicit length #=3) # 24, 1 ítem I: (0008,0100) SH (no value available) # 0, 0 CodeValue I: (0008,0102) SH (no value available) # 0, 0 CodingSchemeDesignator I: (0008,0104) LO (no value available) # 0, 0 CodeMeaning I: (fffe,e00d) na (ítemDelimitationítem for re-encoding) # 0, 0 ítemDelimitationítem I: (fffe,e0dd) na (SequenceDelimitationítem for re-encod.) # 0, 0 SequenceDelimitationítem I: W: ---------- W: Find Response: 1 (Pending) W: W: # Dicom-Data-Set W: # Used TransferSyntax: Little Endian Explicit W: (0010,0010) PN [VIVALDIT^ANTONIO] # 16, 1 PatientName W: W: ---------- W: Find Response: 2 (Pending) W: W: # Dicom-Data-Set W: # Used TransferSyntax: Little Endian Explicit

```
W: (0010,0010) PN [VIVALDI^ANTONIO ]                    #  16, 1 PatientName
W:
W: ----------------------------
W: Find Response: 3 (Pending)
W:
W: # Dicom-Data-Set
W: # Used TransferSyntax: Little Endian Explicit
W: (0010,0010) PN [VIVEEI^ANTIO2G]                      #  14, 1 PatientName
W:
W: ----------------------------
W: Find Response: 4 (Pending)
W:
W: # Dicom-Data-Set
W: # Used TransferSyntax: Little Endian Explicit
W: (0010,0010) PN [VIVEEI^ANTIO2G]                      #  14, 1 PatientName
W:
W: ----------------------------
W: Find Response: 5 (Pending)
W:
W: # Dicom-Data-Set
W: # Used TransferSyntax: Little Endian Explicit
W: (0010,0010) PN [VIVEI^ANTIOg]                        #  12, 1 PatientName
W:
W: ----------------------------
W: Find Response: 6 (Pending)
W:
W: # Dicom-Data-Set
W: # Used TransferSyntax: Little Endian Explicit
W: (0010,0010) PN [VIVI^ANTIO]                          #  10, 1 PatientName
W:
W: ----------------------------
W: Find Response: 7 (Pending)
W:
W: # Dicom-Data-Set
W: # Used TransferSyntax: Little Endian Explicit
W: (0010,0010) PN [VIVALDI^ANTONIO ]                    #  16, 1 PatientName
W:
I: ===================== INCOMING DIMSE MESSAGE ====================
I: Message Type                  : C-FIND RSP
I: Message ID Being Responded To : 1
I: Affected SOP Class UID        : FINDModalityWorklistInformationModel
I: Data Set                      : none
I: DIMSE Status                  : 0x0000: Success
I: ======================== END DIMSE MESSAGE ======================
I: Releasing Association
```

Observaciones:

El comando de ejemplo retornó como salida todos los ítems de Worklist (en este caso son siete) que se encuentran ingresados en el servidor de MWL.

A través de las pruebas de investigación realizadas desde la interfaz de línea de comandos para la plataforma tecnológica "dcmtk", se pudo observar cómo es ingresado un nuevo ítem de worklist a través de un archivo plano, lo cual es más fácil de crear que un mensaje en formato HL7. Sin embargo luego se requiere convertir dicho archivo a un formato específico y a continuación copiarlo a una carpeta del sistema perteneciente al servicio de worklist provisto por la tecnología estudiada. Esto confirma lo complicado que es el mantenimiento de esta plataforma y además el hecho de que no cuenta con servidor de mensajería HL7, lo cual es sugerido por el perfil SWF de IHE.

Estudios utilizando Emulador de Modalidad

Se describen las pruebas realizadas desde el equipo anfitrión en Windows con la herramienta "DVTK", que es un emulador de Modalidad [50].

Estudio con "dcm4chee"

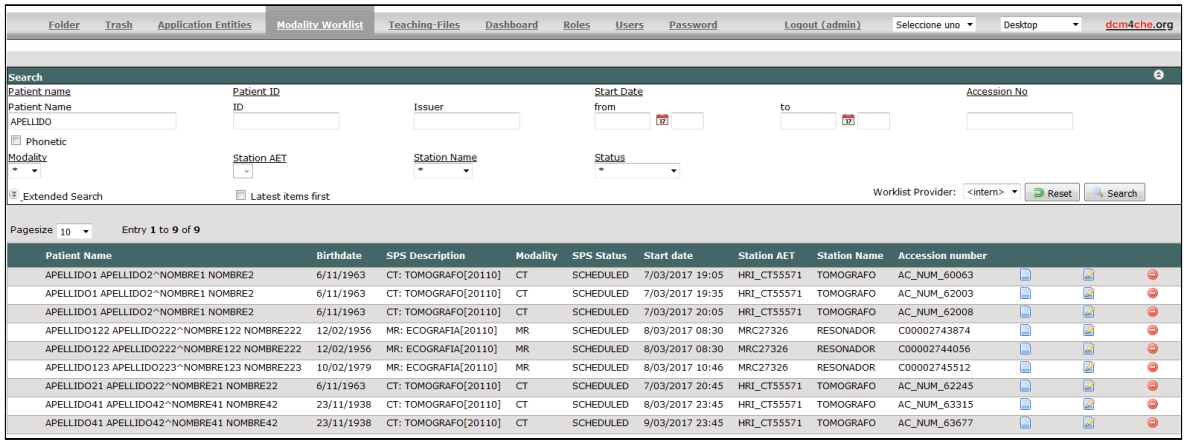


Figura 29 – Listado del servidor de Worklist con los registros ingresados para las pruebas de investigación.

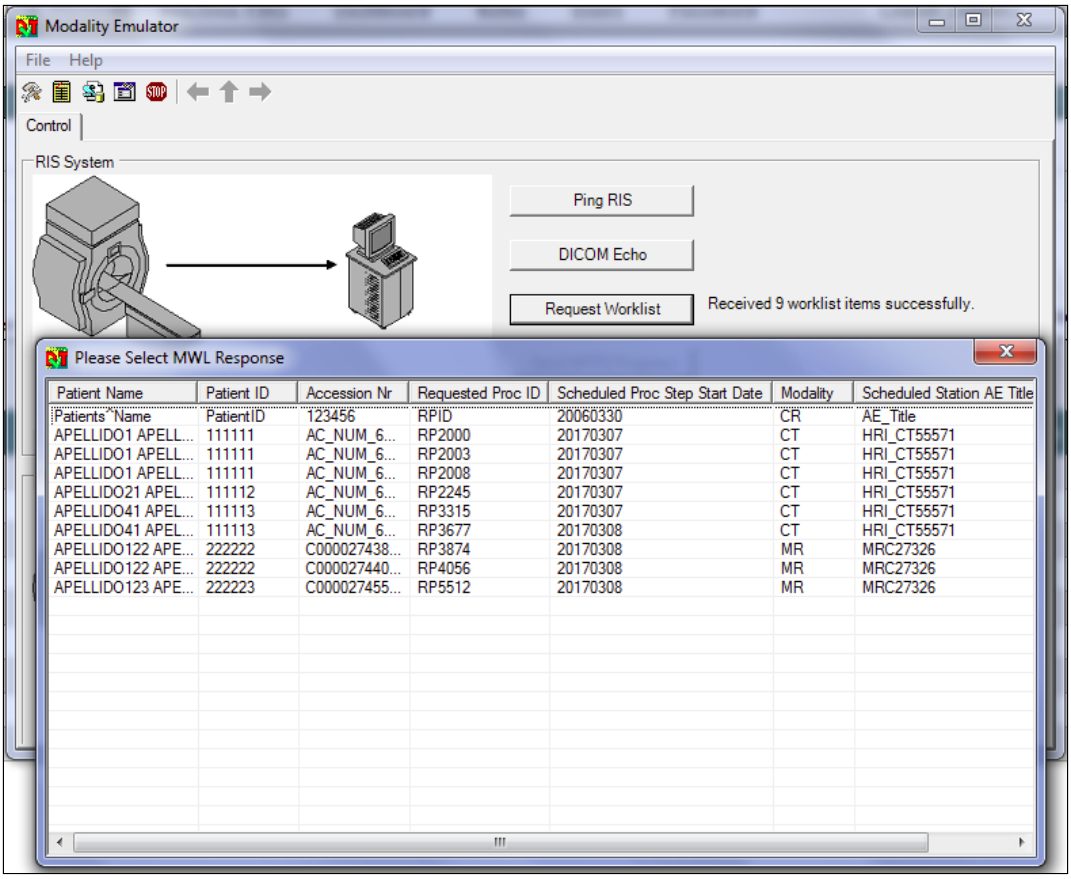


Figura 30 – Consulta de la lista de Worklist desde el emulador.

En la figura 31 se observa la creación de la instancia de MPPS con valor de estado igual a “STARTED”.

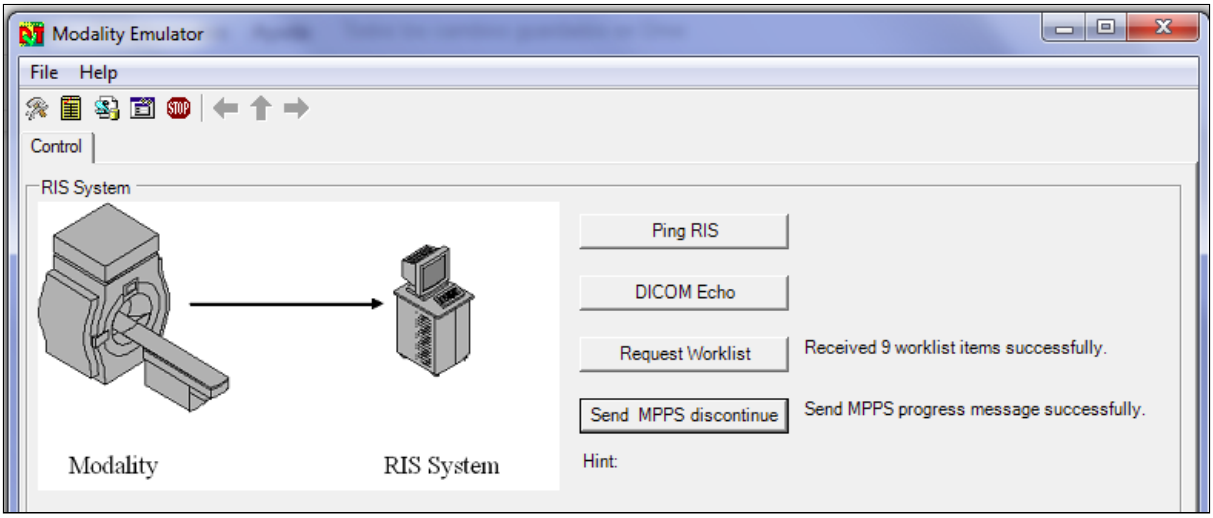
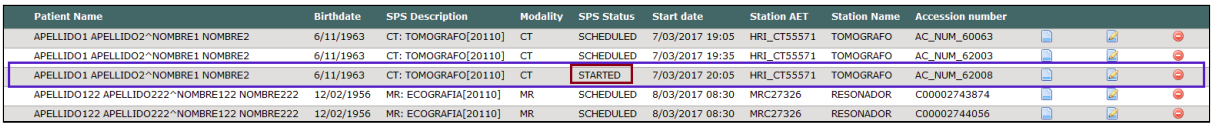


Figura 31 – Se seleccionó uno de los ítems de la lista y se procedió a la creación de la instancia de MPPS.

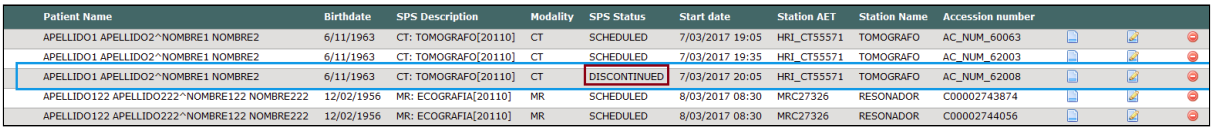
La figura 32 muestra el nuevo valor del atributo de estado del ítem, el atributo “SPS Status” visualizado desde la interfaz del “dcm4chee”, con valor igual a “STARTED”.



Patient Name	Birthdate	SPS Description	Modality	SPS Status	Start date	Station AET	Station Name	Accession number
APELLIDO1 APELLIDO2^NOMBRE1 NOMBRE2	6/11/1963	CT: TOMOGRAFO[20110]	CT	SCHEDULED	7/03/2017 19:05	HRI_CT55571	TOMOGRAFO	AC_NUM_60063
APELLIDO1 APELLIDO2^NOMBRE1 NOMBRE2	6/11/1963	CT: TOMOGRAFO[20110]	CT	SCHEDULED	7/03/2017 19:35	HRI_CT55571	TOMOGRAFO	AC_NUM_62003
APELLIDO1 APELLIDO2^NOMBRE1 NOMBRE2	6/11/1963	CT: TOMOGRAFO[20110]	CT	STARTED	7/03/2017 20:05	HRI_CT55571	TOMOGRAFO	AC_NUM_62008
APELLIDO122 APELLIDO222^NOMBRE122 NOMBRE222	12/02/1956	MR: ECOGRAFIA[20110]	MR	SCHEDULED	8/03/2017 08:30	MRC27326	RESONADOR	C00002743874
APELLIDO122 APELLIDO222^NOMBRE122 NOMBRE222	12/02/1956	MR: ECOGRAFIA[20110]	MR	SCHEDULED	8/03/2017 08:30	MRC27326	RESONADOR	C00002744056

Figura 32 – El nuevo valor del atributo de estado del registro pasó a ser "STARTED".

Luego se procede a crear desde el emulador la instancia MPPS con estado igual a "DISCONTINUED". La figura 33 muestra el nuevo valor del atributo de estado del ítem, el atributo "SPS Status" visualizado desde el "dcm4chee", con valor igual a "DISCONTINUED".



Patient Name	Birthdate	SPS Description	Modality	SPS Status	Start date	Station AET	Station Name	Accession number
APELLIDO1 APELLIDO2^NOMBRE1 NOMBRE2	6/11/1963	CT: TOMOGRAFO[20110]	CT	SCHEDULED	7/03/2017 19:05	HRI_CT55571	TOMOGRAFO	AC_NUM_60063
APELLIDO1 APELLIDO2^NOMBRE1 NOMBRE2	6/11/1963	CT: TOMOGRAFO[20110]	CT	SCHEDULED	7/03/2017 19:35	HRI_CT55571	TOMOGRAFO	AC_NUM_62003
APELLIDO1 APELLIDO2^NOMBRE1 NOMBRE2	6/11/1963	CT: TOMOGRAFO[20110]	CT	DISCONTINUED	7/03/2017 20:05	HRI_CT55571	TOMOGRAFO	AC_NUM_62008
APELLIDO122 APELLIDO222^NOMBRE122 NOMBRE222	12/02/1956	MR: ECOGRAFIA[20110]	MR	SCHEDULED	8/03/2017 08:30	MRC27326	RESONADOR	C00002743874
APELLIDO122 APELLIDO222^NOMBRE122 NOMBRE222	12/02/1956	MR: ECOGRAFIA[20110]	MR	SCHEDULED	8/03/2017 08:30	MRC27326	RESONADOR	C00002744056

Figura 33 – El nuevo valor del atributo de estado del registro pasó a ser "DISCONTINUED".

En el caso de este emulador, solamente permite crear instancias de MPPS con valor de estado igual a "STARTED" o "DISCONTINUED".

Al observarse que a través del emulador de modalidad, se pudieron crear las instancias de MPPS que modificaron correctamente el valor del estado del ítem de worklist seleccionado desde el servidor de MWL, se puede concluir que las pruebas realizadas de Modality Worklist y de MPPS con la plataforma tecnológica "dcm4chee" resultaron exitosas con el emulador de modalidad "DVTK".

Estudio con "dcmtk"

En la figura 34 se observa la configuración del servidor de dcmtk en el Emulador.

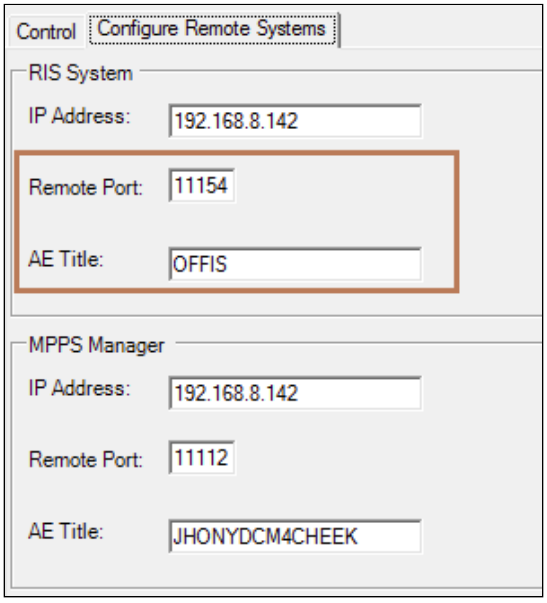


Figura 34 – Cambio en la Configuración del emulador para que el servidor de MWL corresponda al de la plataforma "dcmtk".

Como puede observarse, el servidor de MPPS utilizado para la prueba es el correspondiente al "dcm4chee". De esta forma se estaría probando mediante la combinación de las dos tecnologías estudiadas.

La figura 35 muestra la solicitud y despliegue de los registros de Worklist de prueba ingresados en el servidor de MWL provisto por el "dcmtk".

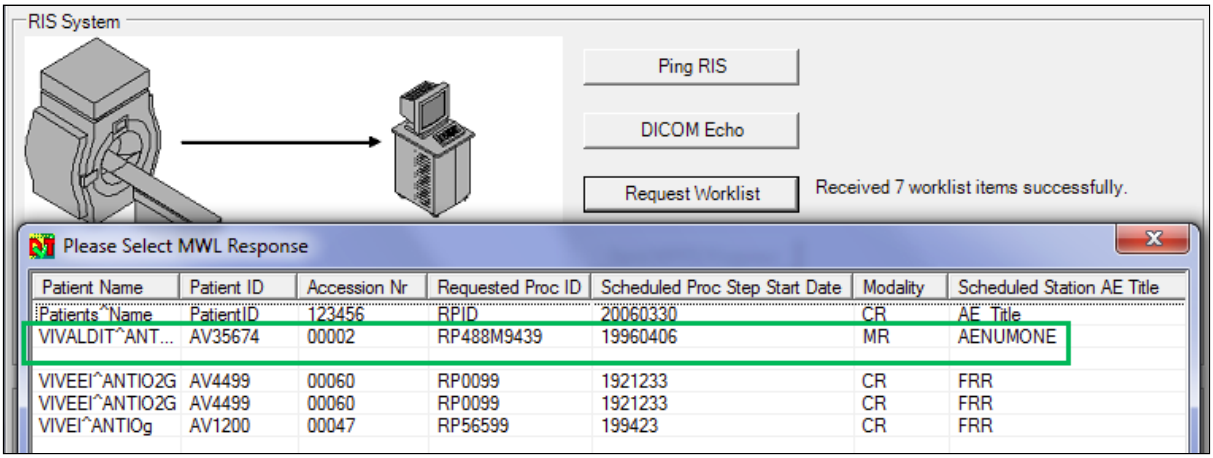


Figura 35 – Consulta de la lista de Worklist desde el emulador.

Luego de seleccionar el elemento, se ejecuta la creación de la instancia de MPPS.

La figura 36 muestra la creación de la instancia de MPPS con estado igual a “STARTED”.

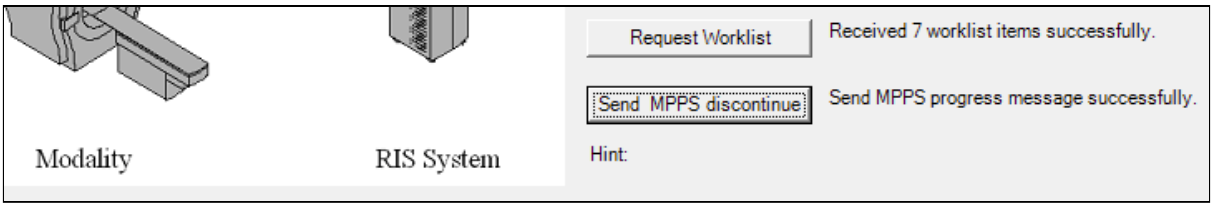


Figura 36 – Creación de la instancia de MPPS con estado igual a “STARTED”.

La figura 37 muestra la consulta de la instancia de mpps creada en la base de datos del “dcm4chee”.

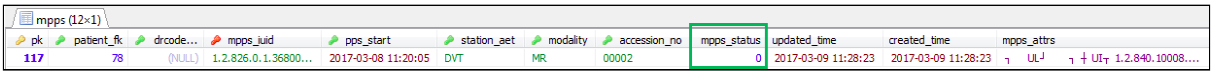


Figura 37 – Instancia de MPPS en la base de datos. El valor del campo “mpps_status” es igual a cero, lo cual codifica el estado correspondiente a “STARTED”.

En la figura 38 se muestra que en la base de datos, también se genera un nuevo registro con los datos del paciente del ítem que fue seleccionado desde el “dcmtk”.

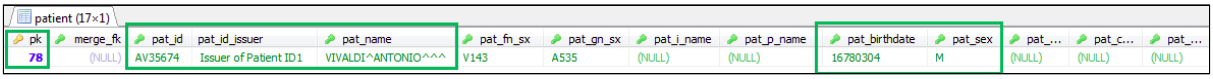


Figura 38 – Datos almacenados en el paciente seleccionado del ítem de worklist.

En la figura 39 se muestra la creación de instancia de MPPS con estado de “DISCONTINUED”.

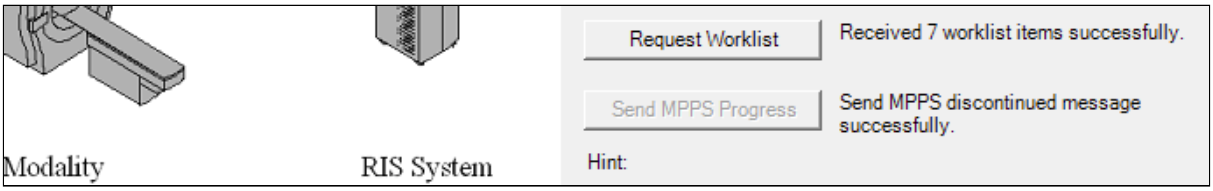
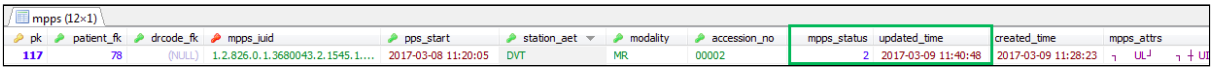


Figura 39 – El nuevo valor del atributo de estado del registro pasó a ser “DISCONTINUED”.

La figura 40 muestra la consulta de la instancia de mpps creada anteriormente, modificada en la base de datos del “dcm4chee”.


mpps (12×1)

pk	patient_fk	drcode_fk	mpps_iuid	pps_start	station_aet	modality	accession_no	mpps_status	updated_time	created_time	mpps_attrs
117	78	(NULL)	1.2.826.0.1.3680043.2.1545.1....	2017-03-08 11:20:05	DVT	MR	00002	2	2017-03-09 11:40:48	2017-03-09 11:28:23	ר UL ר UI

Figura 40 – Instancia de MPPS en la base de datos. El valor del campo “mpps_status” es igual a dos, lo cual codifica el estado correspondiente a “DISCONTINUED”.

Se puede observar que en la tabla también se registra la fecha en la cuales la instancia de MPPS fue creada y actualizada.

A través del servicio de MWL del “dcmtk”, no puede verse reflejado el cambio en valor del atributo de estado correspondiente al registro de worklist seleccionado. Esto es debido a que el servidor de MWL del “dcmtk” no tiene conección con el servidor de MWL de “dcm4chee”. Tampoco el servidor de MPPS del “dcm4chee” posee conección con el de “dcmtk”.

Al observarse que a través del emulador de modalidad se pudieron crear las instancias de MPPS que modificaron correctamente el valor del estado del ítem de worklist seleccionado desde el servidor de MWL, se puede concluir que las pruebas realizadas de Modality Worklist con la plataforma tecnológica “dcmtk”, utilizando el servicio de MPPS provisto por la plataforma "dcm4chee", resultaron exitosas con el emulador de modalidad “DVTK”.

Dificultades presentadas con el "dcmtk"

- El cambio en el estado no se puede consultar con ninguna herramienta externa provista por el propio "dcmtk".

- Para consultar el cambio del atributo estado del registro de Worklist, definido por el estado de la instancia de MPPS asociada, se debe acceder directamente a la base de datos del propio dcm4chee.

- Esto implicaría un desarrollo que necesariamente deberá acceder de forma directa a la base de datos.

- Ninguna de las dificultades mencionadas ocurren con la tecnología "dcm4chee".

Estudios realizados con las Modalidades de Adquisición de Imágenes

Se utilizaron equipos pertenecientes al Departamento de Radiología del Hospital para realizar los estudios directamente con equipamiento.

Antes de comenzar con las pruebas llevadas a cabo para el estudio, se tuvo que consultar el documento DICOM Conformance Statement correspondiente a cada una de las Modalidades, para verificar si contaban con soporte de rol de SCU tanto para Modality Worklist como para MPPS.

El cambio en la configuración de las modalidades, que implica asignar el IP, puerto y AE de los servidores de MWL y MPPS, solamente puede ser realizado por los proveedores del equipamiento, no por la División Informática de la Institución.

Estudio con Radiología Convencional

La primer prueba con modalidades de adquisición de imágenes, fue realizada con el equipo de Radiología Convencional perteneciente al departamento de Radiología de la Institución. El modelo corresponde a un “FCR Capsula XLII” [51].

Se utilizó como servidor el mismo equipo virtual que fue utilizado en las pruebas de investigación con el emulador de modalidad. La idea fue primero asignar a la modalidad el servidor de MWL de la plataforma “dcm4chee” y luego el de “dcmtk”. No se probó el servidor de MPPS.

El DICOM Conformance Statement correspondiente al equipo, confirma que el mismo tiene soporte para rol de SCU (usuario) del servicio DICOM de MWL [52].

La tabla 17 describe la especificación del equipo, la forma en que fueron llevadas a cabo las pruebas de investigación y una descripción de lo observado en las mismas.

Tabla 17 – Descripción del equipo de Radiología Convencional y del proceso de pruebas.

Equipo: Fuji del sector de Radiología Convencional de Radiología.
Modelo: FUJIFILM CR - Console FCR Capsula XLII - DR-ID 300 CL , con APL Software V7.4.0017.
Modalidad CR
Se fue configurando el equipo, modificando el valor de la IP del servidor de MWL y el de su AE que diferencia entre el servicio del dcm4chee y el del dcmtk.
1. Servicio de MWL del dcm4chee - AET: “JHONYDCM4CHEEK”
Resultado: Los datos de la Worklist fueron obtenidos exitosamente.
2. Servicio de MWL del dcmtk - AET: “OFFIS”
Resultado: Los datos de la Worklist fueron obtenidos exitosamente.
No se realizaron pruebas con el servidor de MPPS.
Observaciones: La Workstation del Equipo no realiza filtros por la modalidad, obtiene todo lo almacenado en el servidor de MWL, desplegando tareas que no corresponden a la Modalidad. Esto podría convertirse en fuente de potenciales problemas de seguridad.

En base a las observaciones descritas en la tabla 17, se concluye que esta primera prueba realizada directamente con una modalidad de adquisición de imágenes, resultó exitosa porque se pudo obtener la lista de todos los registros ingresados en el servidor de MWL provenientes de cada una de las dos plataformas tecnológicas estudiadas (del servidor de worklist provisto por la plataforma "dcm4chee" y por el otro servidor provisto por la plataforma "dcmtk").

Estudio con el Resonador Magnético

Se utilizó como servidor el mismo equipo virtual que fue utilizado en las pruebas con el emulador de modalidad. El modelo del Resonador Magnético corresponde a un "MAGNETOM Avanto" [53].

La idea fue primero asignar a la modalidad el servidor de MWL de la plataforma “dcm4chee” y luego el de “dcmtk”. Se utilizó como servidor de MPPS el provisto por la plataforma “dcm4chee”.

El DICOM Conformance Statement correspondiente al Resonador Magnético, confirma que el mismo tiene soporte para rol de SCU (usuario) del servicio DICOM de MWL y de MPPS [54].

La tabla 18 describe la especificación del equipo, la forma en que fueron llevadas a cabo las pruebas de investigación y una descripción de lo observado en las mismas.

Tabla 18 – Descripción del equipo de Resonancia Magnética y del proceso de pruebas.

Equipo: Resonador Magnético
Modelo: Siemens - MAGNETOM Avanto - con sistema syngo MR B17, Numaris/4.
Modalidad MR
Se fue configurando el equipo, modificando el valor de la IP del servidor de MWL y el de su AE que diferencia entre el servicio del dcm4chee y el del dcmtk.
1. Servicio del dcm4chee - AET: “JHONYDCM4CHEEK”
Los datos de la Worklist fueron obtenidos exitosamente.
2. Servicio del dcmtk - AET: “OFFIS”
Los datos de la Worklist fueron obtenidos exitosamente.
Se cambió la configuración del equipo, para que el servidor de MPPS corresponda al del MPPS del dcm4chee, que en este caso es el único.
Los cambios en el estado del ítem del Worklist fueron exitosos.
Observaciones: La Workstation del Equipo realiza filtros por la modalidad, brindando mayor seguridad, al solamente desplegar las tareas correspondientes a la modalidad de MR.

Las siguientes imágenes fueron tomadas en el transcurso de las pruebas realizadas de investigación de las tecnologías de Worklist con la modalidad de adquisición de imágenes correspondiente al Resonador Magnético. Las imágenes correspondientes al workstation e interfaces del Resonador forman parte del sistema operativo instalado en el propio equipo por su proveedor. El mismo se encuentra funcionando desde hace casi diez años; por tanto su proceso de instalación, configuración y mantenimiento no forman parte de este proyecto.

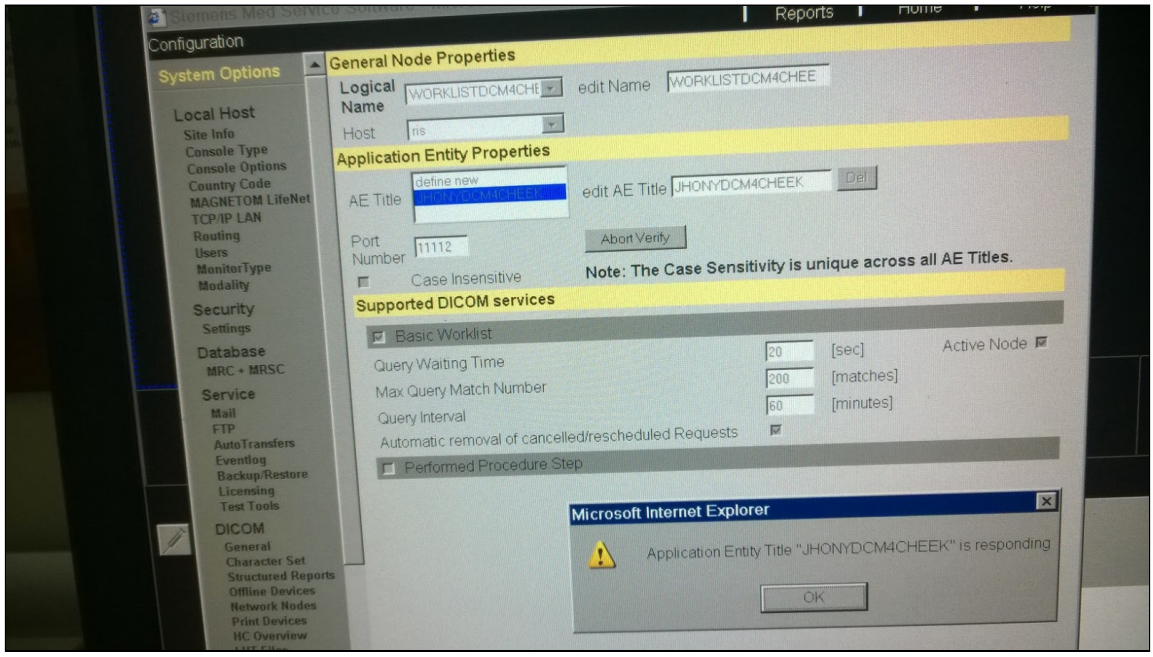


Figura 41 – Configuración desde la Workstation del Resonador Magnético, para que el mismo utilice como servidor de MWL el provisto por la plataforma "dcm4chee".

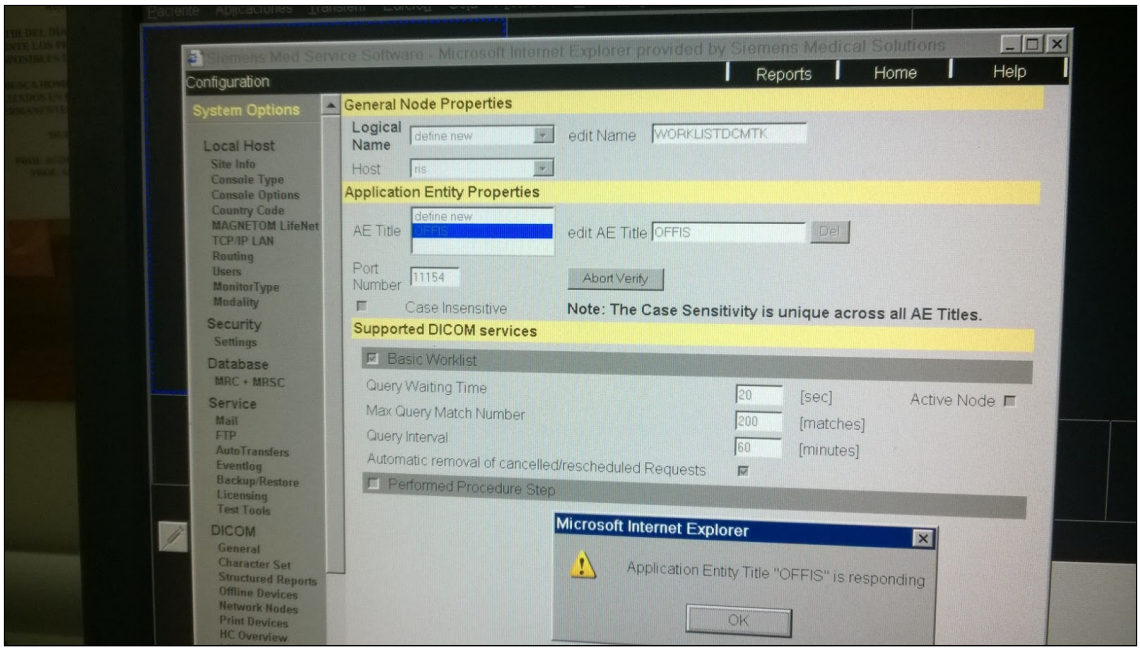


Figura 42 – Configuración desde la Workstation del Resonador Magnético, para que el mismo utilice como servidor de MWL el provisto por la plataforma "dcmtk".

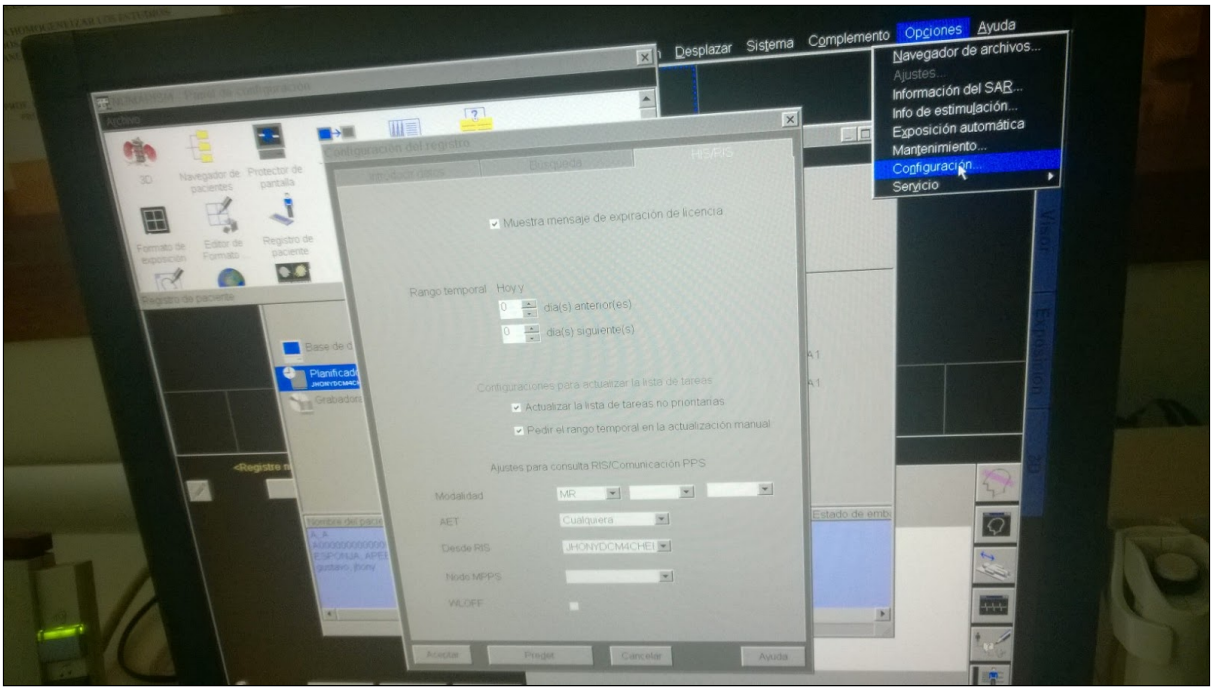


Figura 43 – Configuración del filtro de registros que puede recibir el listado de worklist solicitado desde la Workstation. En este caso se está exigiendo que sean todos los que tienen como atributo el valor de modalidad igual a "MR".

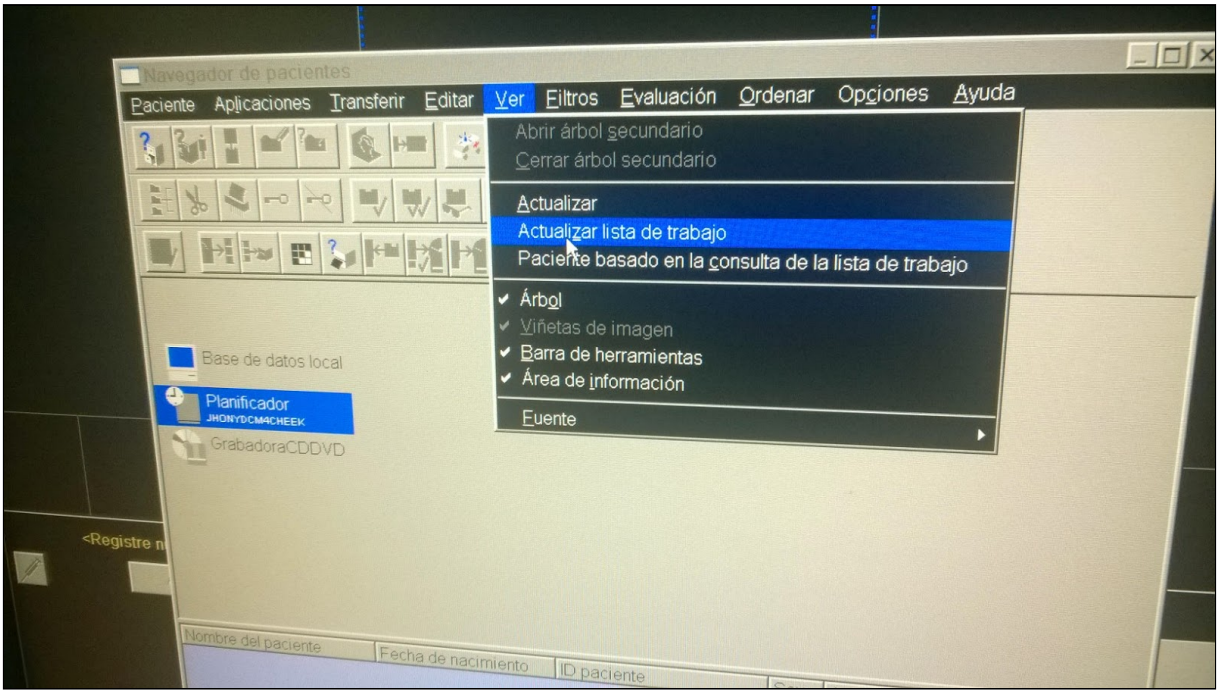


Figura 44 – Desde la Workstation de la modalidad, se solicitan los registros ingresados en el servidor de MWL configurado.

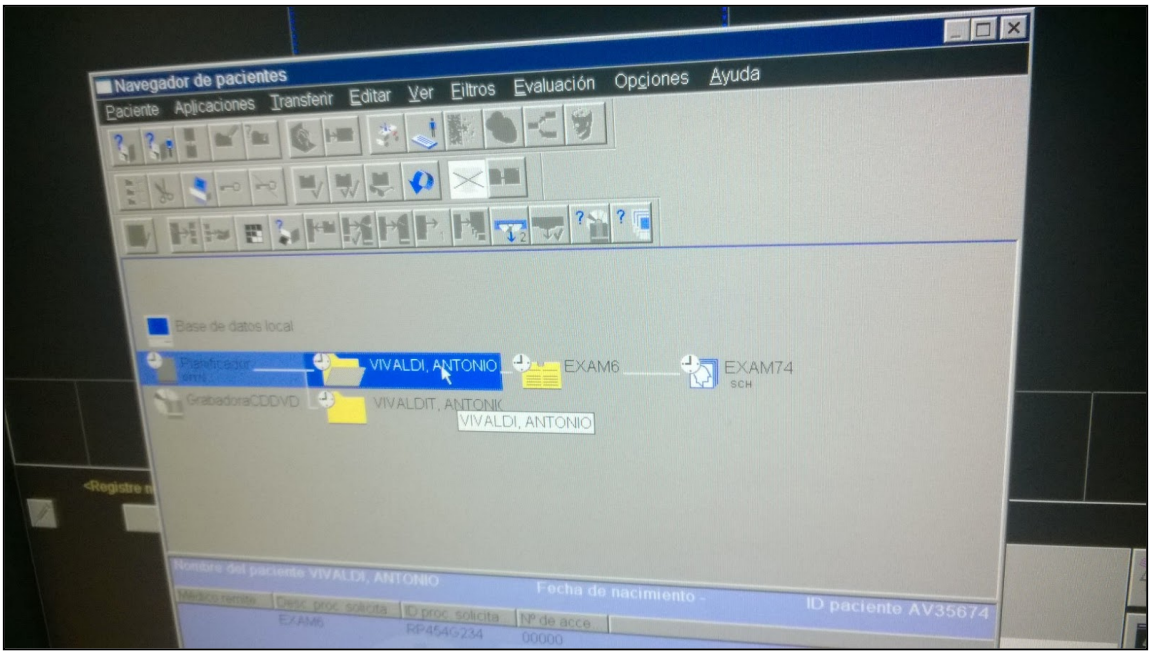


Figura 45 – Despliegue en la Workstation de los registros solicitados al servidor de MWL correspondiente a la plataforma "dcmtk".

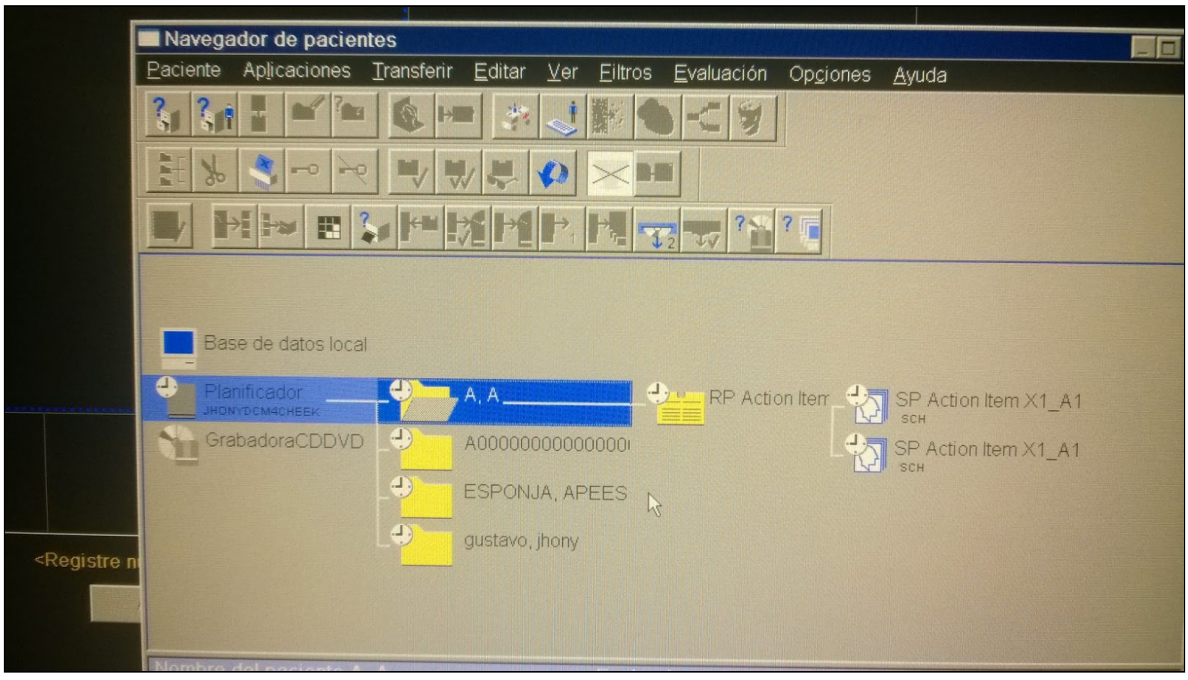


Figura 46 – Despliegue en la Workstation de los registros solicitados al servidor de MWL correspondiente a la plataforma "dcm4chee".

Las siguiente imágenes forman parte de una prueba que consiste en seleccionar uno de los ítems de worklist provisto por el servidor de "dcm4chee", para luego proceder a ejecutar el estudio, con el fin de verificar si el estado del ítem seleccionado fue correctamente modificado.

En la figura 47 se observan los ítems con estado inicial igual a "SCHEDULED".

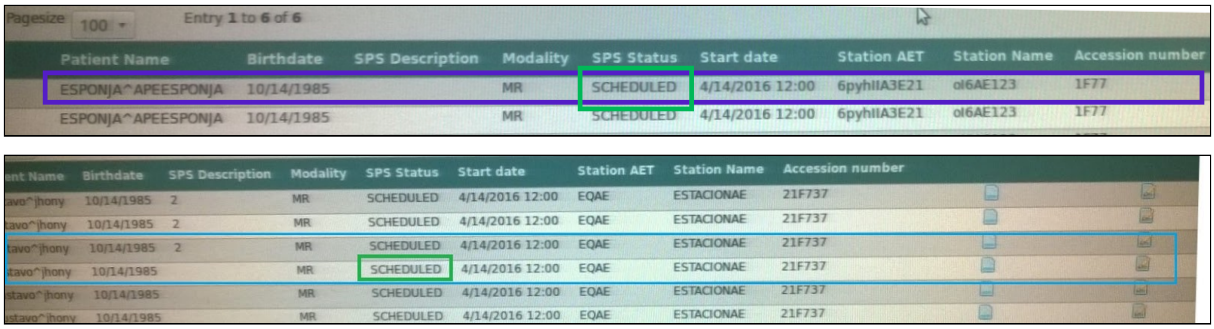


Figura 47 – Registros de prueba de MWL ingresados en la plataforma "dcm4chee".

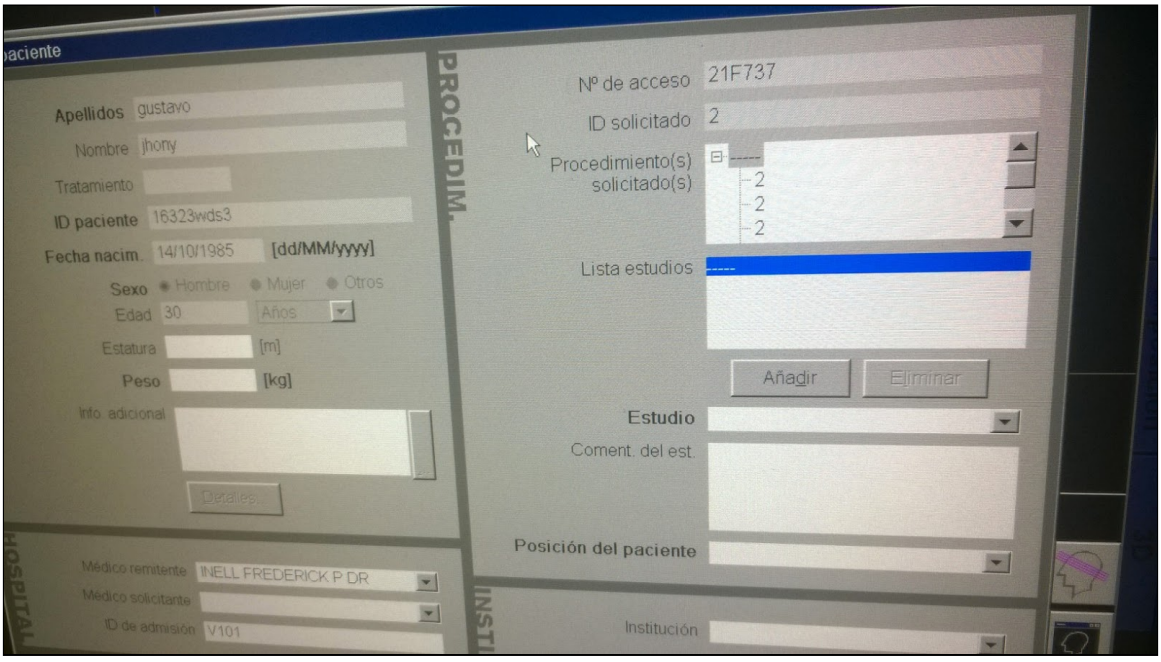


Figura 48 – Despliegue en la Workstation de los datos de la persona y del estudio correspondiente a un ítem de Worklist seleccionado.

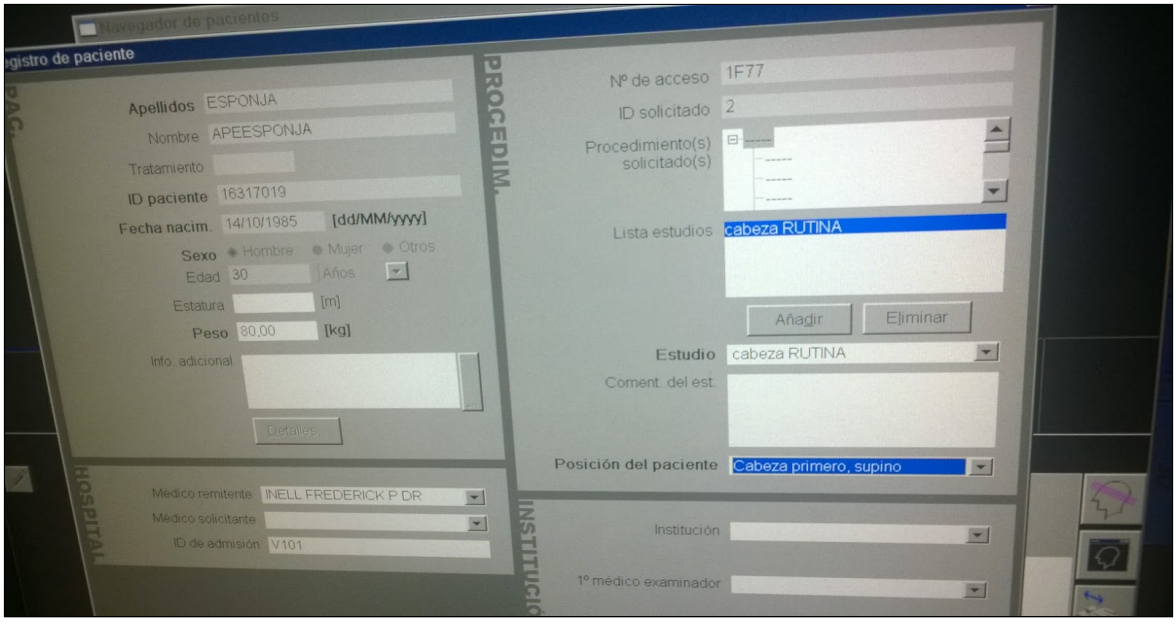


Figura 49 – Otro ejemplo de despliegue de los datos de la persona y del estudio.

Las siguiente imagen forma parte de la ejecución del estudio seleccionado desde la Workstation de la modalidad de Resonancia Magnética.

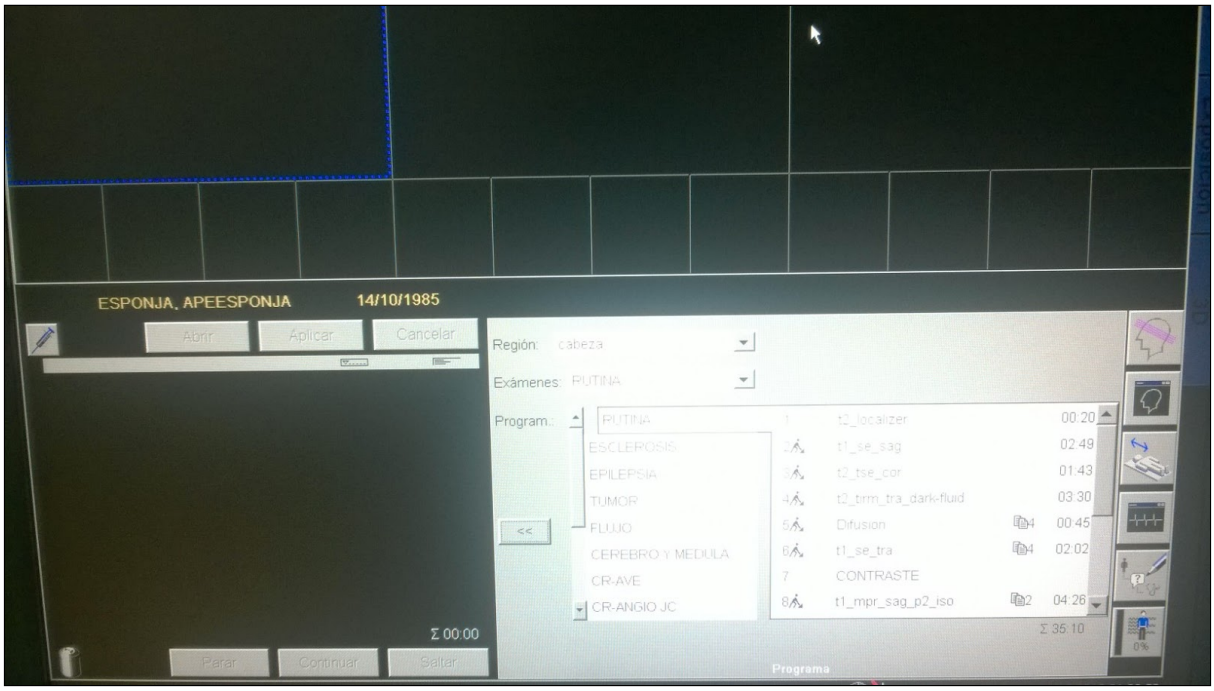
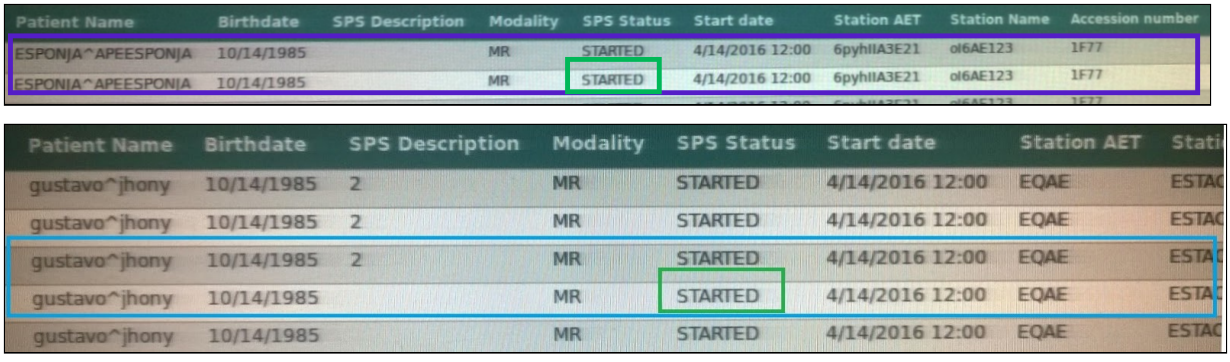


Figura 50 – Seguimiento de la ejecución del estudio de prueba desde la workstation.

Como puede observarse en la figura 51, en los ítems que fueron seleccionados para la ejecución del estudio, el valor del atributo “SPS Status” fue modificado por “STARTED”. Ese valor es el correcto, ya que corresponde a un estudio que se le dió la orden de iniciar su respectiva ejecución.



Patient Name	Birthdate	SPS Description	Modality	SPS Status	Start date	Station AET	Station Name	Accession number
ESPONJA^APEESPONJA	10/14/1985		MR	STARTED	4/14/2016 12:00	6pyhIIA3E21	ol6AE123	1F77
ESPONJA^APEESPONJA	10/14/1985		MR	STARTED	4/14/2016 12:00	6pyhIIA3E21	ol6AE123	1F77

Patient Name	Birthdate	SPS Description	Modality	SPS Status	Start date	Station AET	Stati
gustavo^jhony	10/14/1985	2	MR	STARTED	4/14/2016 12:00	EQAE	ESTAC
gustavo^jhony	10/14/1985	2	MR	STARTED	4/14/2016 12:00	EQAE	ESTAC
gustavo^jhony	10/14/1985	2	MR	STARTED	4/14/2016 12:00	EQAE	ESTAC
gustavo^jhony	10/14/1985		MR	STARTED	4/14/2016 12:00	EQAE	ESTAC
gustavo^jhony	10/14/1985		MR	STARTED	4/14/2016 12:00	EQAE	ESTAC

Figura 51 – El valor del atributo de estado pasó de “SCHEDULED” a “STARTED” .

Se concluye que la prueba con la modalidad correspondiente a Resonancia Magnética salió exitosa porque se pudo obtener desde su workstation la lista de todos los registros ingresados en el servidor de MWL provenientes de las dos plataformas tecnológicas estudiadas. Además las pruebas del servicio de MPPS también resultaron exitosas ya que el estado de los ítems de worklist seleccionados fue correctamente modificado.

Estudio con el Tomógrafo

Al igual que en las pruebas realizadas en el Resonador, también se utilizó como servidor el mismo equipo virtual que fue utilizado en las pruebas con el emulador de modalidad. El modelo del Tomógrafo corresponde a un "SOMATOM Sensation" [55].

La idea fue primero asignar a la modalidad el servidor de MWL de la plataforma “dcm4chee” y luego el de “dcmtk”. Se utilizó como servidor de MPPS el provisto por la plataforma “dcm4chee”.

El DICOM Conformance Statement correspondiente al Tomógrafo, confirma que el mismo tiene soporte para rol de SCU (usuario) del servicio DICOM de MWL y de MPPS [56].

La tabla 19 describe la especificación del equipo, la forma en que fueron llevadas a cabo las pruebas de investigación y una descripción de lo observado en las mismas.

Tabla 19 – Descripción del equipo de Tomografía Computada y del proceso de pruebas.

Equipo: Tomógrafo
Modelo: Siemens - SOMATOM Sensation 64, con sistema Somaris/5 syngo CT 2014 A.
Modalidad CT
Se fue configurando el equipo, modificando el valor de la IP del servidor de MWL y el de su AE que diferencia entre el servicio del dcm4chee y el del dcmtk.
1. Servicio del dcm4chee - AET: “JHONYDCM4CHEEK“
Los datos de la Worklist fueron obtenidos exitosamente.
2. Servicio del dcmtk - AET: “OFFIS“
Los datos de la Worklist fueron obtenidos exitosamente.
Se cambió la configuración del equipo, para que el servidor de MPPS corresponda al del MPPS del dcm4chee, que en este caso es el único.
Los cambios en el estado del ítem del Worklist fueron exitosos.
Observaciones: La Workstation del Equipo realiza filtros por la modalidad, brindando mayor seguridad, al solamente desplegar las tareas correspondientes a la modalidad CT.

Las pruebas son muy similares a las que fueron realizadas con el Resonador Magnético. Sus respectivas workstations poseen sistemas operativos e interfaces

gráficas muy similares. Las siguientes imágenes fueron tomadas en el transcurso de las pruebas realizadas de investigación de las tecnologías de Worklist con la modalidad de adquisición de imágenes correspondiente al Tomógrafo, donde las imágenes correspondientes al workstation e interfaces del Tomógrafo forman parte del sistema operativo instalado en el propio equipo por su proveedor.

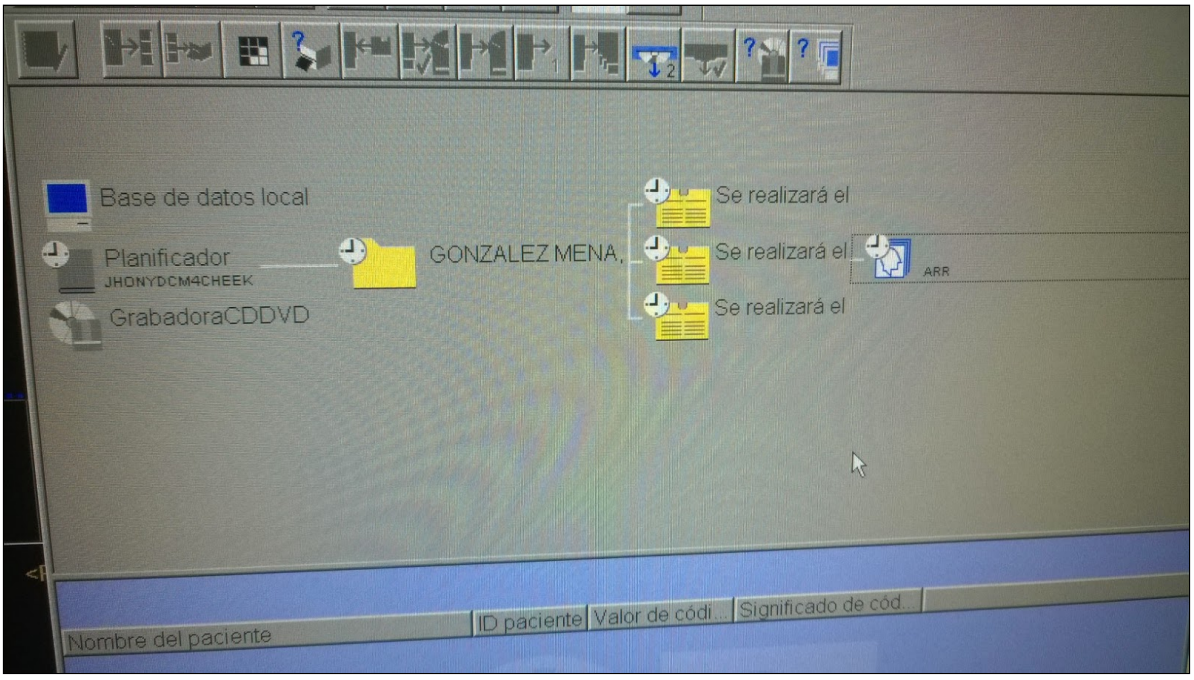


Figura 52 – Despliegue desde la workstation del Tomógrafo de algunos registros ingresados en el servidor de MWL correspondiente a la plataforma "dcm4chee".

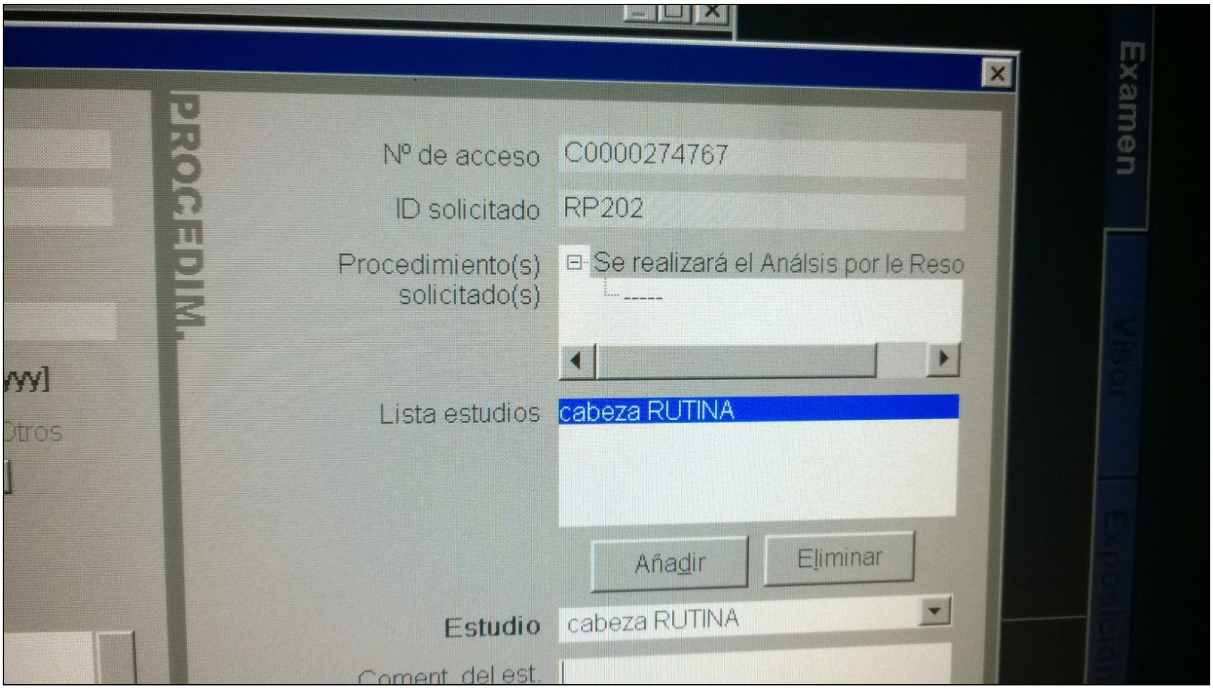


Figura 53 –Despliegue en la Workstation de los datos del estudio correspondiente a un ítem de Worklist seleccionado.

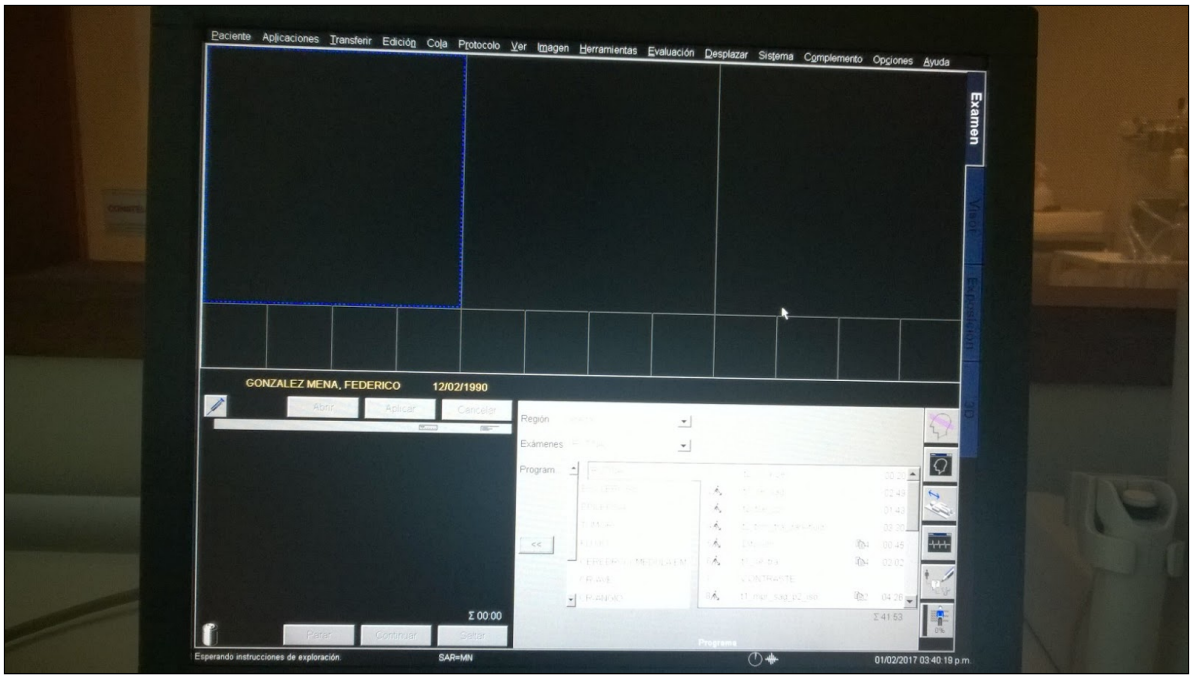


Figura 54 – Seguimiento de la ejecución del estudio de prueba desde el Tomógrafo.

Como puede observarse, los casos de uso de las pruebas realizadas son prácticamente los mismos que los realizados en las pruebas de la Modalidad anterior.

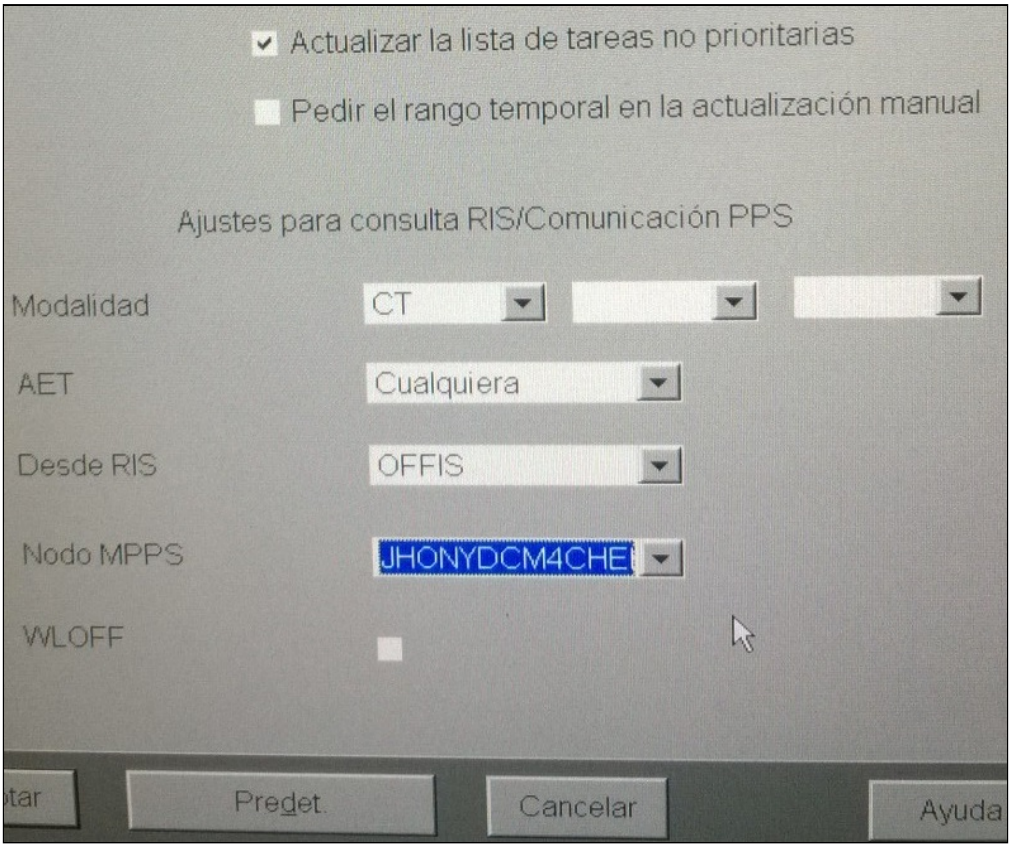


Figura 55 – Configuración en el workstation del Tomógrafo del servidor de worklist provisto por el "dcmtk" junto al mpps provisto por el "dcm4chee".

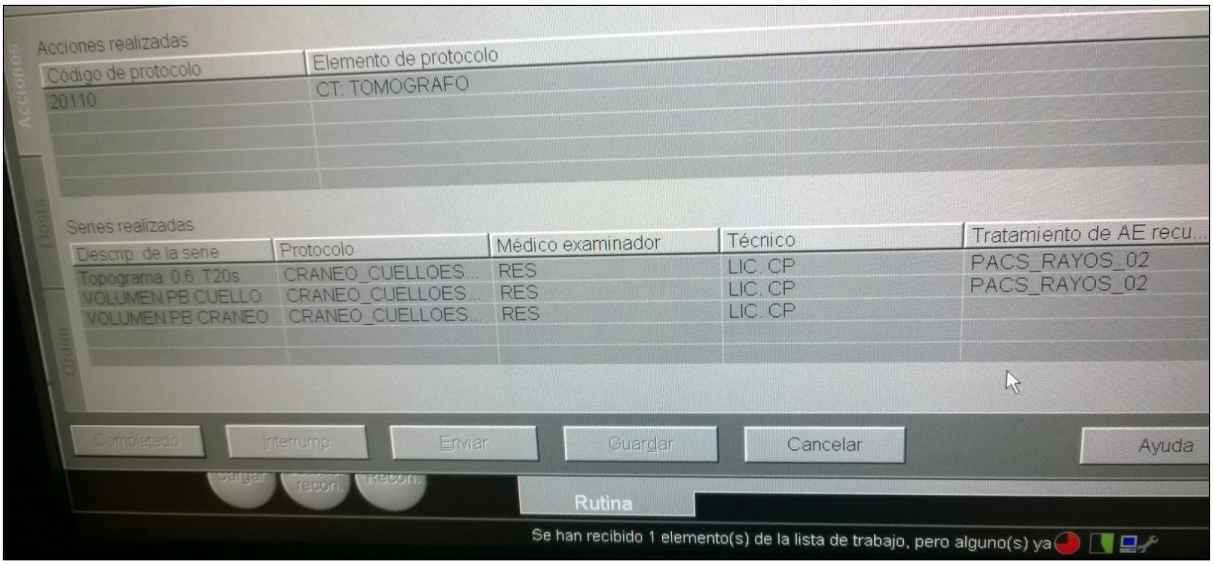


Figura 56 – Despliegue en el workstation de atributos del estudio ejecutado en la prueba.

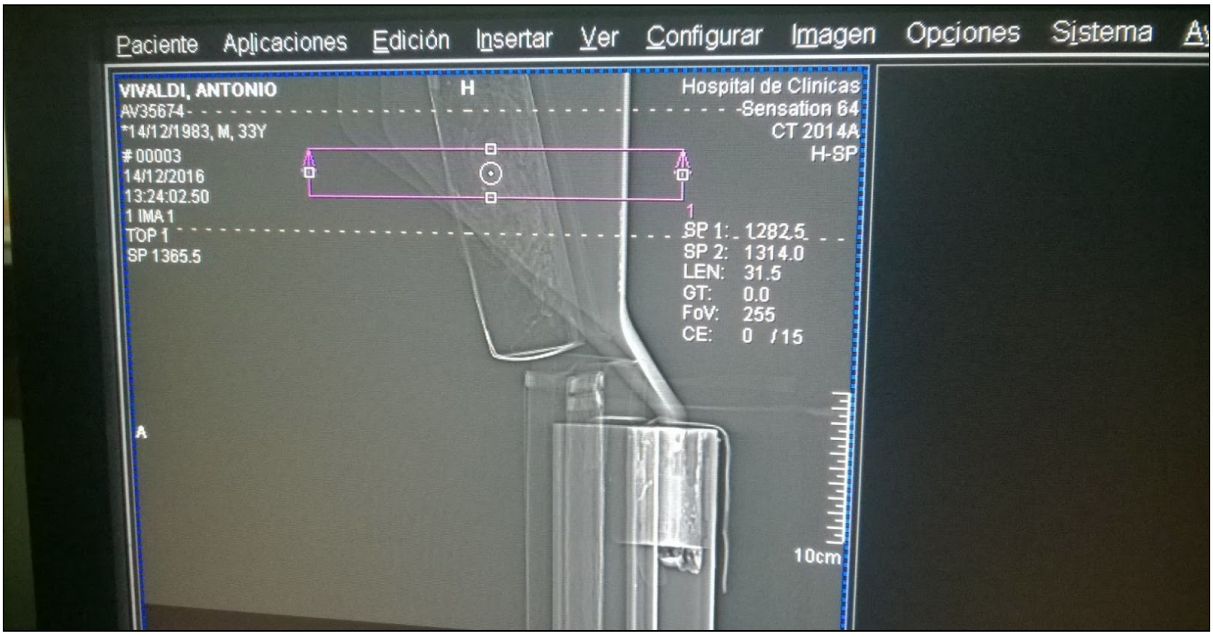


Figura 57 – Ejecución en el workstation de una tarea extraída desde el "dcmtk".

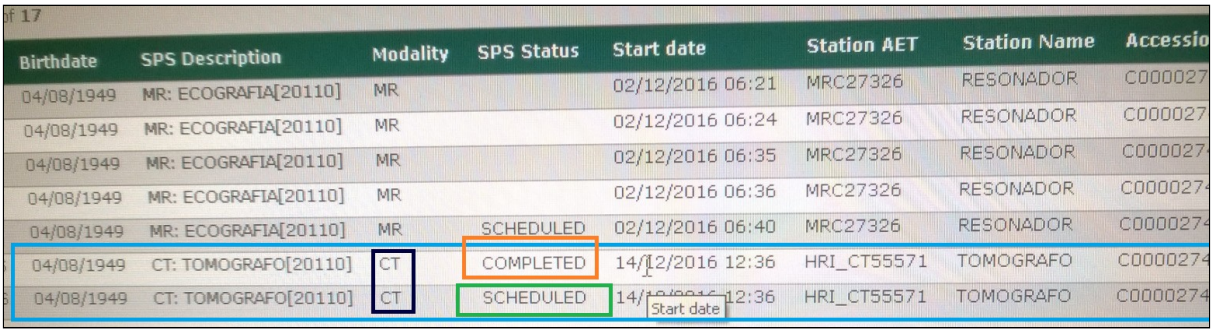


Figura 58 – Ítems ingresados del "dcm4chee" para llevar a cambio el estudio, junto a los valores que fueron asignándose para su atributo de "SPS Status".

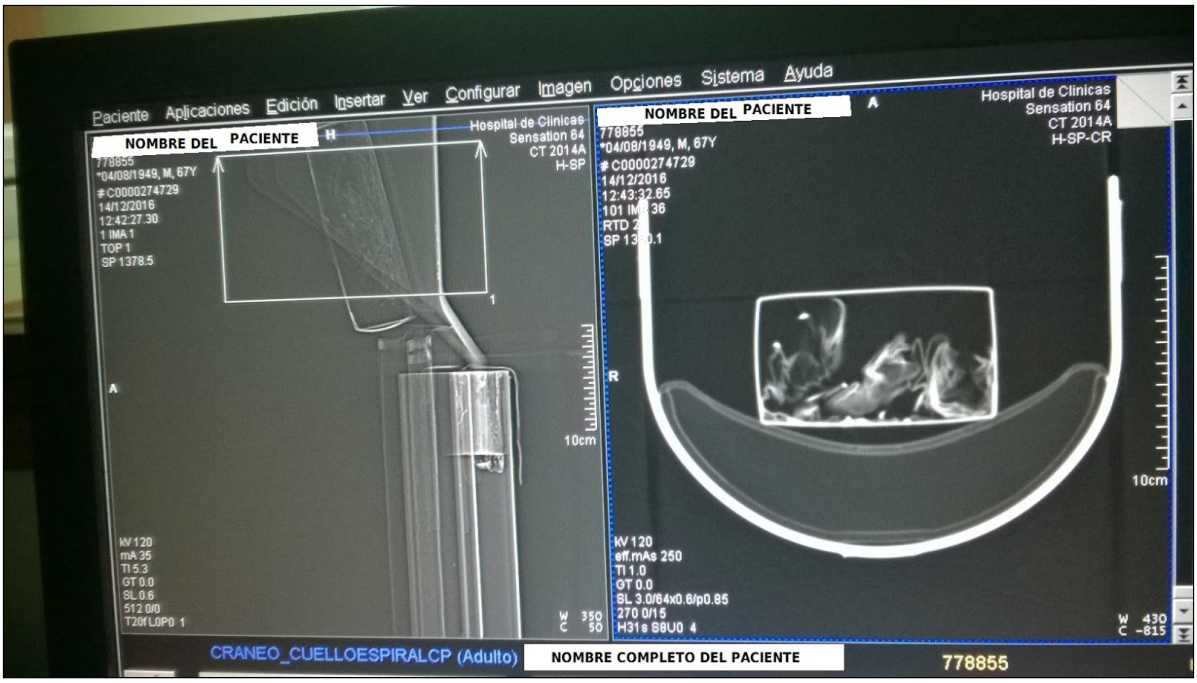


Figura 59 – Vista más detallada en la workstation de la tomografía de prueba.

Al igual que en las pruebas de investigación realizadas con el Resonador Magnético, se concluye que la prueba llevada a cabo con la modalidad correspondiente a Tomografía Computada también resultó exitosa porque se pudo obtener desde su workstation la lista de todos los registros ingresados en el servidor de MWL provenientes de las dos plataformas tecnológicas estudiadas. Además las pruebas del servicio de MPPS también resultaron exitosas ya que el estado de los ítems de worklist seleccionados fue correctamente modificado.

En el Anexo 2 se procedió a realizar un relevamiento de otras modalidades de adquisición de imágenes pertenecientes a otros departamentos de la Institución.

Conclusiones de los Estudios con el Servicio de Worklist del "dcm4chee"

La conclusiones finales del estudio realizado con la plataforma "dcm4chee" son las siguientes:

- Cumple ampliamente con el estándar DICOM.
- Al contar DICOM Conformance Statement - tiene documentación sobre el servicio de MWL.
- Cumple con el estándar HL7, al contar con servicio de mensajería para ingresar los ítems.
- Una vez instalado, ya tiene activados sus servicios tanto de MWL, MPPS y de servidor de mensajería HL7.
- Se puede configurar por medio de la Interfaz Web.
- Se pueden visualizar sus elementos también por medio de la Interfaz Web.
- Cuenta con motor de base de datos, permitiendo que sus registros pueden ser visualizados rápidamente.

Conclusiones de los Estudios con el Servicio de Worklist del "dcmtk"

La conclusiones finales del estudio realizado con la plataforma "dcmtk" son las siguientes:

- Cumple lo básico del estándar DICOM
- Al no contar con DICOM Conformance Statement - no tiene una buena documentación sobre el servicio de MWL.
- Simplemente cuenta con un manual de uso de la herramienta de "wlmscpfs".
- No posee servidor de mensajería de HL7.
- Solamente cuenta con interfaz de línea de comando para su configuración.
- Solamente se pueden visualizar sus ítems ingresados a través de las herramientas que posee por interfaz de línea de comando.
- No tiene conección con base de datos, sino que almacena sus ítems en un directorio en particular.
- La combinación con el MPPS SCP del dcm4chee fue exitosa porque las instancias de MPPS creadas fueron ingresadas en la base de datos del dcm4chee.
- Sin embargo desde el dcmtk no se visualiza el cambio de estado en sus propios ítems de Worklist.

En este caso también se utilizó el servicio de MPPS provisto por el "dcm4chee".

Implicaciones de utilizar el "dcmtk"

La implicaciones de utilizar el servicio de Worklist provisto por el "dcmtk" son las siguientes:

- La ejecución de cada uno de los servicios DICOM ofrecidos, debe realizarse por separado. Por ejemplo en el caso estudiado del Worklist.
- Desarrollo de un servicio que procese mensajes HL7 de tipo ORM-O01 para el ingreso de nuevos ítems de Worklist
- Mantenimiento de una carpeta compartida donde se almacenan los archivos que definen los ítems de Worklist. Dicha carpeta va a recibir un nuevo archivo por cada ingreso nuevo de elemento.
- Desarrollo de una interfaz gráfica para facilitar la configuración.
- Desarrollo de una interfaz gráfica para facilitar la brinda una visualización más y rápida directa de sus registros.
- Para poder visualizar la instancia de MPPS creada, se debe consultar directamente la base de datos del dcm4chee. Esto podría restarle un grado considerable de eficiencia al workflow.

Comparaciones y Conclusiones

La tabla 20 expone la comparativa derivada de las pruebas realizadas con las dos plataformas tecnológicas estudiadas.

Tabla 20 – Comparativas y conclusiones obtenidas de la investigación realizada.

	dcm4chee	**dcmtk**
Instalación	El proceso es más complicado y lleva mayores tiempos.	Muy sencillo y rápido.
Costos de su utilización.	La mantenibilidad requiere un demanda mucho menor.	Todas la implicaciones listadas en el dcmtk implican una inversión muy considerable de horas de trabajo tanto en materia de desarrollo como de infraestructura. Esto hace de su mantenibilidad muy costosa.
Ejecución de servicios	Una vez que está instalado ofrece una cantidad de servicios y prestaciones muy amplia, que se encuentran activados automáticamente.	Cada servicio debe ser ejecutado por separado.
Servidores de PACS instalados en el Hospital de Clínicas	Están todos instalados con esta plataforma tecnológica.	Ninguna aplicación ni servicio utiliza esta tecnología.
Emulador de servidor de servicio de worklist	Herramienta de emulación llamada "dcmof", que funciona de forma muy similar a la aplicación "wlmscpfs" (proveedora del servidor de MWL) del “dcmtk”.	No posee

Conclusión final de las pruebas

- La tecnología de servicio de Modality Worklist más adecuada para implementar el motor de Workflow es el "dcm4chee".
- La única tecnología de servicio de MPPS que puede ser utilizada es la que provee el "dcm4chee", por ser la única de código abierto.

Esto no quiere decir que no pueda utilizarse de forma separada la herramienta de servicio de MWL provista por el "dcmtk", que podría ser de utilidad para otros usos como por ejemplo para contar con un servidor alternativo en caso de que surgieran problemas con el provisto por el "dcm4chee". La herramienta no debe ser subestimada ni despreciada, sino que debe ser tenida en cuenta para otros escenarios o quizás para algunos casos de uso que escapen al flujo normal de funcionamiento en la gestión de los ítems de Worklist.

Consideraciones sobre el servicio de MPPS

La tabla 21 describe las ventajas y desventajas observadas en la ejecución del servicio de MPPS durante las pruebas de investigación.

Tabla 21 – Ventajas y desventajas observadas del servicio de MPPS.

Ventajas	Desventajas
Es configurado en cualquier Modalidad independientemente de la configuración del servidor de Worklist.	Sin interfaz gráfica para visualizar las instancias creadas.
Genera un registro en la base de datos cuando comienza la ejecución de la adquisición de imágenes con detalle de la fecha/hora de comienzo.	No existe herramienta externa, ni siquiera en línea de comando, para obtener sus instancias directamente.
Esto le provee de un buen seguimiento de su uso a una determinada Modalidad de adquisición. Esto significa que se puede saber en qué momentos fue utilizada.	Solamente visibles por acceso a la base de datos de la plataforma.

Desde la modalidad de adquisición solamente se creaba de forma automática la instancia de MPPS con valor de estado igual a “STARTED”. Pero la creación de la instancia de MPPS con estado igual a “COMPLETED” o “DISCONTINUED” solamente puede crearse de forma manual. Por tanto cuando finaliza el estudio, independientemente de si se completa exitosamente o no, la modalidad no solicita al servidor de MPPS la creación de la instancia de culminación correspondiente.

Esquema teórico para utilizar de forma combinada las dos tecnologías

La figura 60 ilustra un diagrama con una propuesta de esquema de trabajo de un Workflow funcionando con las dos tecnologías estudiadas trabajando en conjunto.

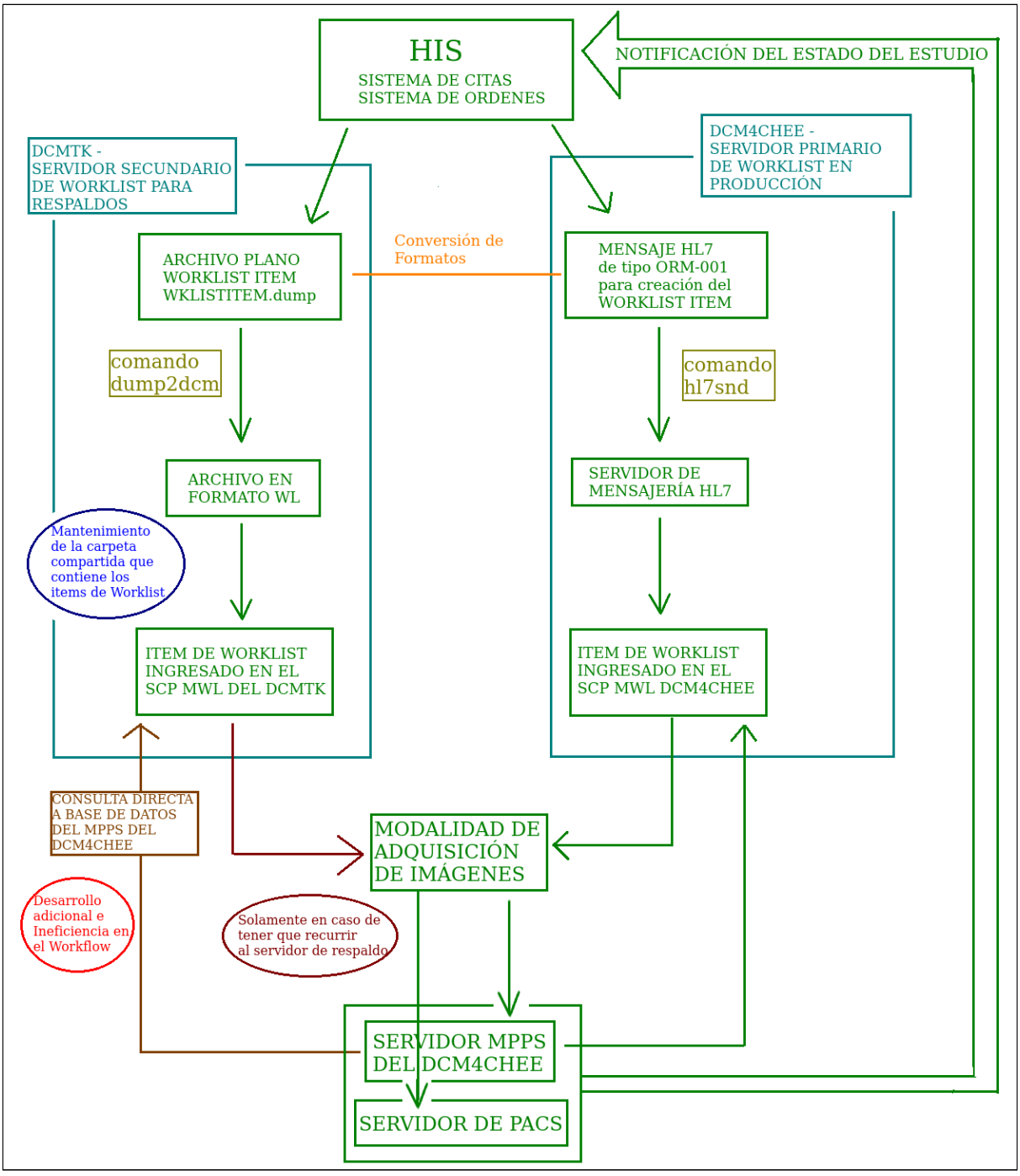


Figura 60 – Propuesta de Workflow con el servidor de MWL primario provisto por la plataforma "dcm4chee" y con el servidor de MWL de respaldo provisto por "dcmtk".

En este caso el motor de flujo de datos principal es el del servidor con tecnología "dcm4chee". Pero al mismo tiempo se cuenta con un servidor secundario funcionando con tecnología "dcmtk". Este servidor puede mantenerse ejecutándose

al mismo tiempo que el primario, creando e ingresando los mismos ítems de Worklist.

La tabla 22 describe las ventajas y desventajas del esquema propuesto.

Tabla 22 – Ventajas y desventajas de aplicar el esquema teórico propuesto.

Ventajas
Contar con un servidor de respaldo de MWL.
Al ser el dcm4chee más complicado de instalar, en algunos casos la falla puede llegar a requerir tiempos considerables de reparación y recuperación de los datos, junto a potenciales exigencias de re instalación del servidor.
Al ser el dcmtk más fácil de instalar que el otro, en casos de fallas se podría rápidamente ponerlo en funcionamiento para evitar que el servicio quede detenido.
En caso de pérdidas de ítems de worklist, se podrían obtener y recuperar desde el servidor secundario de respaldo.
Es ideal para casos en los cuales el servidor de worklist del dcm4chee pueda presentar fallas y no pueda seguir ejecutándose con normalidad.
Desventajas
Se mantienen las implicaciones mencionadas anteriormente en cuanto a la inversión considerable de horas de trabajo para mantener el dcmtk en ejecución.
Ingreso duplicado de datos, en este caso de los ítems de worklist, en dos servidores distintos.

Aplicación para el Proyecto

En el caso de este proyecto, no se va a implementar de acuerdo al esquema recientemente propuesto. Se va a implementar para la Institución el motor de Workflow, a través de servidores de MWL y MPPS provistos solamente por la plataforma tecnológica “dcm4chee”. La institución no puede asumir los altos costos de mantenimiento generados por un servidor provisto con tecnología “dcmtk”.

La División de Informática del Hospital cuenta con más de diez años de experiencia en el manejo de servidores de PACS provistos con la plataforma tecnológica de “dcm4chee”, por lo cual posee un conocimiento muy considerable sobre el mantenimiento de la misma.

La idea es que a futuro se extienda las funcionalidades que provee junto con el número de modalidades que almacenen su imágenes en formato DICOM con tecnología provista por "dcm4chee", que cumple ampliamente con el estándar.

La viabilidad de prescindir del servicio de MPPS

La ausencia de servidor de MPPS en el workflow que se va a implementar no es impedimento para su desarrollo. La creación de la instancia de MPPS, con valor de estado igual a "STARTED" se produce cuando desde la Workstation de la Modalidad de Adquisición se selecciona y luego procede a dar la orden de ejecución de uno de los ítems recibidos dentro de la lista del Worklist. Esto modifica el valor del atributo de estado del ítem.

Al prescindir del servicio, el valor del atributo de estado quedaría sin ser modificado y no se podría conocer el estado en que se encuentra el estudio. En pocas palabras no se contaría con el conocimiento de si fue iniciado o no.

Alternativa:
Implementar un proceso ejecutado cada cierto período regular de tiempo que cambie el estado de forma arbitraria. Por ejemplo un ítem de worklist en estado "SCHEDULED" cambiaría a estado de "STARTED", después de transcurrido determinado período de tiempo luego de ser creado.

Desventaja de la alternativa propuesta:
Esto podría generar que se cambie el estado a valor "STARTED" en casos donde el estudio todavía no fue iniciado.

En instancias de control de integridad de datos, otro proceso podría eliminar los ítems que fueron creados después de un largo período de tiempo, sin tener conocimiento de sí a futuro podría surgir nuevamente la necesidad de llevar a cabo el mismo estudio que quizás nunca fue iniciado.

Ventaja existente:
Como pudo observarse en las pruebas, el servicio de MPPS con rol SCP perteneciente a la plataforma dcm4chee, viene instalado y configurado sin ninguna dificultad ni desafíos considerables de mantenimiento.

Conclusión:
No solamente se concluye que es de gran utilidad este servicio sino que además se encuentra al alcance para ser utilizado desde las etapas más tempranas del proceso de desarrollo. En pocas palabras, prescindir del servicio de MPPS es totalmente innecesario.

5. DESARROLLO DEL PROTOTIPO

En esta sección se describen las decisiones de arquitectura y diseño que fueron tomadas para la implementación del prototipo del motor de Workflow. El mismo consistió en el desarrollo de nuevas funcionalidades y en la modificación de otras anteriormente existentes dentro del HIS. Principalmente se agregaron nuevos módulos e interfaces a los Sistemas de Citas y de Órdenes de Análisis de Paraclínicas. Además se instalaron nuevos equipos proveedores de servicios DICOM y se configuraron las modalidades de adquisición de imágenes para que fueran usuarios de los mismos.

5.1 Arquitectura General del Sistema

En la siguiente figura se ilustra la Arquitectura General del Sistema que fue descrita anteriormente.

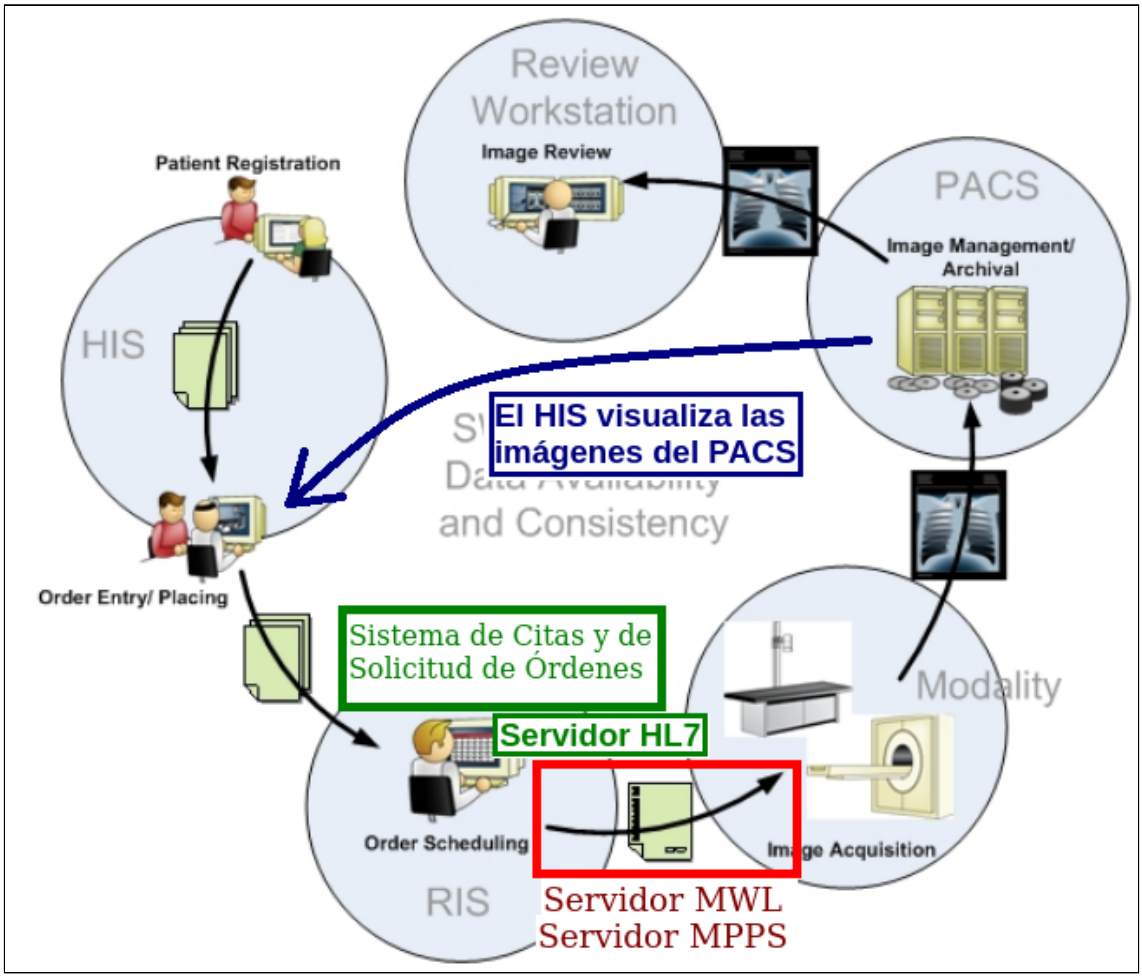


Figura 61 – Arquitectura General del Sistema.

5.2 Modificaciones requeridas en los Sistemas

A continuación se describen las modificaciones requeridas en el RIS (en este caso en el Sistema de Citas y en el de Órdenes de Paraclínicas).

Sistema de Citas

La tabla 23 describe las entidades más importantes con las que ya contaba el Sistema de Citas de antes de realizarse el proyecto.

Tabla 23 – Entidades más importantes del Sistema de Citas.

Entidad	Función
Paciente	El paciente al cual se le va a asignar el estudio.
Prestación de Estudio	Correspondiente a un estudio. Por ejemplo: Resonancia Magnética, Tomografía Computada, Endoscopía, Placa, Radiología Convencional, entre otros.
Cita (para Prestación de Estudio)	Es el turno asignado a determinado Paciente para que pueda hacer uso de una Prestación de Estudio para una fecha y hora asignada.

En la figura 62 se despliega el listado de las Citas agendadas de un determinado paciente de prueba para estudios de Tomografía y Resonancia Magnética.



Figura 62 – Estudios agendados para determinado paciente.

En la figura 63 se muestra la interfaz de agendamiento de un estudio de Resonancia Magnética para un determinado paciente.

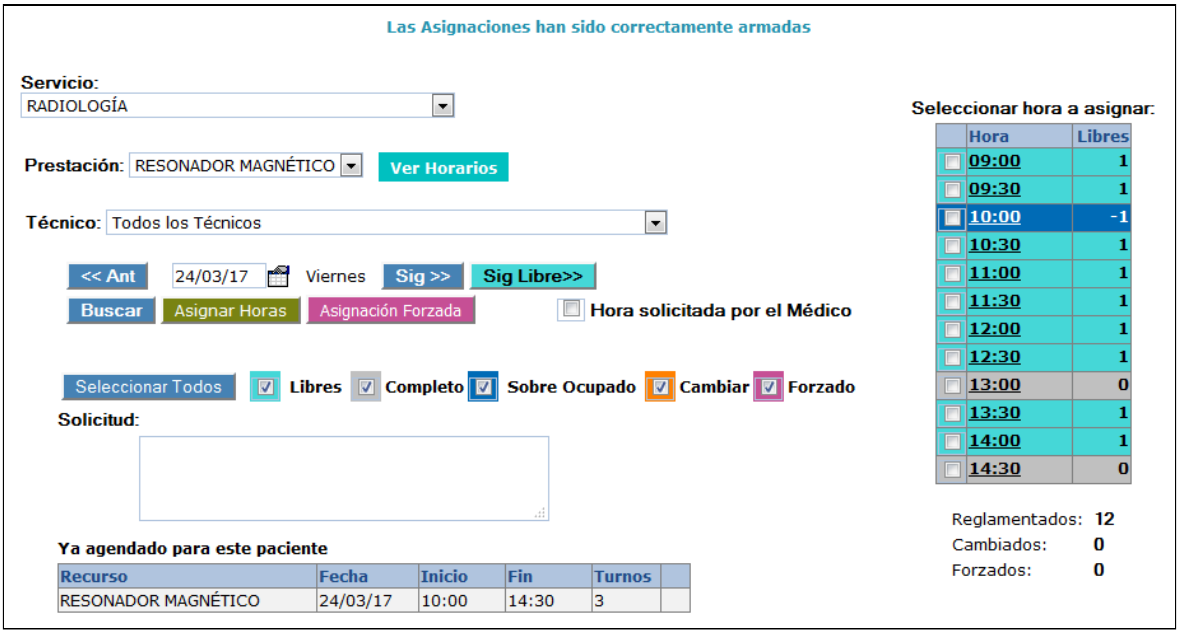


Figura 63 – Interfaz de agendamiento de un paciente para una prestación de Estudio.

En la tabla 24 se describen las asociaciones de la Entidad correspondiente a la Prestación de Estudio, que son necesarias de agregar para el desarrollo del Workflow del proyecto.

Tabla 24 – Asociaciones que deben agregarse en el Sistema de Citas.

Entidad	Asociada a las Entidades:
Prestación de Estudio	Modalidad de Adquisición de Imágenes
	Servidor de MWL
	Servidor de MPPS
	Servidor de PACS

La Prestación de Estudio debe estar asociada a la Modalidad de Adquisición de Imágenes, ya que algunos atributos de la misma son necesarios de asignar en el ítem de Worklist que va a ser generado para el estudio solicitado. Al mismo tiempo tiene que contar con visibilidad hacia el servidor de MWL para saber en qué dirección enviar el flujo de datos del estudio y solicitar la creación del nuevo ítem de Worklist al servidor adecuado. El servidor de MPPS también es necesario de asociar, con el fin de reconocer a la entidad responsable de la modificación del atributo de estado del estudio englobado en el ítem de Worklist.

Finalmente se tiene que consultar al servidor PACS para verificar que las imágenes generadas por el estudio solicitado fueron correctamente almacenadas en el mismo.

En la figura 64 se muestra como queda el modelo de entidades del Sistema de Citas, luego de implementado el Workflow del proyecto.

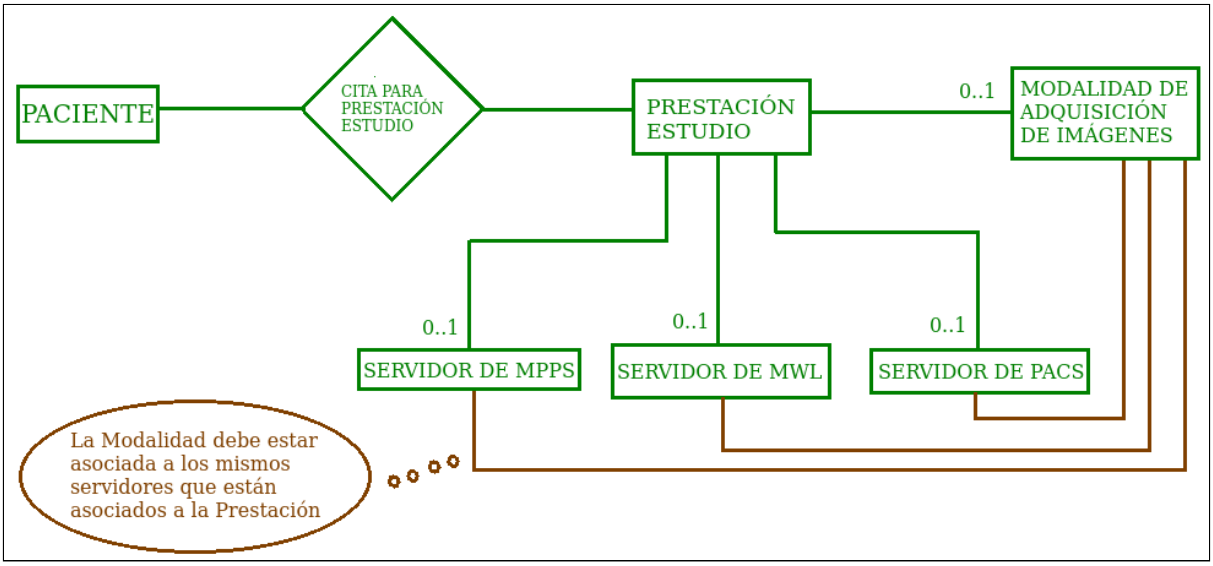


Figura 64 – Modelo de Entidades del Sistema de Citas luego de implementado el proyecto.

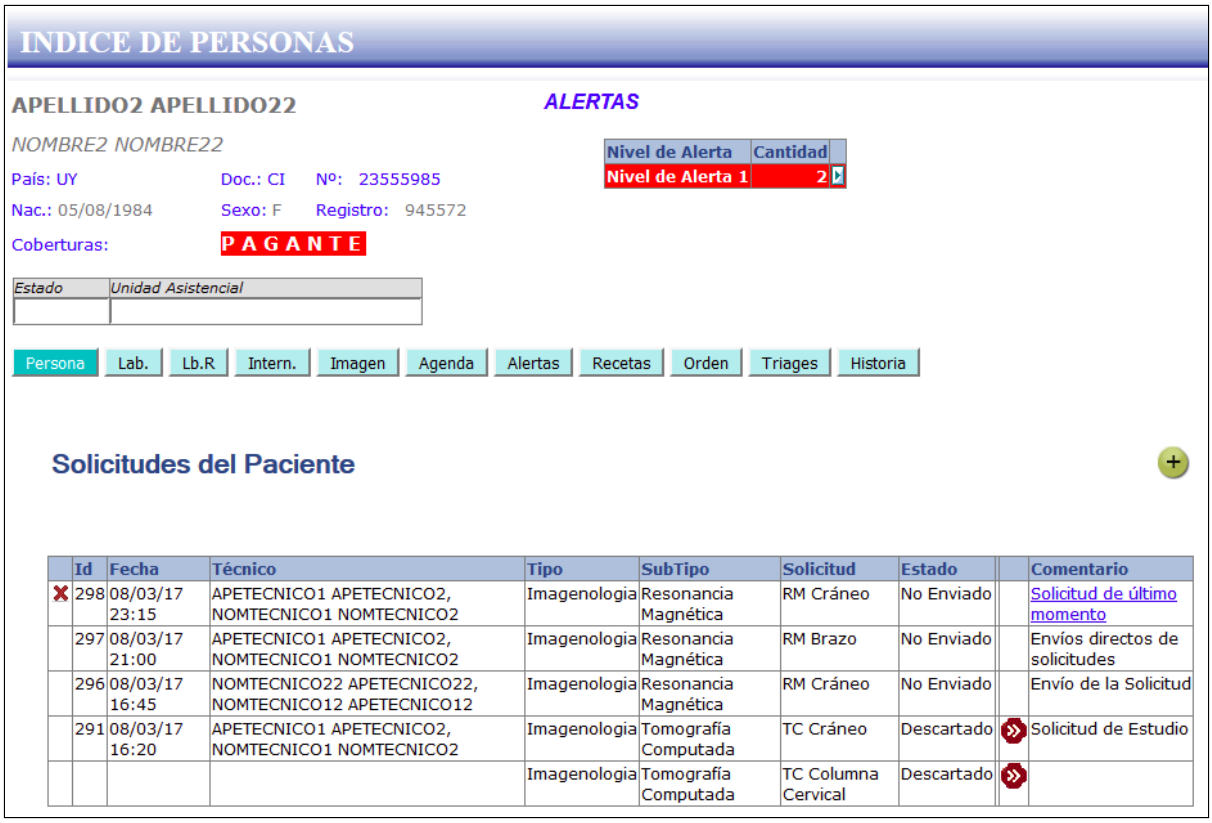
Sistema de Órdenes de Paraclínicas

La tabla 25 describe las entidades más importantes con las que ya contaba el Sistema de Órdenes de Paraclínicas de antes de realizarse el proyecto.

Tabla 25 – Entidades más importantes del Sistema de Órdenes de Paraclínicas.

Entidad	Función
Paciente	El paciente al cual se le va a asignar el estudio.
Estudio de Análisis de Paraclínica	Surge de la asociación de tres entidades: - Tipo de Paraclínica - SubTipo de Paraclínica - Paraclínica Ejemplo: - Tipo de Paraclínica: Imagenología - SubTipo de Paraclínica: Resonancia - Paraclínica: RM Cráneo
Orden (para un Análisis de Paraclínica - Estudio)	Es el turno asignado a determinado Paciente para que puede hacer uso de una orden de Estudio de paraclínica, en una fecha y hora asignada.

En la figura 65 se despliega el listado de las Órdenes agendadas de un determinado paciente de prueba para estudios de Tomografía y Resonancia Magnética.



	Id	Fecha	Técnico	Tipo	SubTipo	Solicitud	Estado		Comentario
✖	298	08/03/17 23:15	APETECNICO1 APETECNICO2, NOMTECNICO1 NOMTECNICO2	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Cráneo	No Enviado		Solicitud de último momento
	297	08/03/17 21:00	APETECNICO1 APETECNICO2, NOMTECNICO1 NOMTECNICO2	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Brazo	No Enviado		Envíos directos de solicitudes
	296	08/03/17 16:45	NOMTECNICO22 APETECNICO22, NOMTECNICO12 APETECNICO12	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Cráneo	No Enviado		Envío de la Solicitud
	291	08/03/17 16:20	APETECNICO1 APETECNICO2, NOMTECNICO1 NOMTECNICO2	Imagenologia	Tomografía Computada	TC Cráneo	Descartado	»	Solicitud de Estudio
				Imagenologia	Tomografía Computada	TC Columna Cervical	Descartado	»	

Figura 65 – Órdenes de estudios agendados para determinado paciente.

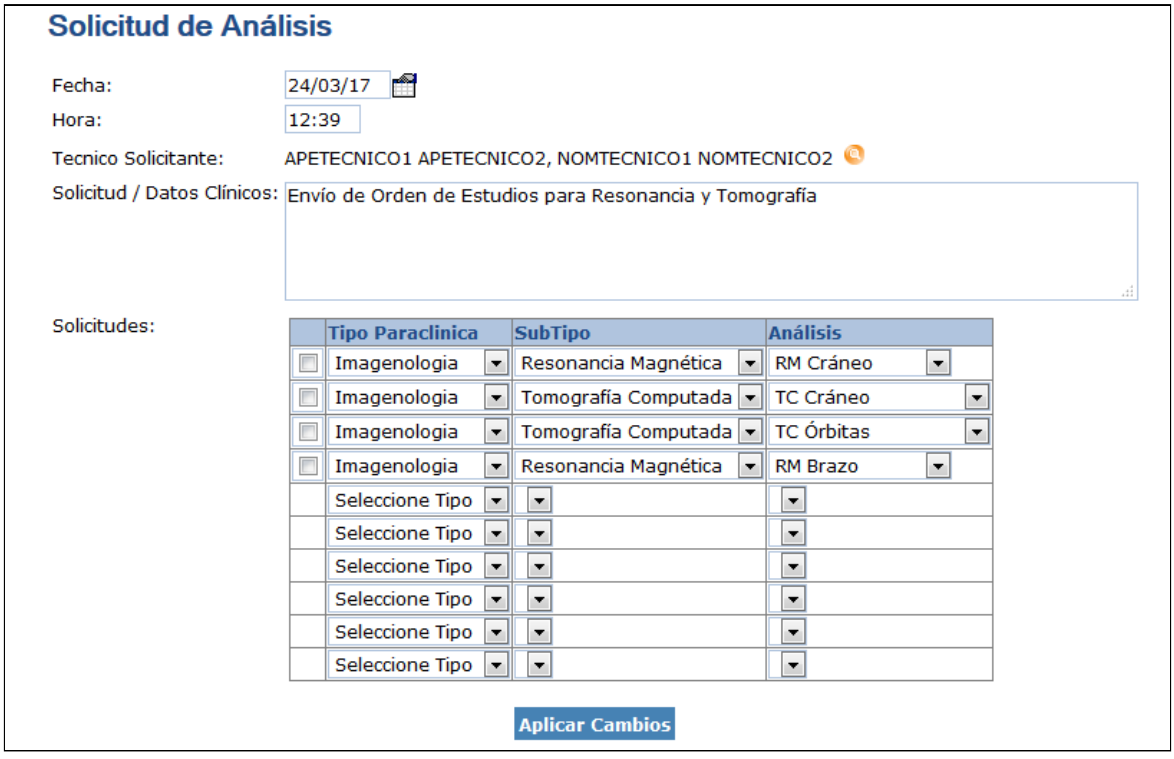


Figura 66 – Interfaz de agendamiento de un paciente para una Orden de un Estudio de Análisis de Paraclínica.

En la tabla 26 se describen las asociaciones de la Entidad correspondiente a la Orden de un Análisis de Paraclínica de Estudio, que son necesarias de agregar para el desarrollo del Workflow del proyecto.

Tabla 26 – Asociaciones que deben agregarse en el Sistema de Órdenes.

Entidad	Asociada a las Entidades:
Orden (para un Análisis de Paraclínica - Estudio)	Modalidad de Adquisición de Imágenes
	Servidor de MWL
	Servidor de MPPS
	Servidor de PACS

Las razones por las cuales se agregan las nuevas asociaciones mencionadas para la entidad correspondiente a la Orden de Estudio, son las mismas que las descritas para la entidad de la Cita de Estudio perteneciente al Sistema de Citas.

En la figura 67 se muestra como queda el modelo de entidades del Sistema de Órdenes de Paraclínica, luego de implementado el Workflow del proyecto.

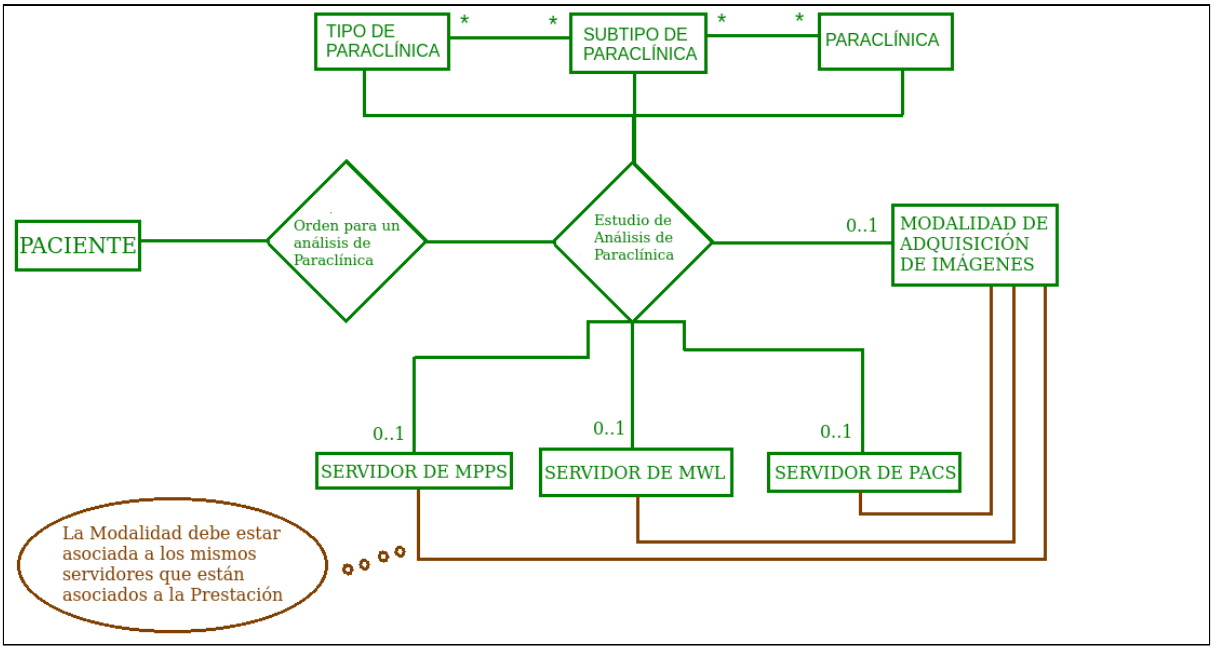


Figura 67 – Modelo de Entidades del Sistema de Órdenes luego de implementado el Workflow del proyecto.

Interfaces para Desarrollar en los dos Sistemas

En la tabla 27 se enumeran y describen las interfaces que serán agregadas, para la implementación del Workflow del proyecto.

Tabla 27 – Interfaces que serán desarrolladas para la implementación del Workflow.

Creación de las nuevas Entidades correspondientes al Servidor de MWL, MPPS, PACS y de Modalidad de Adquisición de Imágenes
Creación de nuevas entidades que representen a los Servidores de MWL, MPPS, PACS y de Modalidades de Adquisición. Esto va a consistir en el desarrollo de listados, y de una interfaz de alta, baja y modificación de cada una de las mismas.
Visibilidad desde la Entidad de Estudio hacia las Entidades asociadas:
Para que la entidad de Estudio pueda ser asociada, deberá contar con un servicio para obtener los datos de todas las Modalidades de Adquisición, Servidores de MWL, Servidores de MPPS y Servidores de PACS instalados en el Sistema.
Interfaz para ejecutar el envío del estudio hacia el servidor de MWL:
En el Sistema de Citas, un listado con todas las citas realizadas a un estudio que sea una prestación de estudio que posea una modalidad asociada. Para el Sistema de Órdenes, un lista con todas las órdenes agendadas para una paraclínica de estudio que tenga una modalidad asociada. En ambos casos se podrá proceder a enviar el flujo de datos necesarios para enviar la tarea de adquisición de imágenes como parte de la lista de trabajo almacenada en el servidor de Worklist.
Generador de Mensajes HL7 de tipo ORM-O01:
Módulo que genere el mensaje HL7 versión 2.5 de tipo ORM-O01 y que luego lo envíe al servidor de mensajería HL7 que es el mismo que el de MWL, donde se almacenará el nuevo ítem de worklist creado.
Generador de Identificador incremental para nuevo ítem de Worklist:
Cada vez que alguno de los dos Sistemas proceda a la creación de un ítem de Worklist, se deberá asignarle un identificador único. Un servicio externo será el responsable de proveer el valor del identificador, mediante un generador incremental de valores de identificador único. Esto evitará conflictos entre ítems de worklist, independientemente de si proviene o no del mismo sistema que envió la orden de generarlos.

5.3 Mantenimientos de las nuevas Entidades

Los mantenimientos de las nuevas entidades se implementan de forma externa, de forma tal que no sean módulos del Sistema de Citas ni del de Órdenes, ya que ambos van a compartir la misma información. Además a futuro se debe dejar la posibilidad de que otros sistemas tengan la posibilidad de formar parte del proceso de Workflow, para lo cual también tendrán que referenciar los mismos registros ingresados en las entidades desarrolladas. El acceso a los registros se realizará a través de WebServices, como procedimiento utilizado para la obtención de datos pertenecientes a otros sistemas.

Se implementaron los siguientes ABM (Alta, Baja y Modificación) de las nuevas entidades agregadas:

- Equipos de Modalidades de Adquisición de Imágenes
- Servidores de MWL (Modality Worklist)
- Servidores de MPPS
- Servidores de PACS

Las siguientes dos figuras muestran el ABM de las modalidades y de los equipos de adquisición de imágenes incluidos en cada una de las mismas.



Figura 68 – Mantenimiento de la Modalidad.

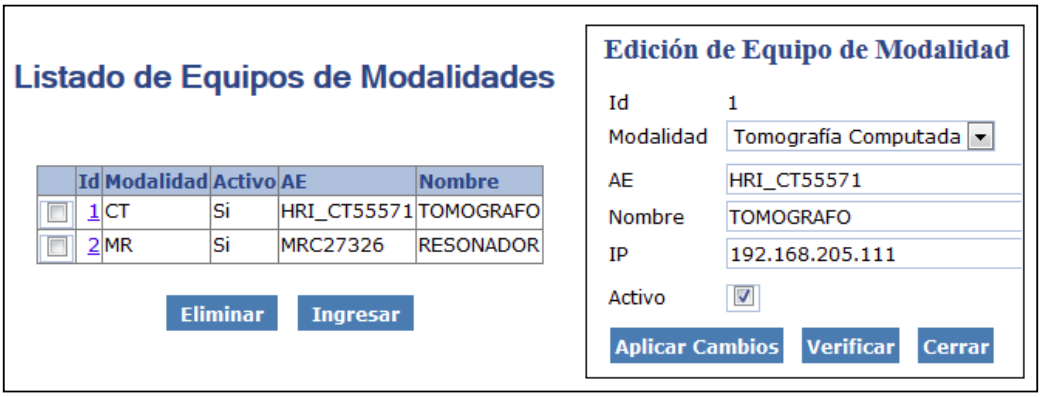


Figura 69 – Mantenimiento de los equipos de adquisición de imágenes incluidos en determinada Modalidad.

La figura 70 muestra el listado y ABM de los servidores de MWL.



Figura 70 – Mantenimiento de los servidores de MWL y MPPS.

Generalmente el equipo definido como servidor de MWL es el mismo que el MPPS. Por eso en el mantenimiento de MWL, se cuenta con un atributo que indica si también va a funcionar al mismo tiempo como servidor de MPPS o no.

Además el equipo definido como servidor de MWL también va a funcionar como servidor de mensajería HL7, ya que la plataforma “dcm4chee” provee ambos servicios pero ejecutándose en distintos puertos. Por eso se definió un atributo para el puerto del servidor MWL y otro atributo para el puerto del servidor de HL7.

La figura 71 muestra el listado y ABM de los servidores de PACS.

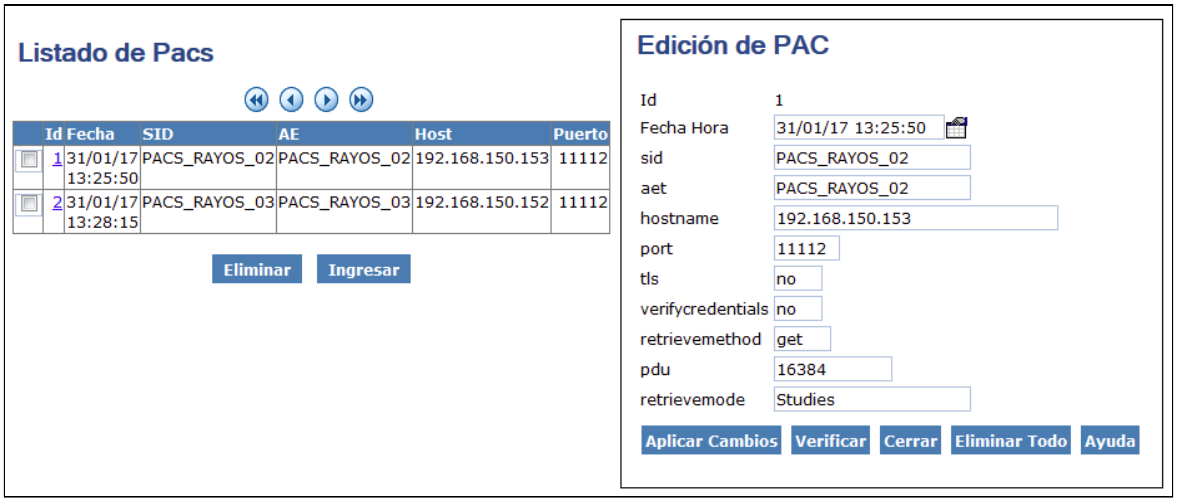


Figura 71 – Mantenimiento de los servidores de PACS.

Como puede observarse a través de las figuras, los atributos que tienen en común los todos los tipos de servidores definidos (MWL, MPPS y PACS), son el AET, su dirección IP y el número de puerto de los servicios de provee.

En el caso de la modalidad de adquisición de imágenes, solamente el número de puerto es el atributo que no comparte con las entidades de tipo servidor mencionadas.

Se deberán agregar en el HIS los siguientes Web-Services, para que los datos generados por estas entidades puedan estar disponibles para los Sistemas de Citas y de Órdenes:

- Generador de Identificador incremental para nuevo ítem de Worklist
- Conjunto de Servidores que proveen servicio de MWL
- Conjunto de Servidores que proveen servicio de MPPS
- Conjunto de Servidores que proveen servicio de PACS

En la figura 72 se muestra el cabezal en formato XML, del WSDL (Web Services Description Language) correspondiente al Webservice de generación de Identificador de nuevo ítem Worklist.

```
<definitions name="WSObtenerWLId" targetNamespace="FormRotulos">
  <types>
    <schema targetNamespace="FormRotulos" elementFormDefault="qualified">
      <element name="WSObtenerWLId.Execute">
        <complexType>
          <sequence>
            <element minOccurs="1" maxOccurs="1" name="Mwlitemid" type="xsd:short"/>
          </sequence>
        </complexType>
      </element>
      <element name="WSObtenerWLId.ExecuteResponse">
        <complexType>
          <sequence>
            <element minOccurs="1" maxOccurs="1" name="Mwlitemid" type="xsd:short"/>
          </sequence>
```

Figura 72 – Cabezal del WSDL correspondiente a la funcionalidad de generación de identificador para nuevo ítem de Worklist.

En la tabla 28 se describen los atributos adicionales que son agregados en las entidades más importante de cada uno de los sistemas modificados.

Tabla 28 – Atributos agregados a las entidades de los sistemas modificados.

SISTEMA	ENTIDAD A MODIFICAR	ATRIBUTOS AGREGADOS
CITAS	Prestación de Estudio	- Modalidad de Adquisición - Servidor de MWL - Servidor de MPPS - Servidor de PACS
ÓRDENES	Estudio de Análisis de Paraclínica	

A Continuación se exponen copias de pantalla de las modificaciones realizadas en la edición de los entidades anteriormente existentes de ambos sistemas, poniendo

énfasis en los atributos recientemente agregados correspondiente a los servidores de PACS, MWL y MPPS, y de la Modalidad de adquisición de imágenes.

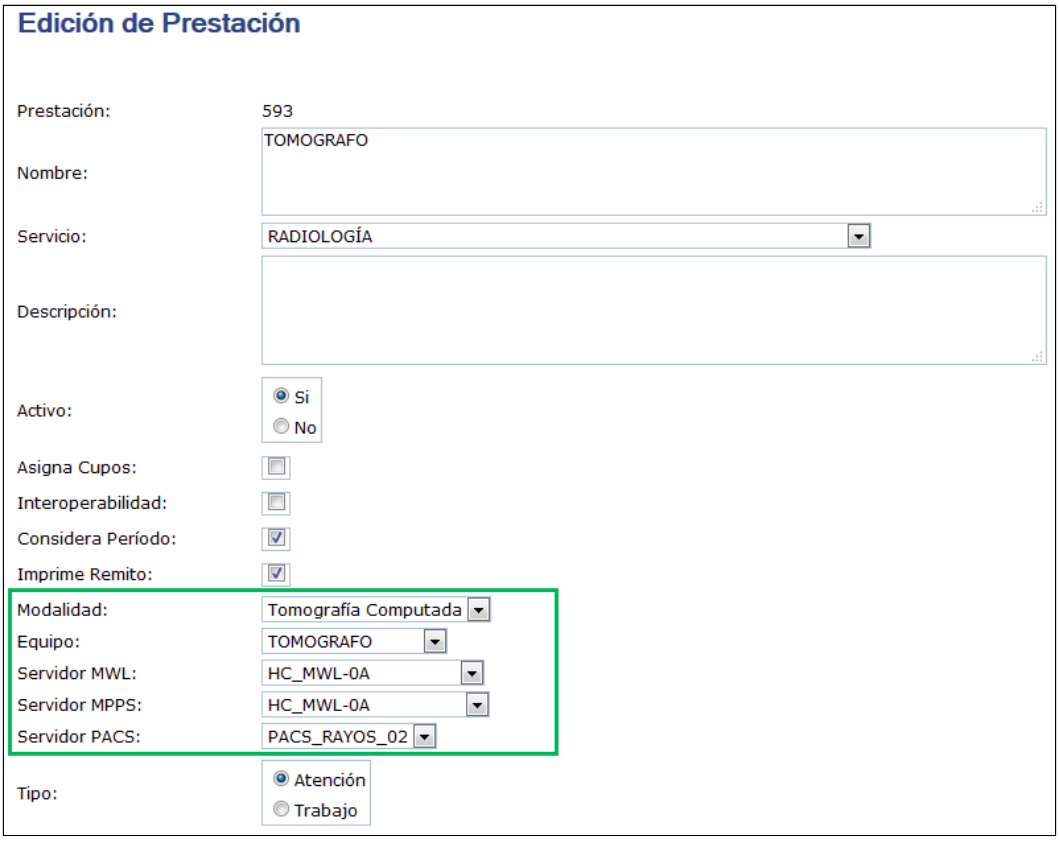


Figura 73 – Edición de Prestación de Estudio del Sistema de Citas con los atributos agregados.

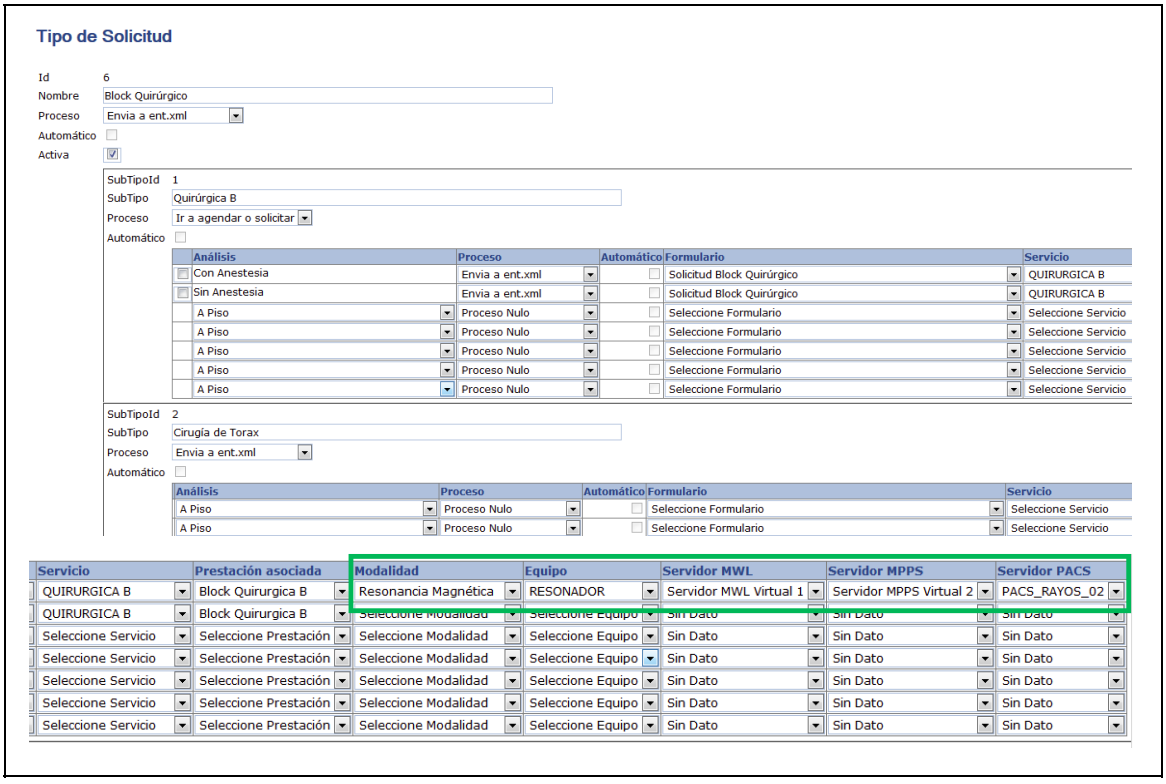


Figura 74 – Edición del Análisis del Sistema de Órdenes de Paraclínicas con los atributos agregados.

Asignación del valor para el atributo "Accession Number"

Definición de Accession Number: Es el atributo clave que identifica la orden, que es copiado desde el ítem de worklist al cabezal de la imagen adquirida y es utilizado por los técnicos radiologistas para identificar el reporte del Diagnóstico [57].

Este identificador luego va a ser utilizado para que el RIS (en este caso los dos sistemas mencionados) sea notificado sobre el estado del estudio.

Se valor es generado en el proceso de creación del nuevo registro de Worklist.

En la tabla 29 se muestra la generación de los valores del atributo a partir de los identificadores correspondientes a las citas agendadas para estudios.

Tabla 29 – Generación del valor del atributo a partir de los identificadores.

	ACCESSION NUMBER	**Ejemplo de mapeo**
SISTEMA de CITAS	"C" + "0" (relleno de 10 cifras) + --- Nro. Identificador de la Cita ---	**Identificador de la Cita:** 274772. **Accession Number:** C0000274772.
SISTEMA de ÓRDENES	"O" + "0" (relleno de 15 cifras) + --- Nro. Identificador de la Orden del Análisis ---	**Identificador de la Orden:** 6167282. **Accession Number:** O000000006167282.

Tanto el Número identificador de la Cita como el de la Orden, son valores que tienen que pertenecer solamente a un estudio específico. Cada Cita u Orden de Estudio generado, debe estar asociado a un único paciente. De esta forma valor del "Accession Number" asegura que el Ítem de Worklist corresponda a un solo paciente y a un solo estudio. Esto brinda la consistencia e integridad de los datos requerida para la implementación del motor de Workflow.

El valor de este atributo forma parte del mensaje HL7 versión 2.5 de tipo ORM-O01, que es enviado para la creación del nuevo ítem de Worklist. A su vez es el que realiza el mapeo entre la cita de estudio con el ítem de Worklist que fue creado para la misma.

Para realizar una consulta del estado de un determinado registro almacenado en el servidor de MWL o para verificar si las imágenes generadas por el estudio fueron correctamente almacenadas en el servidor de PACS, se va a utilizar como entrada el valor del “Accession Number” obtenido a partir del Identificador de la cita u orden para estudio.

Creación del Ítem de Worklist

Para la creación del worklist, se van a utilizar dos herramientas externas provistas por el propio “dcm4chee”. Las mismas se ejecutan desde interfaz de línea de comandos y además están instaladas en el servidor Apache-Tomcat donde está desplegado el HIS.

En la tabla 30 se describen las herramientas utilizadas, con sus entradas y salidas.

Tabla 30 – Herramientas utilizadas para crear el nuevo ítem de Worklist.

	ENTRADAS	SALIDAS
hl7snd	- IP del servidor de MWL - AE del servidor de MWL - Puerto del servicio de HL7 - Fichero que contiene el mensaje HL7 de tipo ORM-O01.	- Nuevo ítem de Worklist creado. - Valor del Accession Number del ítem recientemente creado.
dcmmwl	- IP del servidor de MWL - AE del servidor de MWL - Puerto del servicio de MWL - Accession Number.	- Retorna valor del atributo de estado del ítem de Worklist recientemente creado.

La herramienta “dcmmwl” se utiliza para verificar la existencia del ítem recientemente creado y además para verificar que el estado del mismo sea “SCHEDULED”. Como se puede observar, el puerto del servidor de HL7 no es el mismo que el correspondiente al del puerto del MWL.

En la tabla 31 se describen los dos pasos en los que consiste la creación del ítem.

Tabla 31 – Pasos para la creación del nuevo ítem de worklist.

PASOS	DESCRIPCIÓN	COMANDO
1) CREACIÓN DEL ítem DE WORKLIST	Consiste en la generación del mensaje HL7 que dará lugar a la creación propiamente dicha del ítem en el servidor de Worklist.	hl7snd
2) VERIFICACIÓN DE SU CORRECTA CREACIÓN	A través del Accession Number del nuevo ítem creado, se consulta que exista un ítem en el servidor de WorkList y que además el valor de su estado sea "SCHEDULED".	dcmmwl

Al no estar implementadas en Genexus las dos herramientas externas mencionadas, se deberá recurrir al mecanismo que tiene el propio entorno de desarrollo mencionado para la ejecución de scripts externos.

El mismo consiste en programar una clase Java con referencia a librerías de Genexus. Luego la misma va a ser copiada en las carpetas de las aplicaciones del Sistema de Citas y del de Órdenes desplegadas en el servidor de Apache/Tomcat.
El diagrama de la figura 75 explica de forma esquemática el proceso completo de creación de nuevo ítem de Worklist.

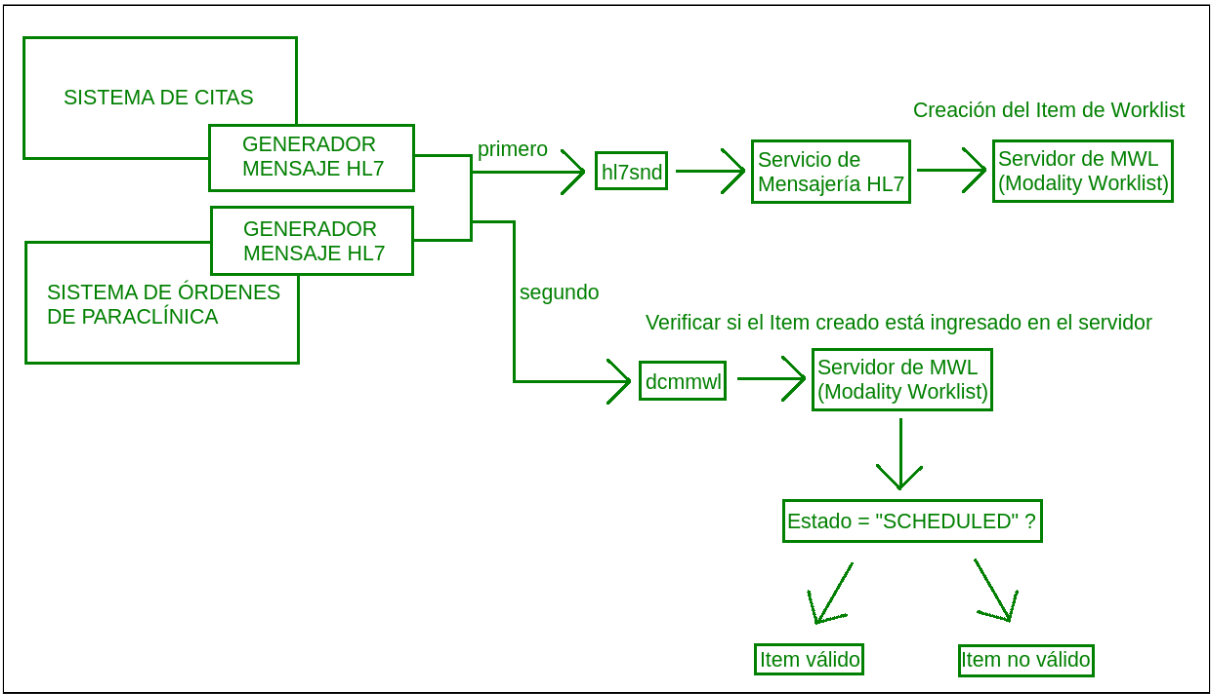


Figura 75 – Proceso de creación e ingreso en el servidor de MWL del nuevo ítem de Worklist.

Cada fichero que contiene el mensaje HL7, se almacena en una subcarpeta del sistema desde el cual fue generado.

Para contar con un buen seguimiento del proceso del Workflow, en este caso para los ítems de worklist creados, se agregó un nueva tabla en cada uno de los dos sistemas. El nombre de la misma es: “Persona_Estudio”.

La tabla 32 describe las siguientes especificaciones de la tabla mencionada.

Tabla 32 – Especificaciones de la tabla creada para tener un buen seguimiento de los ítems de worklist creados.

Tabla: Persona_Estudio
Función: Mantiene un correcto seguimiento de todos los ítems de Worklist que se dió la orden de crear desde el Sistema donde se encuentra alojada.
Atributos: - Fecha / Hora - Identificador de Prestación o de Tipo de Análisis de Orden - Identificador global único del MWL - Nombre del fichero del mensaje HL7 - Contenido de todo el mensaje HL7 - Texto de Salida del proceso de creación del ítem de Worklist - Identificador de la Citas o de Orden de Estudio de Análisis - Procesado: posibles valores 0 o 1
Control de ingreso: Cuando el ítem de WorkList se crea, el valor del atributo “Procesado” es igual a cero. Este campo marca si el ítem de Worklist culminó o no el proceso de Workflow del cual forma parte. Si posee valor igual a uno, puede ser debido a que el proceso de Workflow fue culminado o porque ya no forma parte de ningún otro proceso del sistema.

Mapeo del Estado de los Estudios en la Worklist

Sistema de Citas

La tabla 33 describe el mapeo realizado entre el estado definido para un estudio agendado y el estado del ítem de Worklist creado para dicho estudio.

Tabla 33 – Mapeo entre el estado del Estudio en Citas y el estado del ítem de Worklist.

ESTADO DEL TURNO DE UNA CITA PARA ESTUDIO	**ESTADO DEL ÍTEM DE WORKLIST creado**
A llegar	------ ítem NO CREADO ------
Llegó	SCHEDULED ó STARTED
Llegó y fue atendido	COMPLETED
Llegó y no fue atendido	DISCONTINUED

La figura 76 muestra la interfaz implementada para la administración de los turnos asignados para estudios, a partir de la cual se puede invocar la creación del ítem de Worklist.



Figura 76 – Interfaz implementada para la administración de los turnos para estudios y para invocar la creación del ítem de Worklist.

Las filas que poseen estado “A llegar” (color blanco), todavía no poseen ítem creado en el servidor de MWL asociado a la Prestación (estudio). Al hacer click encima de la fila correspondiente al estudio, se invoca a la interfaz de mensajería que genera el mensaje HL7 versión 2.5 de tipo ORM-O01. Luego a través de la herramienta externa “hl7snd”, que forma parte del “dcm4chee”, se envía el mensaje creado al servidor de MWL, para crear el nuevo registro de Worklist.

En la figura 77 se muestra el listado de los ítems de Worklist ingresados en el servidor de MWL del “dcm4chee”, resaltando los registros con los colores de los estados correspondiente al estudio asociado del Sistema de Citas.

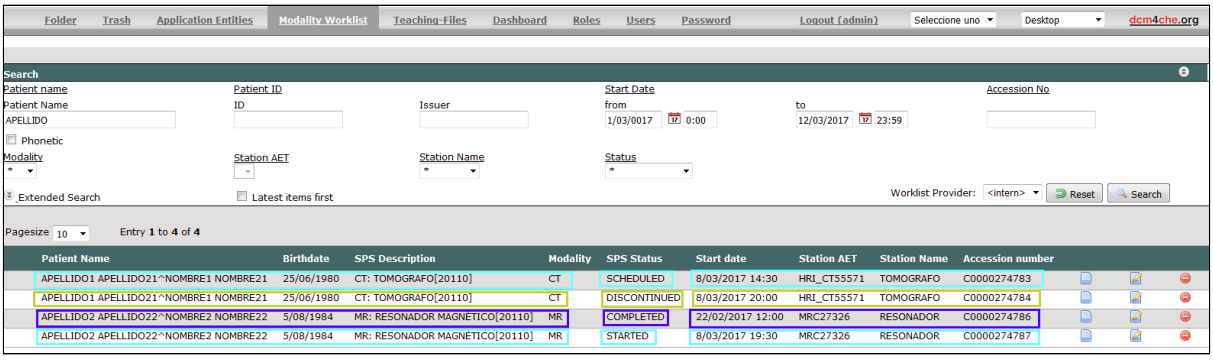


Figura 77 – Correspondencia entre los registros del servidor de MWL con los estudios ingresados en el Sistema de Citas.

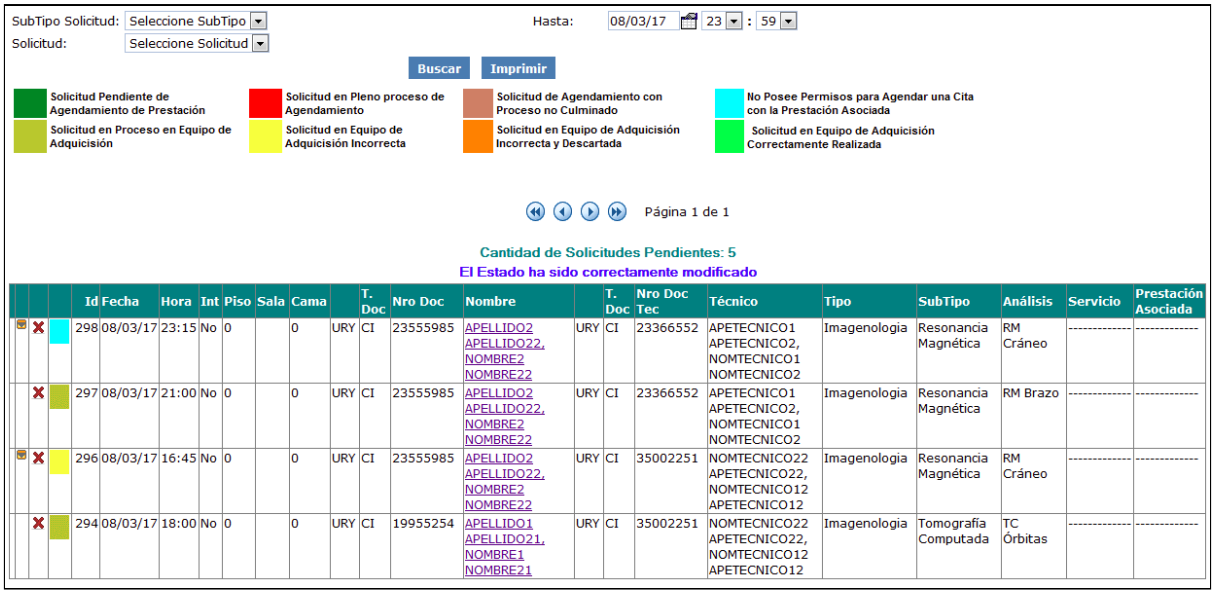
Sistema de Órdenes

La tabla 34 describe el mapeo realizado entre el estado definido para un estudio agendado y el estado del ítem de Worklist creado para dicho estudio.

Tabla 34 – Mapeo entre el estado del Estudio en Órdenes y el estado del ítem de Worklist.

ESTADO DE ORDEN DE ANÁLISIS	ESTADO DEL ítem DE WORKLIST
Pendiente	------ ítem NO CREADO ------
Error al invocar la adquisición	------ ítem NO CREADO ------
Proceso en Equipo de Adquisición	SCHEDULED ó STARTED
Solicitud en Equipo de Adquisición Correctamente Realizada	COMPLETED
Solicitud en Equipo de Adquisición Incorrecta y Descartada	DISCONTINUED

La figura 78 muestra la interfaz implementada para la administración de las órdenes asignadas para estudios de análisis de paraclínicas, a partir de la cual se puede invocar la creación del ítem de Worklist.



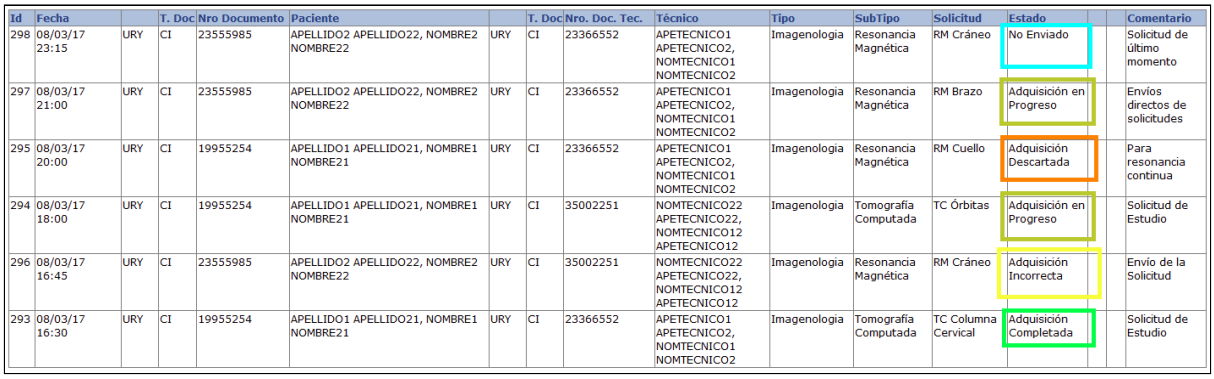
Id	Fecha	Hora	Int	Piso	Sala	Cama		T. Doc	Nro Doc	Nombre		T. Doc	Nro Doc Tec	Técnico	Tipo	SubTipo	Análisis	Servicio	Prestación Asociada
298	08/03/17	23:15	No	0		0	URY	CI	23555985	APELLIDO2 APELLIDO22, NOMBRE2 NOMBRE22	URY	CI	23366552	APETECNICO1 APETECNICO2, NOMTECNICO1 NOMTECNICO2	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Cráneo	----------	----------
297	08/03/17	21:00	No	0		0	URY	CI	23555985	APELLIDO2 APELLIDO22, NOMBRE2 NOMBRE22	URY	CI	23366552	APETECNICO1 APETECNICO2, NOMTECNICO1 NOMTECNICO2	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Brazo	----------	----------
296	08/03/17	16:45	No	0		0	URY	CI	23555985	APELLIDO2 APELLIDO22, NOMBRE2 NOMBRE22	URY	CI	35002251	NOMTECNICO22 APETECNICO22, NOMTECNICO12 APETECNICO12	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Cráneo	----------	----------
294	08/03/17	18:00	No	0		0	URY	CI	19955254	APELLIDO1 APELLIDO21, NOMBRE1 NOMBRE21	URY	CI	35002251	NOMTECNICO22 APETECNICO22, NOMTECNICO12 APETECNICO12	Imagenologia	Tomografía Computada	TC Órbitas	----------	----------

Figura 78 – Interfaz implementada para la administración de los turnos para estudios y para invocar la creación del ítem de Worklist.

Las filas que poseen estado “Pendiente” (con el cuadrado de color celeste en la tercer columna), todavía no poseen ítem creado en el servidor de MWL asociado a el Análisis de Paraclínica (estudio).

Al hacer click encima de la fila correspondiente al estudio, se invoca a la interfaz de mensajería que genera el mensaje HL7 versión 2.5 de tipo ORM-O01. Luego a través de la herramienta externa “hl7snd”, que forma parte del “dcm4chee”, se envía el mensaje creado al servidor de MWL, para crear el nuevo registro de Worklist.

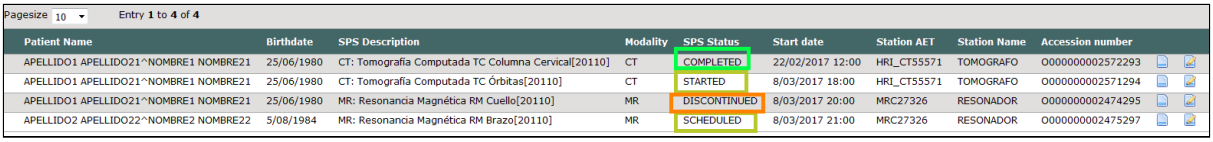
La figura 79 expone el estado final de los estudios, luego que algunos de ellos fueron enviados al servidor de MWL para ser ejecutados en la modalidad de adquisición de imágenes que tienen asociada. Se resaltan los colores del estado del estudio que figura en la leyenda de la interfaz de invocación de la creación del registro de Worklist.



Id	Fecha		T. Doc	Nro Documento	Paciente		T. Doc	Nro. Doc. Tec.	Técnico	Tipo	SubTipo	Solicitud	Estado		Comentario
298	08/03/17 23:15	URY	CI	23555985	APELLIDO2 APELLIDO22, NOMBRE2 NOMBRE22	URY	CI	23366552	APETECNICO1 APETECNICO2, NOMTECNICO1 NOMTECNICO2	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Cráneo	No Enviado		Solicitud de último momento
297	08/03/17 21:00	URY	CI	23555985	APELLIDO2 APELLIDO22, NOMBRE2 NOMBRE22	URY	CI	23366552	APETECNICO1 APETECNICO2, NOMTECNICO1 NOMTECNICO2	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Brazo	Adquisición en Progreso		Envíos directos de solicitudes
295	08/03/17 20:00	URY	CI	19955254	APELLIDO1 APELLIDO21, NOMBRE1 NOMBRE21	URY	CI	23366552	APETECNICO1 APETECNICO2, NOMTECNICO1 NOMTECNICO2	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Cuello	Adquisición Descartada		Para resonancia continua
294	08/03/17 18:00	URY	CI	19955254	APELLIDO1 APELLIDO21, NOMBRE1 NOMBRE21	URY	CI	35002251	NOMTECNICO22 APETECNICO22, NOMTECNICO12 APETECNICO12	Imagenologia	Tomografía Computada	TC Órbitas	Adquisición en Progreso		Solicitud de Estudio
296	08/03/17 16:45	URY	CI	23555985	APELLIDO2 APELLIDO22, NOMBRE2 NOMBRE22	URY	CI	35002251	NOMTECNICO22 APETECNICO22, NOMTECNICO12 APETECNICO12	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Cráneo	Adquisición Incorrecta		Envío de la Solicitud
293	08/03/17 16:30	URY	CI	19955254	APELLIDO1 APELLIDO21, NOMBRE1 NOMBRE21	URY	CI	23366552	APETECNICO1 APETECNICO2, NOMTECNICO1 NOMTECNICO2	Imagenologia	Tomografía Computada	TC Columna Cervical	Adquisición Completada		Solicitud de Estudio

Figura 79 – Estado final de los estudios agendados. La mayoría de los mismos fueron enviados para ser ejecutados, pero solamente en algunos el resultado estudio fue exitoso. Se resalta cada uno de ellos con el color que representa su estado.

En la figura 80 se muestra el listado de los ítems de Worklist ingresados en el servidor de MWL del “dcm4chee”, resaltando los registros con los colores de los estados correspondiente al estudio asociado proveniente del Sistema de Órdenes.



Pagesize 10 Entry **1** to **4** of **4**

Patient Name	Birthdate	SPS Description	Modality	SPS Status	Start date	Station AET	Station Name	Accession number
APELLIDO1 APELLIDO21^NOMBRE1 NOMBRE21	25/06/1980	CT: Tomografía Computada TC Columna Cervical[20110]	CT	COMPLETED	22/02/2017 12:00	HRI_CT55571	TOMOGRAFO	O000000002572293
APELLIDO1 APELLIDO21^NOMBRE1 NOMBRE21	25/06/1980	CT: Tomografía Computada TC Órbitas[20110]	CT	STARTED	8/03/2017 18:00	HRI_CT55571	TOMOGRAFO	O000000002571294
APELLIDO1 APELLIDO21^NOMBRE1 NOMBRE21	25/06/1980	MR: Resonancia Magnética RM Cuello[20110]	MR	DISCONTINUED	8/03/2017 20:00	MRC27326	RESONADOR	O000000002474295
APELLIDO2 APELLIDO22^NOMBRE2 NOMBRE22	5/08/1984	MR: Resonancia Magnética RM Brazo[20110]	MR	SCHEDULED	8/03/2017 21:00	MRC27326	RESONADOR	O000000002475297

Figura 80 – Correspondencia entre los registros del servidor de MWL con los estudios ingresados en el Sistema de Órdenes.

Notificación del Estado de la Tarea al HIS

La tabla 35 describe la forma en que fue desarrollada la notificación del Estado de la Tarea al HIS. La idea central es que desde el HIS se pueda visualizar el resultado final del estudio ejecutado en determinada modalidad de adquisición de imágenes.

Tabla 35 – Proceso de desarrollo de la Notificación del Estado de la Tarea al HIS.

Tarea concreta:
La notificación del estado de la tarea consiste en cambiar el valor del estado de la entidad correspondiente al estudio del Paciente, en función del estado de su Worklist creado para llevar a cabo el estudio en la Modalidad asociada al mismo.
Implicaciones:
Ejecución de un proceso que lleve a cabo el cambio del estado del ítem de Worklist. Es necesario porque generalmente en los DICOM Conformance Statement de las Modalidades está documentado que el pasaje hacia los estados de "COMPLETED" o "DISCONTINUED", el MPPS no los realiza de forma automática, sino que deben ser realizarlos de forma manual.
Para la secuencia de ejecución del Workflow:
Con este paso se culminaría el proceso del Workflow, porque es la recepción del resultado final en el HIS de todo el proceso de adquisición de las imágenes de determinado estudio que fue programado a realizarse mediante el motor del flujo de datos.
Condición para que el Workflow culmine correctamente:
Debe verificarse que en el Servidor de PACS esté almacenado el conjunto de imágenes en formato DICOM obtenidas por la Modalidad de Adquisición de imágenes. El mismo es identificado mediante el valor del Accession Number que fue asignado en la creación del Ítem de Worklist que llevó cabo el la orden de ejecución del estudio seleccionado.
Implementación de la verificación: Mediante la utilización de la herramienta externa "dcmqr", que forma parte del dcm4chee. Al igual que ocurrió con las dos herramientas externas de creación del ítem del worklist, está también debe ser invocada en Genexus como un programa externo desarrollado con lenguaje de programación Java.

La tabla 36 describe las entrada y salidas que posee la herramienta “dcmqr”.

Tabla 36 – Entradas y salidas de la herramienta “dcmqr”.

Comando: "dcmqr"	
- Entradas: - IP del Servidor de PACS - Puerto del Servidor de PACS - AE del Servidor de PACS - Accession Number	***- Salida:*** - Si existe ítem en el PACS con el Accession Number ingresado, retorna sus atributos. - Sino, retornará vacío.

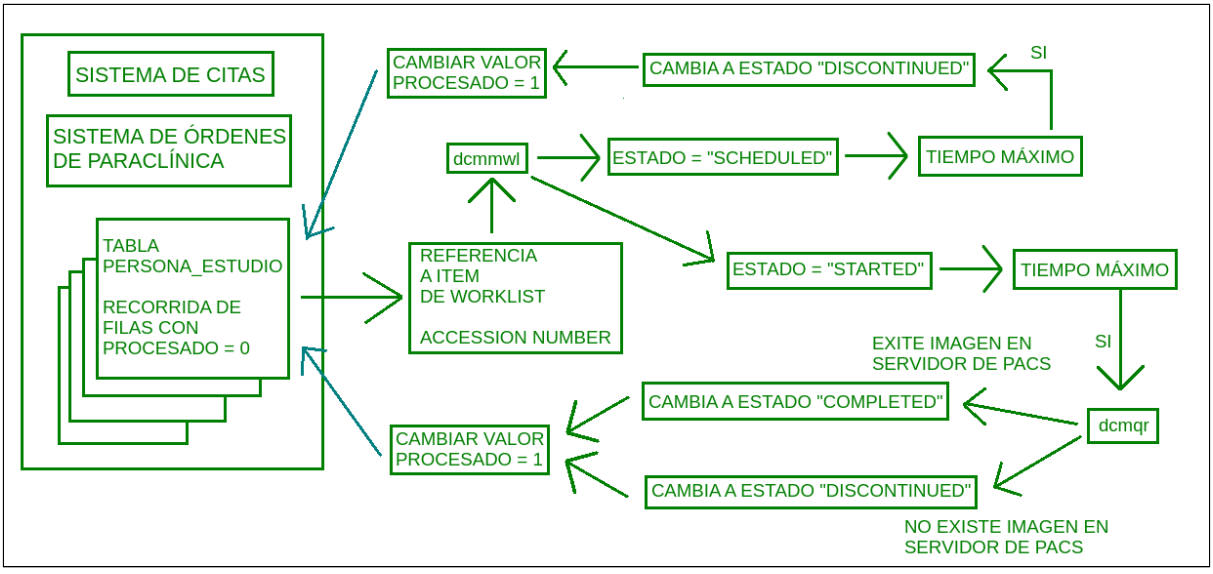
La tabla 37 enumera los parámetros que debieron ser agregados a los Sistemas de Citas y de Órdenes para el desarrollo de la notificación.

Tabla 37 – Parámetros agregados a los Sistemas de agendamiento de estudios.

Parámetro	Descripción	Valor
tiempomwl	Lapso en segundos que debe transcurrir sin que se permita ejecutar el proceso luego de la última vez en que fue ejecutado.	120
horasmaxsc	Cantidad máxima de horas, desde su creación, en las cuales un ítem puede permanecer en el estado de "SCHEDULED". Luego de transcurridas, pasa a estado de "DISCONTINUED".	24
horasmaxst	Cantidad máxima de horas, desde su creación, en las cuales un ítem puede permanecer en el estado de "STARTED". Luego de transcurridas, pasa a estado de "DISCONTINUED".	2

La figura 81 muestra el diagrama de los procesos llevados a cabo en la notificación.

Figura 81 – Diagrama de funcionamiento de la notificación del estado de la tarea al HIS



Descripción detallada de la secuencia de la notificación:

1. Recorrida de cada una de las filas ingresadas en la tabla "Persona_Estudio", donde el valor del atributo "Procesado" sea igual a cero.
2. Se obtiene el valor del Accession Number de la fila
3. Se obtiene los datos básicos del servidor de MWL y PACS asociados al Estudio que posee como valor del atributo Accession Number el recién obtenido.
4. A través de la herramienta "dcmmwl", se consulta el estado actual del Ítem de Worklist que fue creado para el estudio.
5. Si el estado obtenido fue: "SCHEDULED", se verifica que no haya pasado el tiempo máximo en que puede permanecer en ese estado desde su fecha de creación. Se verifica con el parámetro "horasmaxsc".
   Si el estado obtenido fue: "STARTED", se verifica que no haya pasado el tiempo máximo en que puede permanecer en ese estado desde su fecha de creación. Se verifica con el parámetro "horasmaxst". Solamente se invocará el comando "dcmqr", para las tareas con estado igual a "STARTED", que hayan llegado al plazo con valor del parámetro "horasmaxst" desde su creación. Si el resultado de su invocación es que existe el ítem en el PACS, el estado cambia a "COMPLETED". En caso contrario pasa a estado de "DISCONTINUED", porque el estudio comenzó pero no almacenó las imágenes en el servidor de PACS.
6. Si se procedió a modificar el estado del ítem, se procede a asignarle valor igual a uno al atributo "Procesado".
7. Para modificar el estado del ítem de Worklist, se enviará un mensaje adicional HL7 tipo ORM-O01, pero con un contenido de actualización en lugar de ingreso. Este proceso también es almacenado en la misma tabla al igual que en el caso de ingreso de nuevo elemento, pero en este caso el valor del atributo "Procesado" pasa a ser directamente igual a uno.

La tabla 38 describe las dos maneras en que la notificación puede ser invocada.

Tabla 38 – Las dos formas de invocar a la notificación.

Invocación automática
Este proceso se invocará solamente cuando se proceda a dar la orden de enviar un estudio programado hacia el Worklist, ya sea desde el listado de Citas de Estudios o desde el listado de Órdenes de Paraclínicas pendientes. Debe controlarse que sea ejecutado en intervalos de tiempo razonables y no de forma exhaustiva para evitar que el sistema quede colgado por consumo ineficiente de recursos. Para resolver esto, se verifica que la fecha de su última ejecución sea superior a una cantidad de segundos definida en el valor del parámetro "tiempomwl".
Invocación manual
También se dispondrá de una interfaz adicional para ejecutarlo de forma manual en cualquier momento.

En los dos sistemas se agregó una nueva tabla llamada “Seguimiento_Estudios”. En la misma se mantiene un seguimiento de las invocaciones realizadas al proceso de notificación de tareas al HIS. La tabla 39 enumera sus especificaciones.

Tabla 39 – Descripción y especificaciones de la tabla “Seguimiento_Estudios”.

Tabla: Seguimiento_Estudios
Esta tabla mantiene un seguimiento de todos las instancias de ejecución del proceso de notificación.
Atributos: - Fecha / Hora de Inicio de ejecución proceso de notificación. - Valores de los parámetros: tiempomwl, horasmaxsc, horasmaxst . - Cantidad de ítems de la tabla Persona_Estudio con atributo Procesado=0 . - Cantidad de ítems de MWL no existentes o mal ingresados. - Cantidad de ítems de MWL con estado SCHEDULED. - Cantidad de ítems de MWL con estado STARTED. - Cantidad de ítems de MWL modificados a estado COMPLETED. - Cantidad de ítems de MWL modificados a estado DISCONTINUED. - Cantidad de ítems de MWL con errores al invocar el cambio de estado. - Fecha / Hora de Finalización de ejecución del proceso de notificación.
El valor del atributo "Fecha/Hora de Finalización" del último registro ingresado, permite saber cuándo fue la última vez que se ejecutó y por eso es muy útil para el control en las próximas instancias de ejecución.

5.4 Formato de los Mensajes HL7 de tipo ORM-O01

Lo primero que se realizó fue verificar la configuración del servidor de HL7 provisto por el dcm4chee. Como fue mencionado anteriormente, su puerto es distinto al del servicio de MWL pese a que funcionan sobre el mismo equipo y plataforma.

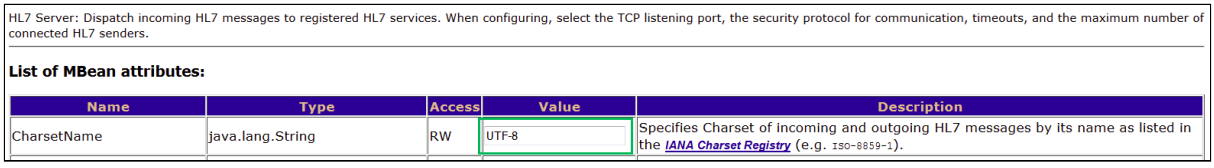
Problemas con los caracteres especiales

En la primeras pruebas de envío de mensajes, los caracteres especiales pertenecientes a la lengua española como por ejemplo la "ñ" y los tildes, eran ingresados de forma incorrecta entre los valores de los atributos del registro de Worklist ingresado.

A modo de ejemplo, podría darse el caso en que el nombre o apellido de un determinado Paciente contengan caracteres especiales. También lo mismo puede ocurrir con el nombre de un estudio, como por ejemplo "Tomografía" con tilde en la letra "i", y también en el caso de "Resonancia Magnética" con tilde en su segunda letra "e".

Verificando a través de la interfaz gráfica provista para la configuración del servicio de mensajería HL7 del "dcm4chee", se constató que el valor del atributo "Charset Name" no era el más adecuado. Por defecto viene seteado con el valor correspondiente a "ISO-8859-1". Para resolver el problema, se modificó su valor por "UTF-8". Se optó por ese nuevo valor de Charset por ser el que acepta casi todos los caracteres pertenecientes a la gran mayoría de los idiomas existentes.

En la figura 82 se muestra la interfaz gráfica en entorno web de configuración del servicio de mensajería HL7.


HL7 Server: Dispatch incoming HL7 messages to registered HL7 services. When configuring, select the TCP listening port, the security protocol for communication, timeouts, and the maximum number of connected HL7 senders.

List of MBean attributes:

Name	Type	Access	Value	Description
CharsetName	java.lang.String	RW	UTF-8	Specifies Charset of incoming and outgoing HL7 messages by its name as listed in the IANA Charset Registry (e.g. ISO-8859-1).

Figura 82 – Configuración del servicio de mensajería HL7 provisto por plataforma "dcm4chee".

Obtención de los datos para el contenido del Mensaje

Un importante número de datos requeridos para ingresar el nuevo registro de Worklist, provienen de otros sistemas que también forman parte del HIS. Éstos implementan Web-Services que son referenciados en el proceso de construcción del mensaje HL7 de tipo ORM-O01.

La tabla 40 enumera todos los sistemas de donde se extraen los valores de los atributos necesarios para el armado del mensaje.

Tabla 40 – Sistemas que proveen una considerable parte de la información que será enviada a través del mensaje HL7 generado.

SISTEMA	ATRIBUTOS OBTENIDOS PARA EL MENSAJE
ÍNDICE DE PERSONAS	- Nombre - Apellido del Paciente - Fecha Nacimiento del Paciente - Sexo del Paciente - Nombre - Apellido del Técnico
ADMISIÓN	- Verifica si se encuentra actualmente internado en la Institución.
FORMULARIO DE RÓTULOS	- Generador del identificador incremental del ítem de Worklist - Datos del Servidor de MWL - Datos del Servidor de MPPS - Datos del Servidor de PACS

Los Web-Services que permiten obtener todos los atributos mencionados, están implementados desde hace largo tiempo y están siendo utilizados por la gran mayoría de los sistemas que forman parte del HIS.

Los atributos específicos de los Estudios al que es sometido el paciente, como por ejemplo su identificador, nombre y el servicio dentro del Hospital al que pertenece, provienen del Sistema de Citas y del de Órdenes.

En el Anexo 1 se describe la composición de los segmentos que constituyen los mensajes HL7, versión 2.5 de tipo ORM-O01, utilizados en este proyecto.

Dificultades en el Mapeo de los Mensajes HL7

Algunos de los atributos contenidos en el mensaje HL7 no pudieron ser asignados correctamente en el nuevo registro de Worklist que era creado. Para resolver el problema mencionado, se tuvo que modificar el proceso de mapeo entre el mensaje HL7 y su correspondencia con los valores de los atributos del ítem de Worklist.

Esto consistió en modificar el archivo responsable de la configuración del mapeo de atributos, que se encuentra almacenado dentro de la plataforma de "dcm4chee".

El archivo es el: "/dcm4che/server/default/conf/dcm4chee-hl7/orm2dcm.xsl".

El estado inicial del nuevo elemento a ingresar debe tener valor igual a "SCHEDULED". El mismo no era inicialmente asignado durante la creación del nuevo registro. Según el estándar HL7, el estado debe ingresarse dentro del segmento ORC de la siguiente forma [58]:

ORC|NW||||**SCHEDULED**|| …..

Se modificó el archivo "orm2dcm.xsl", de acuerdo a lo sugerido por David Simic [59], para lograr que se ingresara el valor del atributo de estado en el segmento ORC en la posición sugerida. El cambio realizado no pudo resolver el problema de la asignación del valor del atributo. Al final se utilizó el segmento ZDS para poder asignar el valor del estado en el nuevo ítem de Worklist creado. Para el caso de los valores del Nombre y el AET correspondiente a la modalidad de adquisición de imágenes, los cuales tampoco eran asignados correctamente en el nuevo registro de Worklist, se siguió la recomendación de un experto en la materia, donde también sugería la utilización del segmento ZDS [60].

La tabla 41 muestra las modificaciones realizadas para el segmento ORC en el archivo de configuración de mapeos.

Tabla 41 – Modificación de segmento ORC en el archivo "orm2dcm.xsl".

Archivo Modificado: "orm2dcm.xsl"
Segmento ORC

```
<xsl:template match="ORC" mode="sps">
        <ítem>
                <!-- Scheduled Procedure Step Start Date/Time -->
                <xsl:call-template name="attrDATM">
                    <xsl:with-param name="datag" select="'00400002'"/>
                    <xsl:with-param name="tmtag" select="'00400003'"/>
                    <xsl:with-param name="val" select="string(field[9])"/>
                </xsl:call-template>

                <xsl:apply-templates select="following-sibling::OBR" mode="sps"/>
                <xsl:apply-templates select="following-sibling::ZDS" mode="sps"/>
                <!-- StationEAName , StationEAT , SCHEDULED -->
        </ítem>
</xsl:template>
```

También debió modificarse el mapeo del atributo “Scheduled Procedure Step Start Date/Time” dentro del segmento ORC, correspondiente a la fecha/hora programada para realizar el estudio.

La tabla 42 muestra las modificaciones realizadas para el segmento ZDS en el archivo de configuración de mapeos.

Tabla 42 – Modificación de segmento ZDS en el archivo “orm2dcm.xsl”.

Archivo Modificado: “orm2dcm.xsl”
Segmento ZDS
<xsl:template match="ZDS[1]" mode="sps"> **<!-- Nombre del equipo de la modalidad -->** **<xsl:call-template name="attr">** **<xsl:with-param name="tag" select="'00400010'"/>** **<xsl:with-param name="vr" select="'SH'"/>** **<xsl:with-param name="val" select="string(field[1]/component[1]/text())"/>** **</xsl:call-template>** **<!-- AET del equipo de la modalidad -->** **<xsl:call-template name="attr">** **<xsl:with-param name="tag" select="'00400001'"/>** **<xsl:with-param name="vr" select="'AE'"/>** **<xsl:with-param name="val" select="string(field[1]/component[2]/text())"/>** **</xsl:call-template>** **<!-- estado inicial: SCHEDULED -->** **<xsl:call-template name="attr">** **<xsl:with-param name="tag" select="'00400020'"/>** **<xsl:with-param name="vr" select="'CS'"/>** **<xsl:with-param name="val" select="string(field[1]/component[3]/text())"/>** **</xsl:call-template>** **</xsl:template>**
Estos bloques se encuentran ingresados antes de culminar el archivo.

5.5 Eliminación de registros del Servidor de Worklist

Las causas que generan la necesidad de la eliminación de los registros son las siguientes:

- Cuando se realizaron las pruebas en las modalidades reales de Tomografía Computada y de Resonancia Magnética, se observó que una vez que terminaba totalmente la ejecución de la tarea seleccionada, el ítem de Worklist seguía desplegándose en la Workstation del equipo.
- Cuando el estudio culmina, ya sea de forma exitosa o no, tampoco se invoca la eliminación del ítem de Worklist.
- En el cambio del estado de un determinado ítem de Worklist, no se invoca la eliminación del mismo.

Las consecuencias de mantener los tareas culminadas en el servidor son las siguientes:

- Se sigue obteniendo el mismo ítem desde el servidor de Worklist asociado, independiente de su estado actual.
- Esto puede ocasionar confusión en el operador de la modalidad, ya que en la lista de tareas se despliegan trabajos ejecutados anteriormente que no deberían aparecer como pendientes de realizar.
- Se podría cometer fácilmente la selección errónea de estudios que no corresponden a un determinado paciente, lo que traería un impacto muy negativo en la calidad de la atención brindada al paciente.

La pasos de la solución que fue llevada a cabo fueron los siguientes:

- La Eliminación de todos los ítems de Worklist que posean el atributo estado con valor igual a "DISCONTINUED" o a "COMPLETED".
- Se aprovecha el proceso de Notificación del Estado de la Tarea al HIS, invocando en su etapa final la eliminación del ítem luego que su estado fue modificado a los valores recién mencionados.

La figura 83 muestra la forma en que se agregó el paso de la eliminación de registros al proceso de notificación del estado de la tarea al HIS.

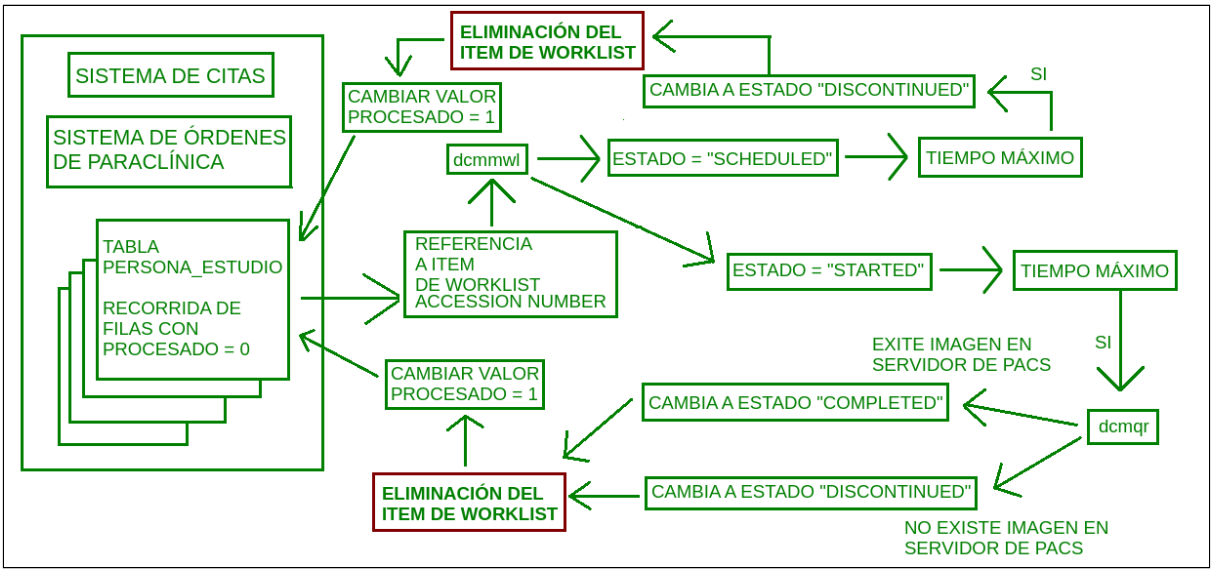


Figura 83 – Diagrama que resalta el agregado del paso de eliminación del ítem de Worklist al proceso de notificación del estado de tarea al HIS.

Se puede observar que con la incorporación de la eliminación del ítem de Worklist, los procesos de cambiar el estado a "COMPLETED" y a "DISCONTINUED" pasan a ser redundantes ya que alcanzaría con solamente eliminar el ítem sin necesidad de modificar el valor de su estado.

Sin embargo se optó por mantener la modificación del estado dentro del flujo de ejecución, para asegurarse de que la eliminación no sea realizada sobre un ítem con valor de estado igual a "SCHEDULED" o a "STARTED".

5.6 Dependencias de las librerías del "dcm4chee"

Una de las recomendaciones más conocidas para asegurarse que los servicios funcionen correctamente en este plataforma tecnológica, es verificar que las dependencias de las librerías estén correctamente configuradas, con el fin de asegurarse que no falta ningún componente y así lograr evitar dificultades en el funcionamiento normal del sistema.

En el caso de que un servicio no funcione o no se haya instalado o activado correctamente, es importante verificar nuevamente el estado de las dependencias.

En las siguientes imágenes podemos observar los diagramas de dependencias de los distintos servicios DICOM provistos por la plataforma “dcm4chee”.

Dependencias del Servidor de DICOM
Envía solicitudes de servicio entrantes a servicios DICOM registrados.

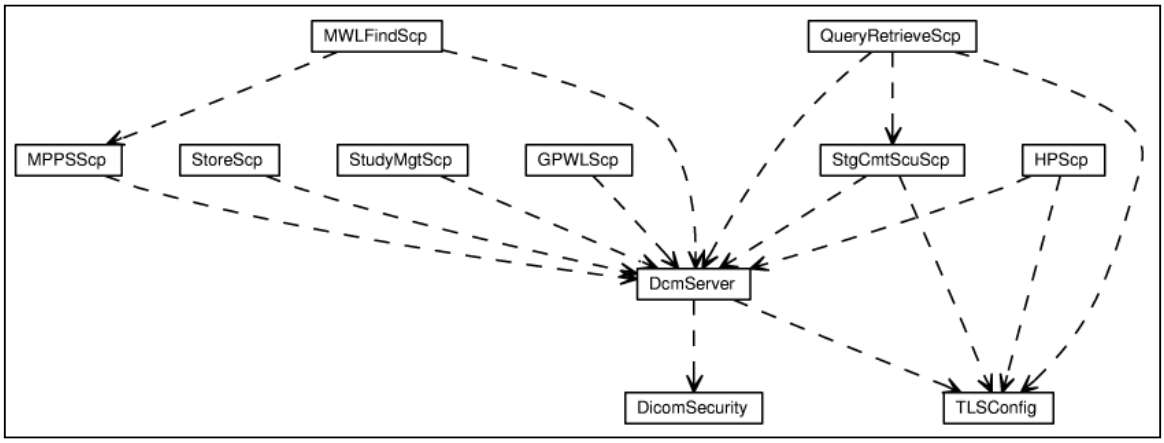


Figura 84 – Dependencias del Servidor de DICOM del "dcm4chee" [61].

Dependencias del Servicio de Worklist
Gestiona los servicios de Worklist en rol SCP

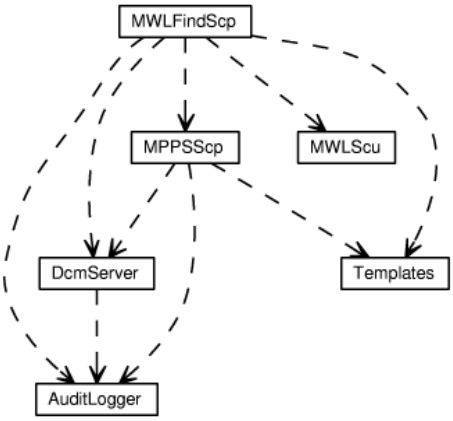


Figura 85 – Dependencias del Servicio de Modality Worklist del "dcm4chee" [36].

Dependencias del servicio de MPPS
Gestiona los servicios de MPPS en rol SCP

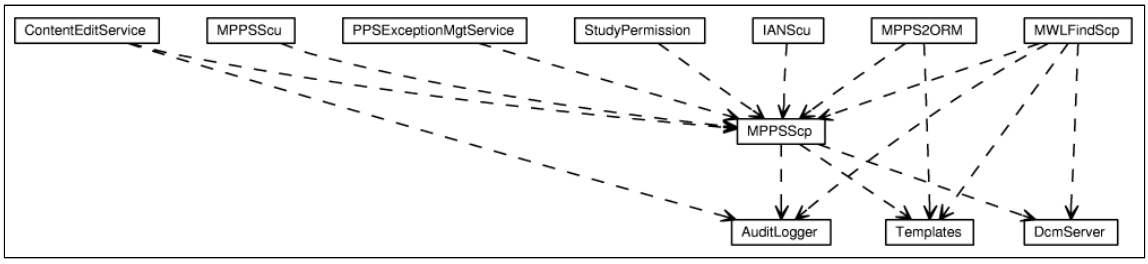


Figura 86 – Dependencias del Servicio de MPPS del "dcm4chee" [62].

Dependencias del servicio de HL7
Envío de mensajes HL7 entrantes a servicios HL7 registrados.

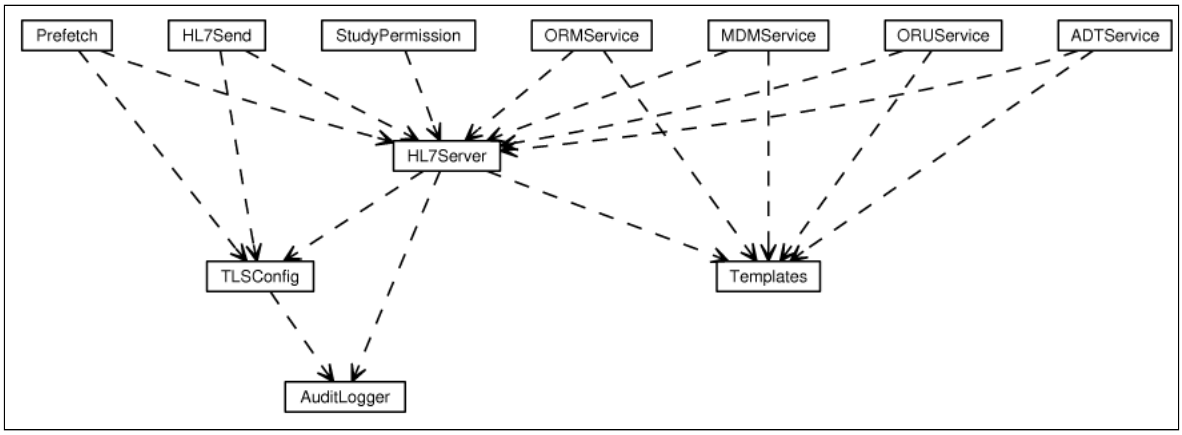


Figura 87 – Dependencias del Servicio de Mensajería HL7 del "dcm4chee" [63].

Un Riesgo Positivo en la etapa de Implementación del Proyecto

Ninguno de los servicios de la plataforma de “dcm4chee” que fueron utilizados a lo largo de todas las implementaciones, presentó problema alguno en la configuración de dependencias de sus librerías.

En las etapas tempranas de diseño del proyecto, se pensaba que posiblemente iban a surgir problemas con la activación y ejecución de las funcionalidades debido a la enorme cantidad de librerías y dependencias existentes entre todas ellas dentro de la plataforma del servidor.

Tanto en la etapa de pruebas como en la de desarrollo, no surgió ningún tipo de inconvenientes, sino que al contrario, el servidor se instaló correctamente y funcionó mejor de lo que podía esperarse.

Por eso se lo puede categorizar como un riesgo de tipo positivo, que le aporta un valor positivo muy considerable al desarrollo del motor de Workflow.

Eso no quiere decir que las dependencias recientemente expuestas no deban tenerse en cuenta a la hora de brindarle el mejor soporte y mantenimiento a la plataforma tecnológica propuesta.

6. PRUEBAS Y VALIDACIÓN

En esta sección se describen las pruebas funcionales que fueron realizadas sobre el prototipo implementado para la solución. El objetivo de las mismas es verificar que los casos de uso más comunes cumplan con lo planteado en la descripción de la solución y además validar el correcto funcionamiento del Workflow. Las pruebas que se llevarán a cabo son similares a las que fueron realizadas para el estudio de las tecnologías existentes. La diferencia en este caso es que solamente serán realizadas sobre la plataforma "dcm4chee" instalada en el servidor real donde se implementó el workflow (en el ambiente de preproducción). Además se ejecutarán directamente desde el HIS, utilizando las interfaces provistas por el Sistema de Citas y por el de Órdenes de Paraclínicas.

6.1 Validación y Verificación en ambiente de preproducción

En el marco de este proyecto, se creó un ambiente de preproducción donde se instaló el motor de Workflow. Las únicas modalidades que van a ser integradas al mismo, son la Tomografía Computada y la Resonancia Magnética.

Para evitar que una modalidad pueda visualizar los elementos de Worklist correspondientes a otras modalidades, se instaló y configuró un servidor especialmente para cada una de ellas. Actualmente la institución posee un solo Tomógrafo y un solo Resonador Magnético. Se instalaron dos servidores con plataforma “dcm4chee”, uno para el Tomógrafo y el otro para el Resonador.

En los nuevos servidores, se instaló la misma versión del “dcm4chee” con motor de base de datos MySQL que fue utilizada en la etapa de pruebas de investigación. Además se le copió la misma versión del archivo de configuración correspondiente al mapeo de los atributos en los mensajes HL7 (archivo: "orm2cdm.xsl").

La figura 88 muestra la distribución de los servidores de MWL, HL7 y MPPS con los equipos de adquisición de imágenes agrupados según las modalidades a la que pertenecen.

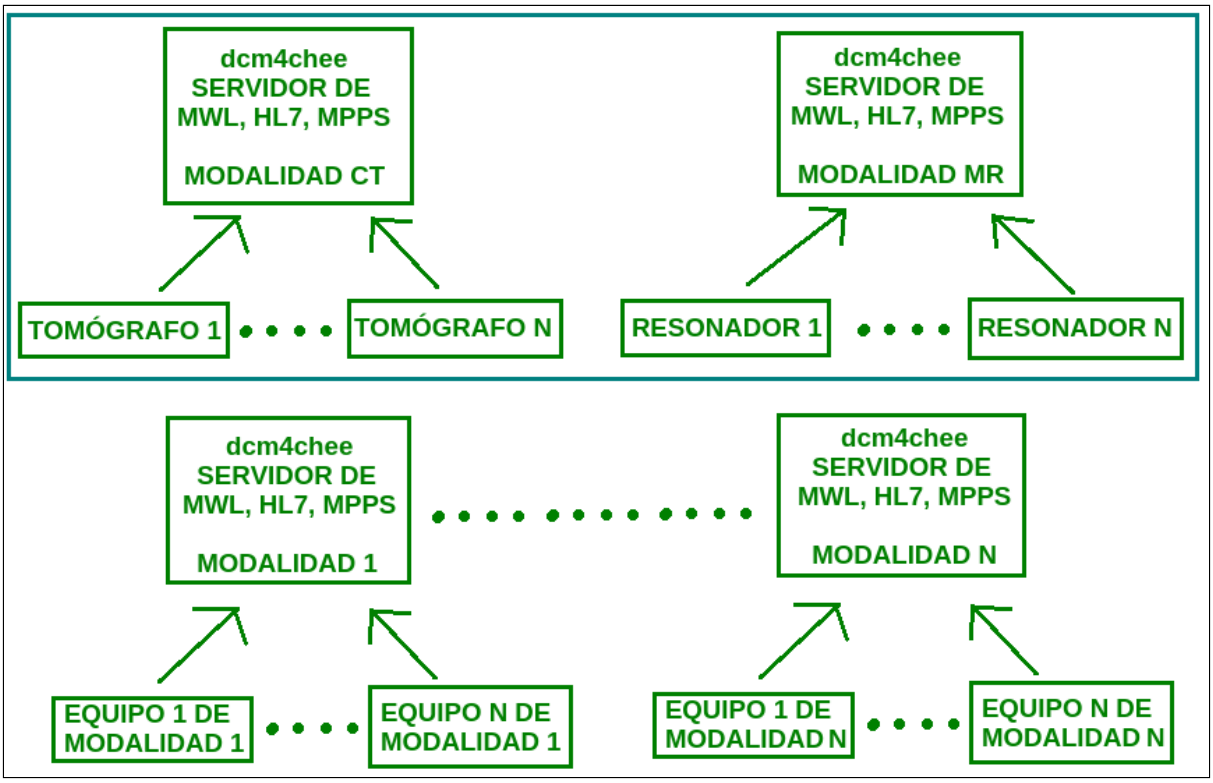


Figura 88 – Diagrama de la distribución de las modalidades entre los servidores.

En el futuro se podría llegar a ingresar otro Tomógrafo y Resonador a la Institución. Por el ejemplo el nuevo Tomógrafo tendría que apuntar al mismo servidor de MWL, HL7 y MPPS que apunta el Tomógrafo actual. Lo mismo debería ocurrir con el Resonador Magnético.

De esta forma se brinda la posibilidad de integrar con un alto grado de flexibilidad nuevos equipos de modalidades de adquisición de imágenes al motor de Workflow recientemente desarrollado.

La Tabla 43 describe los nuevos servidores que fueron instalados.

Tabla 43 – Servidores instalados y asignados para cada modalidad.

Modalidad	Equipo	AET	IP	Puerto MWL	Puerto HL7
CT	Tomógrafo	HC_MWL-0A	192.168.150.130	11112	2575
MR	Resonador Magnético	HC_MWL-0B	192.168.150.131	11112	2575

El Tomógrafo y Resonador, son los mismos que se utilizaron en la etapa de pruebas de investigación con modalidades de adquisición de imágenes.

En la figura 89 se muestra cómo en la interfaz de configuración del Tomógrafo, se van sustituyendo los valores correspondientes al servidor virtual utilizado para el estudio de tecnologías, por los valores de los atributos del nuevo servidor de MWL, MPPS y HL7 que fue instalado de forma definitiva para la modalidad de CT.

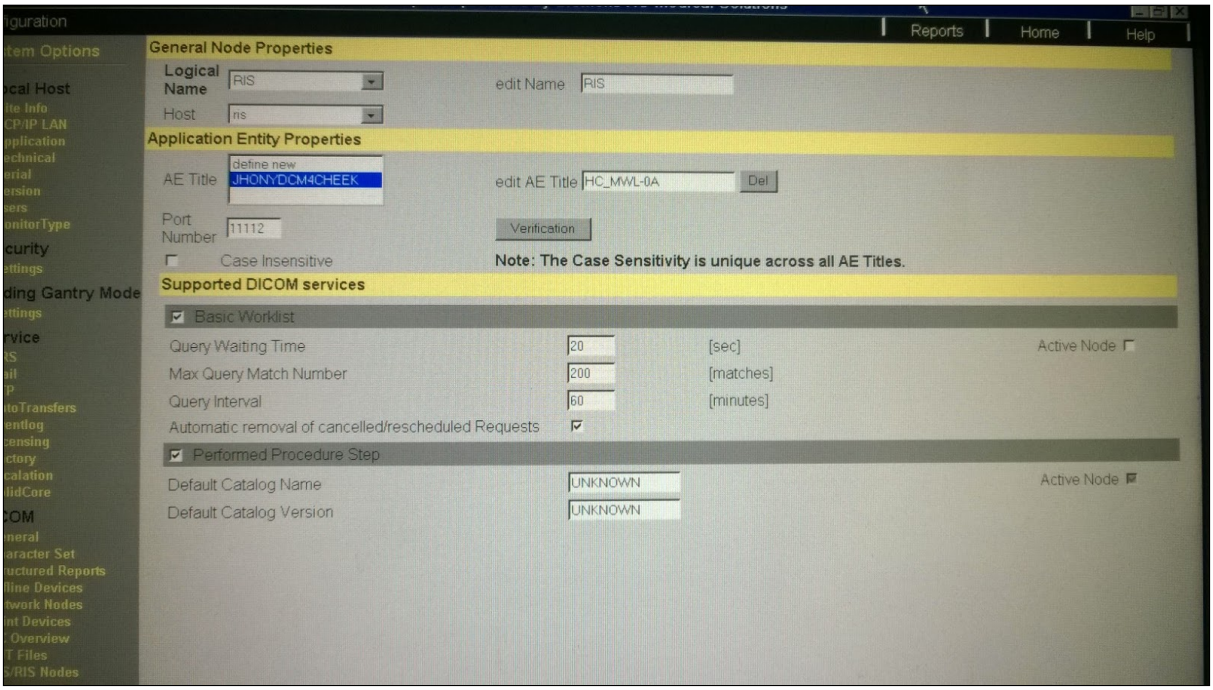


Figura 89 – Configuración en el Tomógrafo del servidor definitivo de MWL, HL7 y MPPS.

6.2 Pruebas Integrales con Emulador de Modalidad

En esta primera etapa de pruebas integrales se utiliza el emulador de Modalidad "DVTK". El mismo no provee creación de instancias de MPPS con estado igual a "COMPLETED". Por tanto, solamente puede realizarse para el caso en que la tarea del ítem de Worklist culminó con el atributo de estado igual a "DISCONTINUED". En el emulador no se realiza adquisición de imágenes, por lo tanto el servidor de PACS no participa de esta instancia de pruebas, ya que no hay imágenes para almacenar en el mismo.

Pruebas de realizar

A continuación se enumera la lista de pruebas que son realizadas:

- Asignación de un técnico de prueba para la prestación correspondiente al estudio de "Tomografía Computada".
- Agendamiento a través del Sistema de Citas de tres pacientes para la prestación correspondiente al Estudio de "Tomografía Computada".
- A través de la interfaz de mensajería HL7 del Sistema de Citas se envían los estudios recientemente agendados al servidor de MWL implementado

especialmente para la modalidad de "CT", para después ser solicitados por el emulador de modalidad.

- Agendamiento a través del Sistema de Órdenes de Paraclínicas, de esos mismos tres pacientes, para el Análisis de Paraclínica correspondiente al Estudio de "Resonancia Magnética".
- A través de la interfaz de mensajería HL7 del Sistema de Órdenes se envían los estudios recientemente agendados al servidor de MWL implementado especialmente para la modalidad de "MR", para después ser solicitados por el emulador de modalidad.
- Dentro del Sistema de Órdenes de Paraclínicas se realizará un agendamiento de uno de los tres pacientes para el Análisis de Paraclínica correspondiente al Estudio de "Tomografía Computada".
- A través de la interfaz de mensajería HL7 del Sistema de Órdenes se envía el estudio recientemente agendado al servidor de MWL implementado especialmente para la modalidad de "CT", para después ser solicitado por el emulador de modalidad.
- Configuración del Emulador de Modalidad para que apunte al servidor de MWL (que al mismo tiempo es el que provee servicio de MPPS) correspondiente al de la modalidad de "CT".
- Solicitud desde el Emulador de todos los Ítem de Worklist ingresados en el servidor de MWL de la modalidad de "CT".
- Selección de uno de los ítems de Worklist para emular la ejecución de un estudio de Tomografía Computada.
- Creación de la instancia de MPPS con estado igual a "STARTED".
- Creación de la instancia de MPPS con estado igual a "DISCONTINUED".
- Selección de otro ítem perteneciente al servidor de MWL de la modalidad de "CT" (entre los que fueron creados desde el Sistema de Citas), y emulación de su ejecución de la misma forma en que fue realizado para el anteriormente mencionado.
- Ejecución manual desde el Sistema de Citas del proceso de notificación de estado de la Tarea (estudio emulado) al HIS.
- Configuración del Emulador de Modalidad para que apunte al servidor de MWL (que al mismo tiempo es el que provee servicio de MPPS) correspondiente al de la modalidad de "MR".
- Solicitud desde el Emulador de todos los Ítem de Worklist ingresados en el servidor de MWL de la modalidad de "MR".
- Selección de uno de los ítems de Worklist para emular la ejecución de un estudio de Resonancia Magnética.
- Creación de la instancia de MPPS con estado igual a "STARTED".
- Creación de la instancia de MPPS con estado igual a "DISCONTINUED".
- Selección del resto de todos los ítems pertenecientes al servidor de MWL de la modalidad de "MR" (entre los que fueron creados desde el Sistema de

Órdenes), y emulación de su ejecución de la misma forma en que fue realizado para el anteriormente mencionado.

- También se selecciona el ítem de estudio correspondiente a Tomografía Computada que fue agendado desde el Sistema de Órdenes, y se prosigue a la emulación de su ejecución.
- Ejecución manual desde el Sistema de Órdenes del proceso de notificación de estado de la Tarea (estudio emulado) al HIS.

Ejecución de las pruebas

A continuación serán mostradas las imágenes que fueron capturadas durante todo el transcurso de la ejecución de las pruebas integrales realizadas con el Emulador de Modalidad.

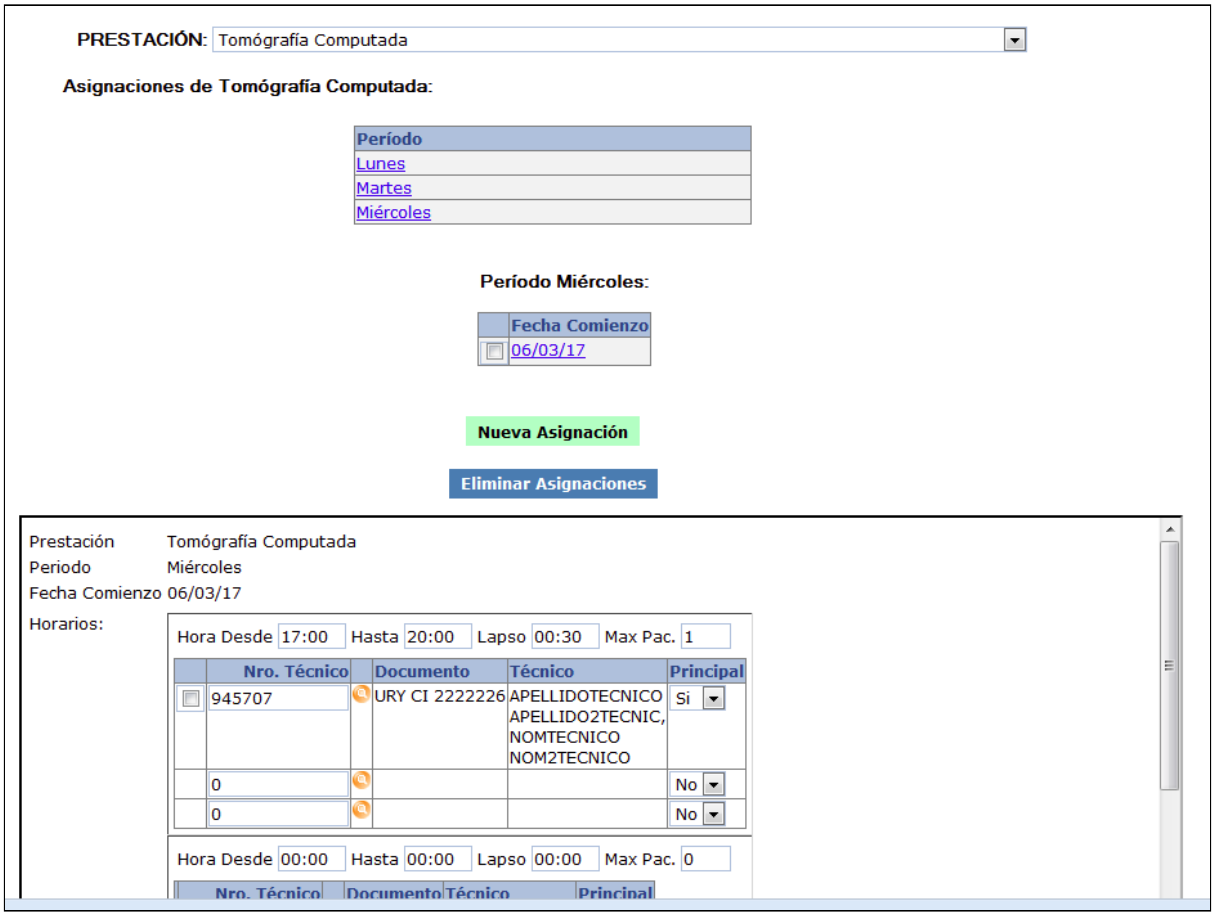


Figura 90 – Asignación del Técnico para la prestación de Tomografía Computada.



Figura 91 – Agendamiento del tercer paciente para Estudio de Tomografía Computada desde el Sistema de Citas.



Figura 92 – Listado de los estudios de prueba agendados desde el Sistema de Citas.

Se procedió a enviar a cada uno de los tres estudios hacia el servidor de MWL.

```
MSH|^~\&|SISTEMA_CITAS|ATEN_REC_USU_ESTUDIO|DICOM_SERVER|MWLSCP|20170329184106-030
0||ORM^O01|13|P|2.5|||||||
PID|||945701||APELLIDOPAC2 APELLIDO2PAC2^NOMBREPAC2
APELLIDOPAC2||19900801|F|||||||||||||||||||||||||
PV1||O|||||||945707^APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC^NOMTECNICO
NOM2TECNICO^^^DR|RADIOLOGÍA|||||||||||||||||||||||||||||||||V|
ORC|NW|13|||||||20170329190000-0300|||APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC^NOMTECNICO
NOM2TECNICO|||||922229-10^IHE-RAD^IHE-CODE-231||
OBR|1|13||20110^Tomógrafía Computada^99IHE^20110^CT: Tomógrafía
Computada^99IHE||20170329190000-0300|||||||Tomógrafía
Computada^^^^540|945707^APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC^NOMTECNICO
NOM2TECNICO^^^DR||C0000127489|RP13|SPS13|||CT|||||||||||||||||RP_13^Tomógrafía
Computada^RADIOLOGÍA
ZDS|2.16.858.0.0.1.10.2.3.6.55.13^TOMOGRAFO^HRI_CT55571^SCHEDULED
```

Figura 93 – Ejemplo de mensaje HL7 versión 2.5 generado desde uno de los estudios.

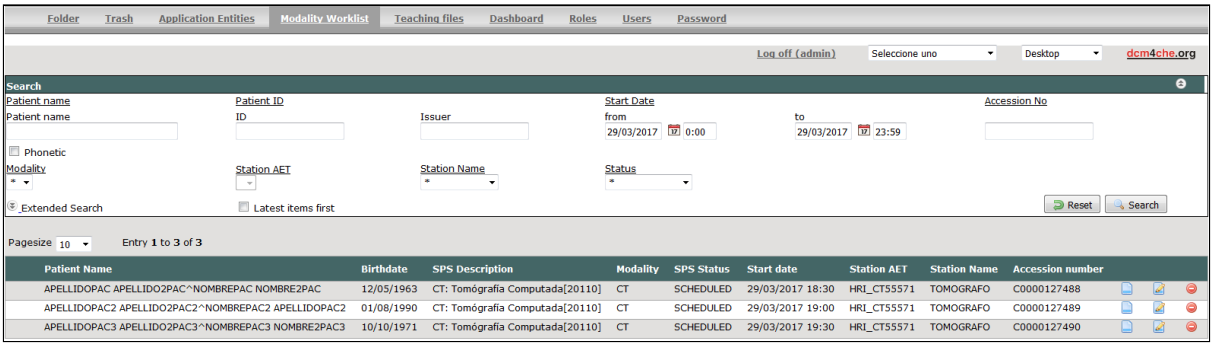


Figura 94 – Listado de los tres ítems de Worklist recientemente creados en la interfaz gráfica del "dcm4chee" del servidor de MWL de la modalidad de "CT".

Como puede observarse en la figura 95, el estado de cada de uno de los estudios enviados al servidor de MWL, pasó a ser "Llegó".



Figura 95 – Cambio en el estado de los tres estudios luego de realizado el envío.

Edit SPS attributes

Allow all attributes

Attribute name	Tag	VR	Length	Value
Specific Character Set	(0008,0005)	CS	10	ISO_IR 100
Accession Number	(0008,0050)	SH	12	C0000127490
Patient's Name	(0010,0010)	PN	50	APELLIDOPAC3 APELLID
Patient ID	(0010,0020)	LO	6	945703
Issuer of Patient ID	(0010,0021)	LO	0	
Patient's Birth Date	(0010,0030)	DA	8	19711010
Patient's Sex	(0010,0040)	CS	2	M
Study Instance UID	(0020,000D)	UI	30	2.16.858.0.0.1.10.2.3.6.
Requesting Physician	(0032,1032)	PN	58	APELLIDOTECNICO APEL
Requested Procedure Description	(0032,1060)	LO	20	Tomógrafía Computada
Requested Procedure Code Sequence	(0032,1064)	SQ	-1	
>Item #1				
>Code Value	(0008,0100)	SH	6	RP_14
>Coding Scheme Designator	(0008,0102)	SH	10	RADIOLOGÍA
>Code Meaning	(0008,0104)	LO	20	Tomógrafía Computada
>New Attribute	(0008,0000)	??	0	
>New Item #2				
Admission ID	(0038,0010)	LO	0	
Issuer of Admission ID	(0038,0011)	LO	0	
Scheduled Procedure Step Sequence	(0040,0100)	SQ	-1	
>Item #1				
>Modality	(0008,0060)	CS	2	CT

Figura 96 – Interfaz de edición de uno de los ítems de Worklist recientemente creado.

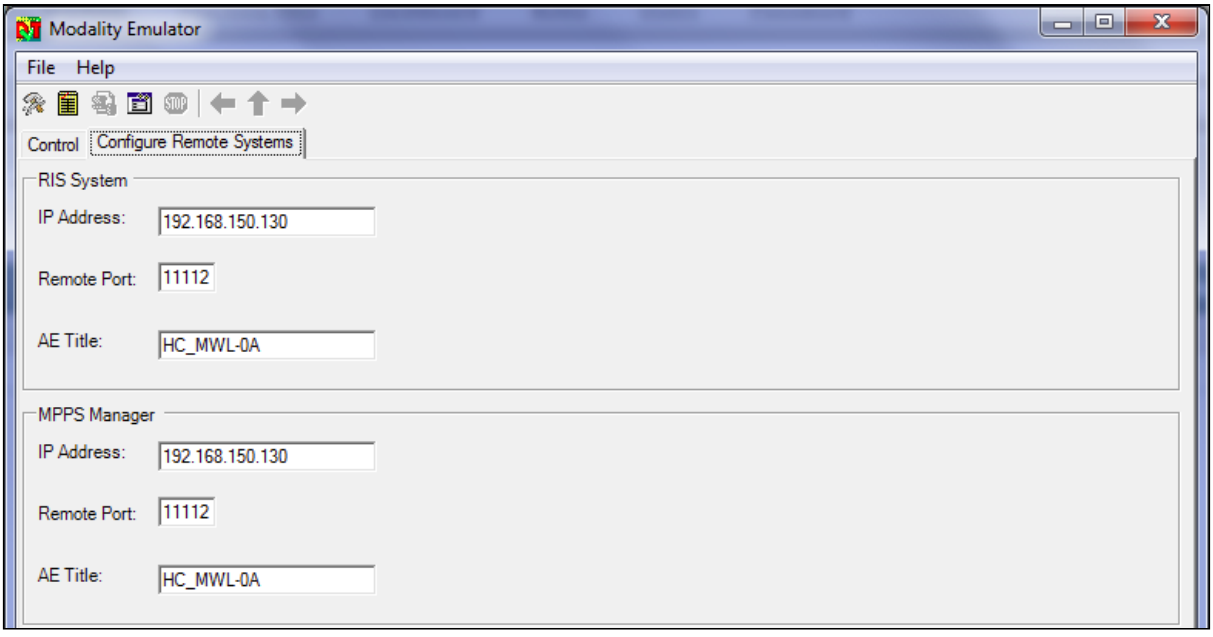


Figura 97 – Configuración del servidor de MWL de modalidad de "CT" en el Emulador.

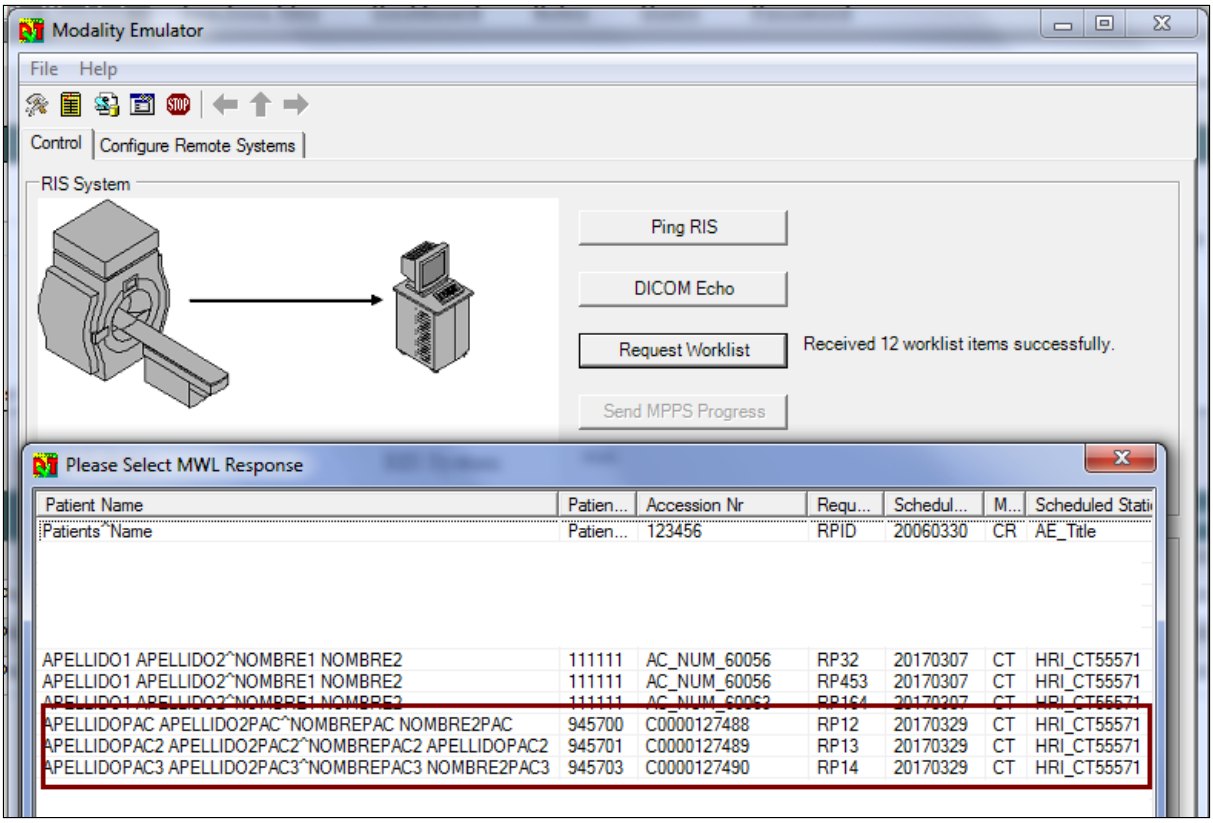


Figura 98 – Despliegue en el Emulador de los ítems de Worklist recientemente creados.

Se empezó seleccionando uno de los tres ítems recientemente creados. Luego se procedió a crear para el ítem seleccionado, la instancia de MPPS con estado igual a "STARTED".

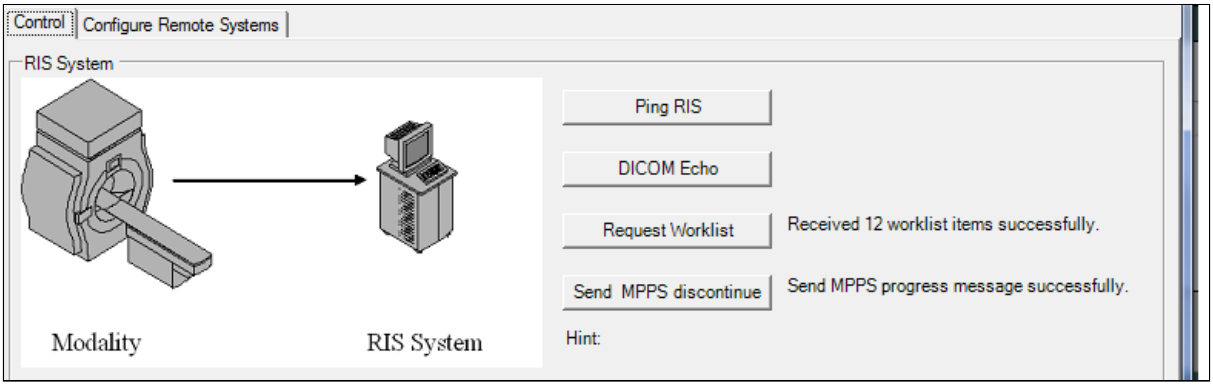
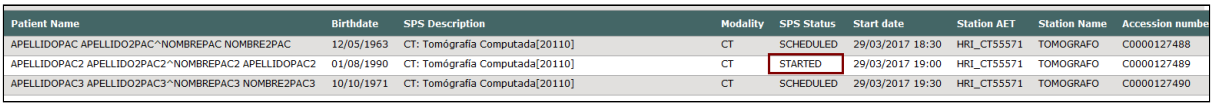


Figura 99 – Creación de la instancia de MPPS con estado igual a "STARTED".

En la figura 100 se muestra el listado del servidor del MWL, donde se refleja el cambio en el estado del ítem de worklist seleccionado en el emulador.



Patient Name	Birthdate	SPS Description	Modality	SPS Status	Start date	Station AET	Station Name	Accession numbe
APELLIDOPAC APELLIDO2PAC^NOMBREPAC NOMBRE2PAC	12/05/1963	CT: Tomografía Computada[20110]	CT	SCHEDULED	29/03/2017 18:30	HRI_CT55571	TOMOGRAFO	C0000127488
APELLIDOPAC2 APELLIDO2PAC2^NOMBREPAC2 APELLIDOPAC2	01/08/1990	CT: Tomografía Computada[20110]	CT	STARTED	29/03/2017 19:00	HRI_CT55571	TOMOGRAFO	C0000127489
APELLIDOPAC3 APELLIDO2PAC3^NOMBREPAC3 NOMBRE2PAC3	10/10/1971	CT: Tomografía Computada[20110]	CT	SCHEDULED	29/03/2017 19:30	HRI_CT55571	TOMOGRAFO	C0000127490

Figura 100 – Listado de los elementos desde el servidor de MWL, resaltando el cambio en el estado del registro seleccionado.

Después se creó la instancia de MPPS con estado igual a "DISCONTINUED".

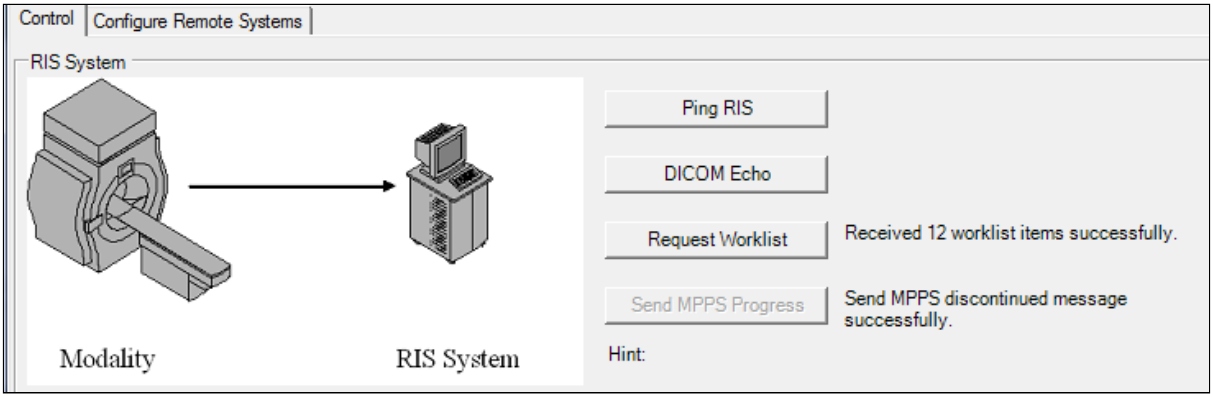


Figura 101 – Creación de la instancia de MPPS con estado igual a "DISCONTINUED".

En la figura 102 se muestra el listado del servidor del MWL, donde se refleja el cambio en el estado del ítem de worklist seleccionado en el emulador.

Patient Name	Birthdate	SPS Description	Modality	SPS Status	Start date	Station AET	Station Name	Accession num
APELLIDOPAC APELLIDO2PAC^NOMBREPAC NOMBRE2PAC	12/05/1963	CT: Tomografía Computada[20110]	CT	SCHEDULED	29/03/2017 18:30	HRI_CT55571	TOMOGRAFO	C0000127488
APELLIDOPAC2 APELLIDO2PAC2^NOMBREPAC2 APELLIDOPAC2	01/08/1990	CT: Tomografía Computada[20110]	CT	DISCONTINUED	29/03/2017 19:00	HRI_CT55571	TOMOGRAFO	C0000127489
APELLIDOPAC3 APELLIDO2PAC3^NOMBREPAC3 NOMBRE2PAC3	10/10/1971	CT: Tomografía Computada[20110]	CT	SCHEDULED	29/03/2017 19:30	HRI_CT55571	TOMOGRAFO	C0000127490

Figura 102 – Se resalta el siguiente cambio en el estado del registro seleccionado.

Se repite el mismo proceso para los otros dos ítem del mismo servidor de MWL. Para uno de ellos se le asigna solamente el estado de valor igual a "STARTED", pero para el otro se completa el proceso al igual que en el primer caso.

En la figura 103 se despliegan los ítems de Worklist con los nuevos valores del atributo estado, luego de realizadas las pruebas con los otros dos ítems.

Patient Name	Birthdate	SPS Description	Modality	SPS Status	Start date	Station AET	Station Name	Accession nur
APELLIDOPAC APELLIDO2PAC^NOMBREPAC NOMBRE2PAC	12/05/1963	CT: Tomografía Computada[20110]	CT	STARTED	29/03/2017 18:30	HRI_CT55571	TOMOGRAFO	C0000127488
APELLIDOPAC2 APELLIDO2PAC2^NOMBREPAC2 APELLIDOPAC2	01/08/1990	CT: Tomografía Computada[20110]	CT	DISCONTINUED	29/03/2017 19:00	HRI_CT55571	TOMOGRAFO	C0000127489
APELLIDOPAC3 APELLIDO2PAC3^NOMBREPAC3 NOMBRE2PAC3	10/10/1971	CT: Tomografía Computada[20110]	CT	DISCONTINUED	29/03/2017 19:30	HRI_CT55571	TOMOGRAFO	C0000127490

Figura 103 – Se resalta el valor final de cada uno de los estados correspondientes a los tres ítems de worklist creados para las pruebas.

Para culminar con las pruebas sobre el servidor armado para la modalidad "CT", se procedió con la ejecución de la notificación del estado de la tarea hacia el HIS.

La figura 104 muestra el listado de los tres estudios seleccionados para las pruebas.

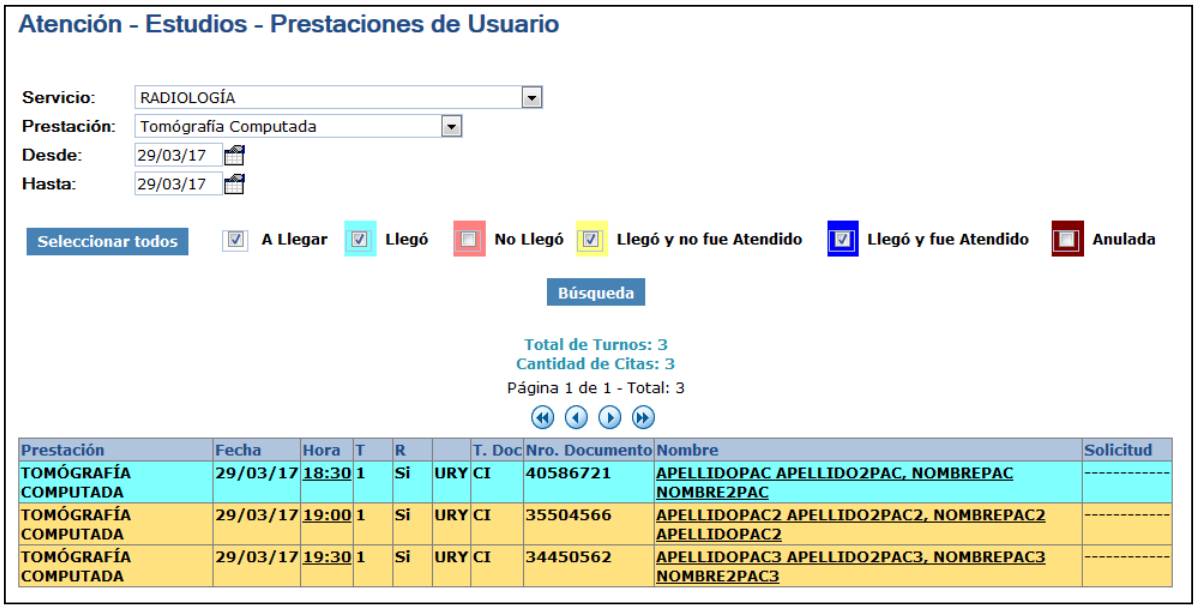


Figura 104 – El estado final de los estudios desplegados en el Sistema de Citas.

Como puede observarse, el estudio con estado de "STARTED" permaneció con el estado de "No llegó". Los otros dos estudios fue modificados con el estado de "Llegó y no fue Atendido". En la figura 105 se muestra el cambio en el servidor de MWL.



Patient Name	Birthdate	SPS Description	Modality	SPS Status	Start date	Station AET	Station Name	Accession number
APELLIDOPAC APELLIDO2PAC^NOMBREPAC NOMBRE2PAC	12/05/1963	CT: Tomografía Computada[20110]	CT	STARTED	29/03/2017 18:30	HRI_CT55571	TOMOGRAFO	C0000127488

Figura 105 – Modificación del servidor de MWL. Solamente uno de los tres ítems no fue eliminado.

Los dos ítems que quedaron con estado igual a "DISCONTINUED" fueron eliminados del servidor. Solamente permaneció el de valor igual a "STARTED", ya que en la ejecución de la notificación de estado de tarea al HIS, todavía no había llegado el tiempo máximo en que el ítem puede permanecer en dicho estado.

```
MSH|^~\&|SISTEMA_CITAS|ATEN_REC_USU_ESTUDIO|DICOM_SERVER|MWLSCP|20170329191816-0300||ORM^O01|13|P|2.5|||||||
PID|||945701||APELLIDOPAC2 APELLIDO2PAC2^NOMBREPAC2 APELLIDOPAC2||||||||||||||||||||||||||||||||
ORC|OC|13||||||||||||||||
OBR|1|13|||||||||||||||C0000127489|RP13|SPS13|||||||||||||||||||||||
```

Figura 106 – Uno de los mensaje HL7 versión 2.5 generado para eliminar uno de los dos ítems de worklist que fueron eliminados.

Luego se procedió con las pruebas hacia el servidor de MWL asignado para la modalidad de "MR", pero seleccionando los estudios desde el Sistema de Órdenes.

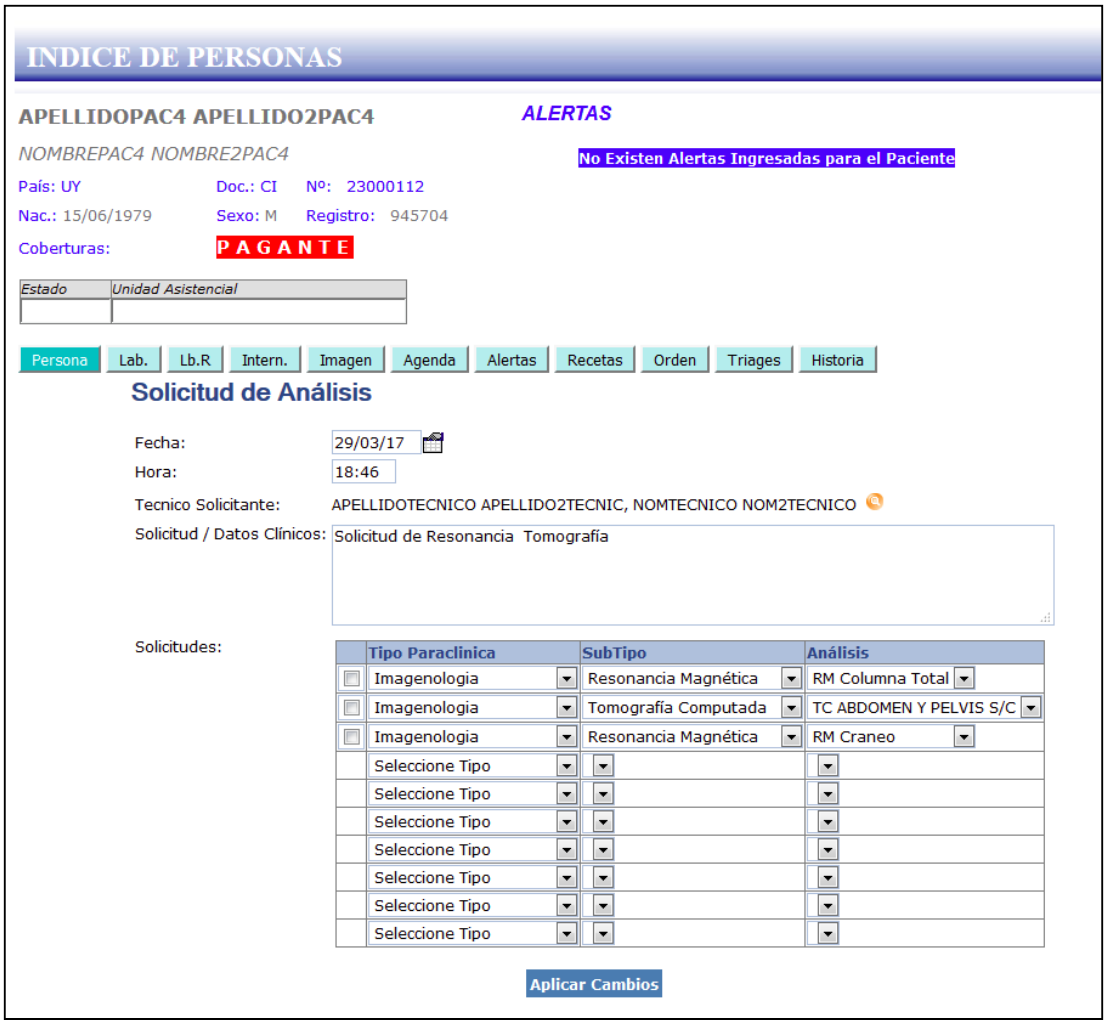
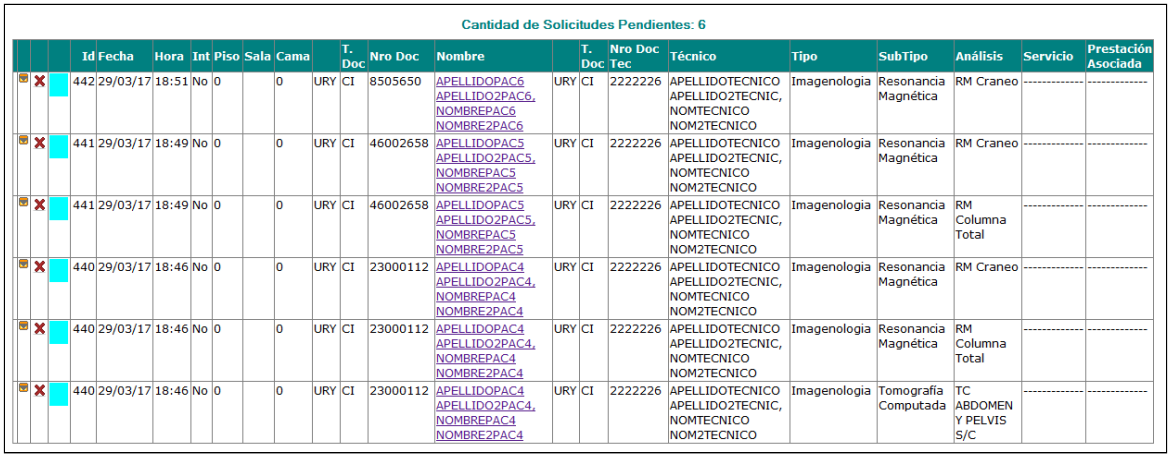


Figura 107 – Agendamiento de una orden de paraclínicas para un paciente.

En el ejemplo de la figura 107 se agendaron dos estudios para Resonancia Magnética y otro para Tomografía Computada. Después se procedió a agendar a los otros dos pacientes con más estudios.

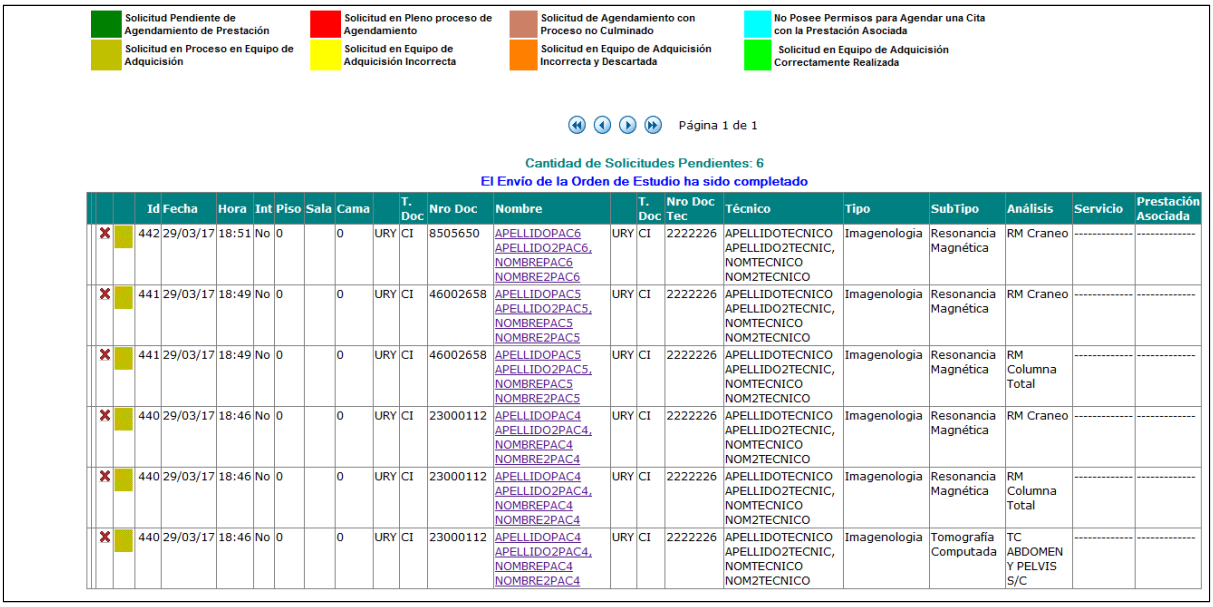


Cantidad de Solicitudes Pendientes: 6

Id	Fecha	Hora	Int	Piso	Sala	Cama	T. Doc	Nro Doc	Nombre	T. Doc	Nro Doc Tec	Técnico	Tipo	SubTipo	Análisis	Servicio	Prestación Asociada
442	29/03/17	18:51	No	0		0	URY CI	8505650	APELLIDOPAC6 APELLIDO2PAC6, NOMBREPAC6 NOMBRE2PAC6	URY CI	2222226	APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC, NOMTECNICO NOM2TECNICO	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Craneo	----------	----------
441	29/03/17	18:49	No	0		0	URY CI	46002658	APELLIDOPAC5 APELLIDO2PAC5, NOMBREPAC5 NOMBRE2PAC5	URY CI	2222226	APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC, NOMTECNICO NOM2TECNICO	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Craneo	----------	----------
441	29/03/17	18:49	No	0		0	URY CI	46002658	APELLIDOPAC5 APELLIDO2PAC5, NOMBREPAC5 NOMBRE2PAC5	URY CI	2222226	APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC, NOMTECNICO NOM2TECNICO	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Columna Total	----------	----------
440	29/03/17	18:46	No	0		0	URY CI	23000112	APELLIDOPAC4 APELLIDO2PAC4, NOMBREPAC4 NOMBRE2PAC4	URY CI	2222226	APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC, NOMTECNICO NOM2TECNICO	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Craneo	----------	----------
440	29/03/17	18:46	No	0		0	URY CI	23000112	APELLIDOPAC4 APELLIDO2PAC4, NOMBREPAC4 NOMBRE2PAC4	URY CI	2222226	APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC, NOMTECNICO NOM2TECNICO	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Columna Total	----------	----------
440	29/03/17	18:46	No	0		0	URY CI	23000112	APELLIDOPAC4 APELLIDO2PAC4, NOMBREPAC4 NOMBRE2PAC4	URY CI	2222226	APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC, NOMTECNICO NOM2TECNICO	Imagenologia	Tomografía Computada	TC ABDOMEN Y PELVIS S/C	----------	----------

Figura 108 – Listado de los estudios agendados desde el Sistema de Órdenes.

Luego todos los estudios fueron enviados al servidor de MWL de la modalidad de "MR". En la figura 109 se observa el cambio en el estado de los estudios.



Solicitud Pendiente de Agendamiento de Prestación | Solicitud en Pleno proceso de Agendamiento | Solicitud de Agendamiento con Proceso no Culminado | No Posee Permisos para Agendar una Cita con la Prestación Asociada
Solicitud en Proceso en Equipo de Adquisición | Solicitud en Equipo de Adquisición Incorrecta | Solicitud en Equipo de Adquisición Incorrecta y Descartada | Solicitud en Equipo de Adquisición Correctamente Realizada

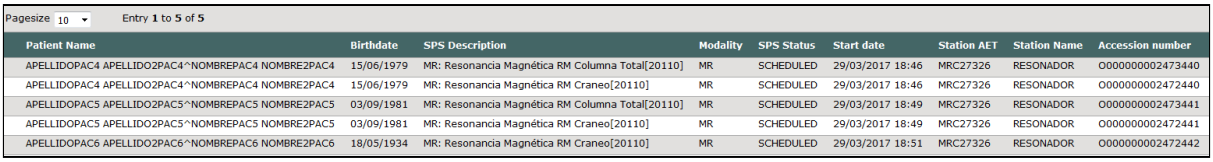
Página 1 de 1

Cantidad de Solicitudes Pendientes: 6
El Envío de la Orden de Estudio ha sido completado

Id	Fecha	Hora	Int	Piso	Sala	Cama		T. Doc	Nro Doc	Nombre	T. Doc	Nro Doc Tec	Técnico	Tipo	SubTipo	Análisis	Servicio	Prestación Asociada
442	29/03/17	18:51	No	0		0	URY	CI	8505650	APELLIDOPAC6 APELLIDO2PAC6, NOMBREPAC6 NOMBRE2PAC6	URY CI	2222226	APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC, NOMTECNICO NOM2TECNICO	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Craneo	----------	----------
441	29/03/17	18:49	No	0		0	URY	CI	46002658	APELLIDOPAC5 APELLIDO2PAC5, NOMBREPAC5 NOMBRE2PAC5	URY CI	2222226	APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC, NOMTECNICO NOM2TECNICO	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Craneo	----------	----------
441	29/03/17	18:49	No	0		0	URY	CI	46002658	APELLIDOPAC5 APELLIDO2PAC5, NOMBREPAC5 NOMBRE2PAC5	URY CI	2222226	APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC, NOMTECNICO NOM2TECNICO	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Columna Total	----------	----------
440	29/03/17	18:46	No	0		0	URY	CI	23000112	APELLIDOPAC4 APELLIDO2PAC4, NOMBREPAC4 NOMBRE2PAC4	URY CI	2222226	APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC, NOMTECNICO NOM2TECNICO	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Craneo	----------	----------
440	29/03/17	18:46	No	0		0	URY	CI	23000112	APELLIDOPAC4 APELLIDO2PAC4, NOMBREPAC4 NOMBRE2PAC4	URY CI	2222226	APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC, NOMTECNICO NOM2TECNICO	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Columna Total	----------	----------
440	29/03/17	18:46	No	0		0	URY	CI	23000112	APELLIDOPAC4 APELLIDO2PAC4, NOMBREPAC4 NOMBRE2PAC4	URY CI	2222226	APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC, NOMTECNICO NOM2TECNICO	Imagenologia	Tomografía Computada	TC ABDOMEN Y PELVIS S/C	----------	----------

Figura 109 – Listado de los estudios luego de que fueron enviados al servidor de MWL.

El estado de todos los estudios pasó a ser igual a: "Solicitud en Proceso en Equipo de Adquisición". En la figura 110 se despliegan los ítems recientemente creados e ingresados en el servidor.



Pagesize 10 Entry 1 to 5 of 5

Patient Name	Birthdate	SPS Description	Modality	SPS Status	Start date	Station AET	Station Name	Accession number
APELLIDOPAC4 APELLIDO2PAC4^NOMBREPAC4 NOMBRE2PAC4	15/06/1979	MR: Resonancia Magnética RM Columna Total[20110]	MR	SCHEDULED	29/03/2017 18:46	MRC27326	RESONADOR	O000000002473440
APELLIDOPAC4 APELLIDO2PAC4^NOMBREPAC4 NOMBRE2PAC4	15/06/1979	MR: Resonancia Magnética RM Craneo[20110]	MR	SCHEDULED	29/03/2017 18:46	MRC27326	RESONADOR	O000000002472440
APELLIDOPAC5 APELLIDO2PAC5^NOMBREPAC5 NOMBRE2PAC5	03/09/1981	MR: Resonancia Magnética RM Columna Total[20110]	MR	SCHEDULED	29/03/2017 18:49	MRC27326	RESONADOR	O000000002473441
APELLIDOPAC5 APELLIDO2PAC5^NOMBREPAC5 NOMBRE2PAC5	03/09/1981	MR: Resonancia Magnética RM Craneo[20110]	MR	SCHEDULED	29/03/2017 18:49	MRC27326	RESONADOR	O000000002472441
APELLIDOPAC6 APELLIDO2PAC6^NOMBREPAC6 NOMBRE2PAC6	18/05/1934	MR: Resonancia Magnética RM Craneo[20110]	MR	SCHEDULED	29/03/2017 18:51	MRC27326	RESONADOR	O000000002472442

Figura 110 – Listado de los ítems de worklist creados desde el Sistema de Órdenes.

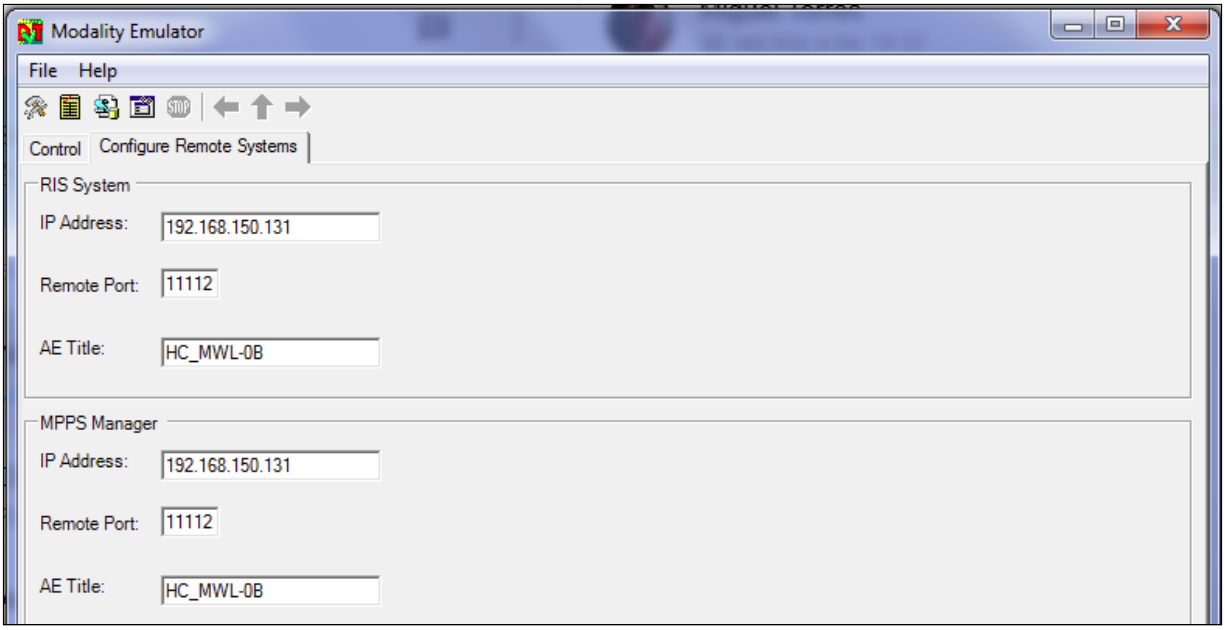


Figura 111 – Configuración del servidor de MWL de la modalidad "MR" en el Emulador.

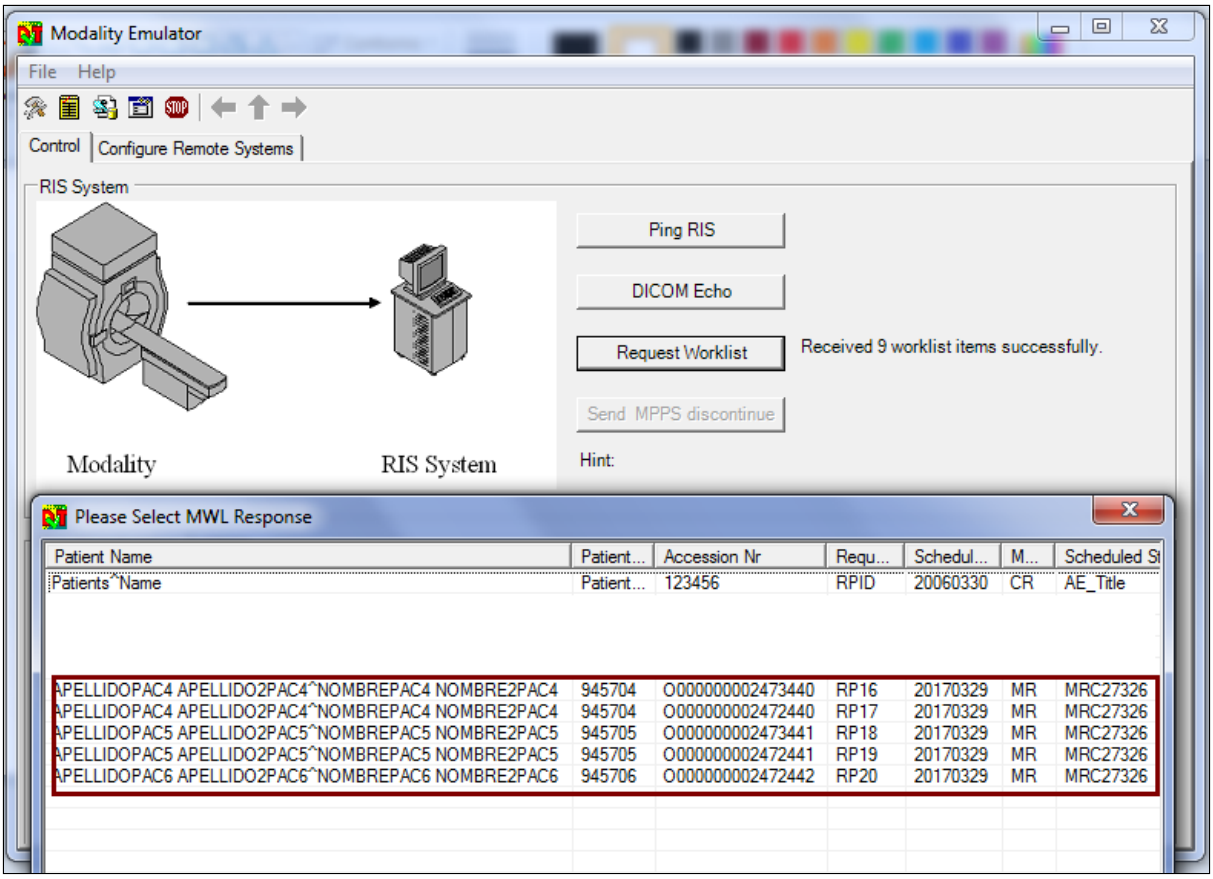


Figura 112 – Despliegue en el Emulador de los ítems de Worklist recientemente creados.

Se procedió con la creación de la instancia de MPPS con estado igual a "STARTED" para uno de los ítems seleccionados.

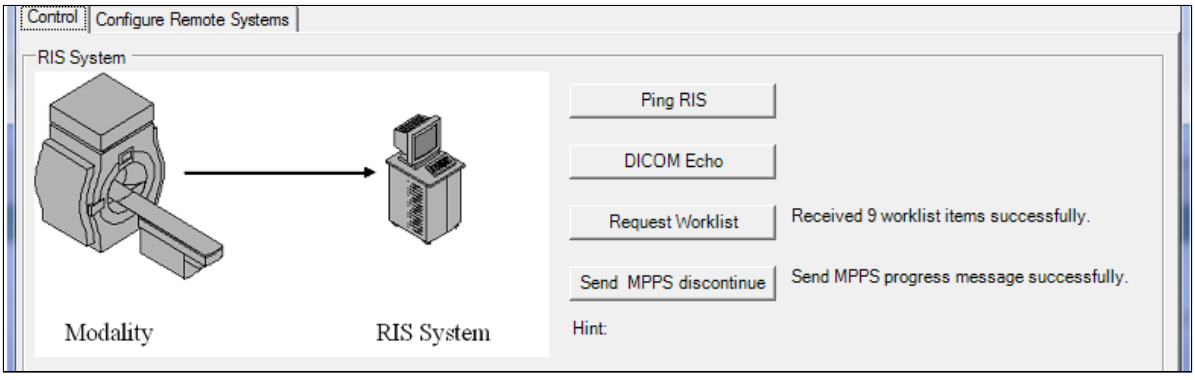


Figura 113 – Creación de la instancia de MPPS con estado igual a "STARTED".

En la figura 114, se observa como fue reflejado del cambio de estado a "STARTED" en el servidor de MWL.

Patient Name	Birthdate	SPS Description	Modality	SPS Status	Start date	Station AET	Station Name	Accession number
APELLIDOPAC4 APELLIDO2PAC4^NOMBREPAC4 NOMBRE2PAC4	15/06/1979	MR: Resonancia Magnética RM Columna Total[20110]	MR	SCHEDULED	29/03/2017 18:46	MRC27326	RESONADOR	O000000002473440
APELLIDOPAC4 APELLIDO2PAC4^NOMBREPAC4 NOMBRE2PAC4	15/06/1979	MR: Resonancia Magnética RM Craneo[20110]	MR	SCHEDULED	29/03/2017 18:46	MRC27326	RESONADOR	O000000002472440
APELLIDOPAC5 APELLIDO2PAC5^NOMBREPAC5 NOMBRE2PAC5	03/09/1981	MR: Resonancia Magnética RM Columna Total[20110]	MR	STARTED	29/03/2017 18:49	MRC27326	RESONADOR	O000000002473441
APELLIDOPAC5 APELLIDO2PAC5^NOMBREPAC5 NOMBRE2PAC5	03/09/1981	MR: Resonancia Magnética RM Craneo[20110]	MR	SCHEDULED	29/03/2017 18:49	MRC27326	RESONADOR	O000000002472441
APELLIDOPAC6 APELLIDO2PAC6^NOMBREPAC6 NOMBRE2PAC6	18/05/1934	MR: Resonancia Magnética RM Craneo[20110]	MR	SCHEDULED	29/03/2017 18:51	MRC27326	RESONADOR	O000000002472442

Figura 114 – Listado de los elementos desde el servidor de MWL, resaltando el cambio en el estado del registro seleccionado.

Luego se procedió a realizar el proceso con resto de los estudios ingresados desde el Sistema de órdenes. Pero solamente a dos de ellos se les creó la instancia de MPPS con estado igual a "DISCONTINUED". A los otros se los mantuvo con estado igual a "STARTED". En la figura 115 se despliegan los ítems de Worklist con los nuevos valores del atributo estado.

Patient Name	Birthdate	SPS Description	Modality	SPS Status	Start date	Station AET	Station Name	Accession number
APELLIDOPAC4 APELLIDO2PAC4^NOMBREPAC4 NOMBRE2PAC4	15/06/1979	MR: Resonancia Magnética RM Columna Total[20110]	MR	DISCONTINUED	29/03/2017 18:46	MRC27326	RESONADOR	O000000002473440
APELLIDOPAC4 APELLIDO2PAC4^NOMBREPAC4 NOMBRE2PAC4	15/06/1979	MR: Resonancia Magnética RM Craneo[20110]	MR	SCHEDULED	29/03/2017 18:46	MRC27326	RESONADOR	O000000002472440
APELLIDOPAC5 APELLIDO2PAC5^NOMBREPAC5 NOMBRE2PAC5	03/09/1981	MR: Resonancia Magnética RM Columna Total[20110]	MR	STARTED	29/03/2017 18:49	MRC27326	RESONADOR	O000000002473441
APELLIDOPAC5 APELLIDO2PAC5^NOMBREPAC5 NOMBRE2PAC5	03/09/1981	MR: Resonancia Magnética RM Craneo[20110]	MR	STARTED	29/03/2017 18:49	MRC27326	RESONADOR	O000000002472441
APELLIDOPAC6 APELLIDO2PAC6^NOMBREPAC6 NOMBRE2PAC6	18/05/1934	MR: Resonancia Magnética RM Craneo[20110]	MR	DISCONTINUED	29/03/2017 18:51	MRC27326	RESONADOR	O000000002472442

Figura 115 – Se resalta el valor final de cada uno de los estados correspondientes a los tres ítems de worklist creados para las pruebas.

Para culminar esta tanda de pruebas, se procedió a ejecutar la notificación del estado de Tarea al HIS de forma manual desde el sistema de Órdenes. En la figura 116 se despliegan los estudios con los estados modificados luego de ejecutado el proceso de notificación.

Solicitud Pendiente de Agendamiento de Prestación
Solicitud en Pleno proceso de Agendamiento
Solicitud de Agendamiento con Proceso no Culminado
No Posee Permisos para Agendar una Cita con la Prestación Asociada
Solicitud en Proceso en Equipo de Adquisición
Solicitud en Equipo de Adquisición Incorrecta
Solicitud en Equipo de Adquisición Incorrecta y Descartada
Solicitud en Equipo de Adquisición Correctamente Realizada

Página 1 de 1

Cantidad de Solicitudes Pendientes: 6

Id	Fecha	Hora	Int	Piso	Sala	Cama		T. Doc	Nro Doc	Nombre		T. Doc	Nro Doc Tec	Técnico	Tipo	SubTipo	Análisis	Servicio	Prestación Asociada
442	29/03/17	18:51	No	0		0	URY	CI	8505650	APELLIDOPAC6 APELLIDO2PAC6, NOMBREPAC6 NOMBRE2PAC6	URY	CI	2222226	APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC, NOMTECNICO NOM2TECNICO	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Craneo	----------	----------
441	29/03/17	18:49	No	0		0	URY	CI	46002658	APELLIDOPAC5 APELLIDO2PAC5, NOMBREPAC5 NOMBRE2PAC5	URY	CI	2222226	APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC, NOMTECNICO NOM2TECNICO	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Craneo	----------	----------
441	29/03/17	18:49	No	0		0	URY	CI	46002658	APELLIDOPAC5 APELLIDO2PAC5, NOMBREPAC5 NOMBRE2PAC5	URY	CI	2222226	APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC, NOMTECNICO NOM2TECNICO	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Columna Total	----------	----------
440	29/03/17	18:46	No	0		0	URY	CI	23000112	APELLIDOPAC4 APELLIDO2PAC4, NOMBREPAC4 NOMBRE2PAC4	URY	CI	2222226	APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC, NOMTECNICO NOM2TECNICO	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Craneo	----------	----------
440	29/03/17	18:46	No	0		0	URY	CI	23000112	APELLIDOPAC4 APELLIDO2PAC4, NOMBREPAC4 NOMBRE2PAC4	URY	CI	2222226	APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC, NOMTECNICO NOM2TECNICO	Imagenologia	Tomografía Computada	TC ABDOMEN Y PELVIS S/C	----------	----------
440	29/03/17	18:46	No	0		0	URY	CI	23000112	APELLIDOPAC4 APELLIDO2PAC4, NOMBREPAC4 NOMBRE2PAC4	URY	CI	2222226	APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC, NOMTECNICO NOM2TECNICO	Imagenologia	Resonancia Magnética	RM Columna Total	----------	----------

Figura 116 – El estado final de los estudios desplegados en el Sistema de Órdenes.

Dos de los estudios quedaron con estado igual a: "Solicitud en Equipo de adquisición Incorrecta", los cual corresponden a los que tenían ítem de Worklist con estado igual a "DISCONTINUED". En la figura 117 se muestra el cambio en el servidor de MWL.

Patient Name	Birthdate	SPS Description	Modality	SPS Status	Start date	Station AET	Station Name	Accession number
APELLIDOPAC4 APELLIDO2PAC4^NOMBREPAC4 NOMBRE2PAC4	15/06/1979	MR: Resonancia Magnética RM Craneo[20110]	MR	SCHEDULED	29/03/2017 18:46	MRC27326	RESONADOR	O000000002472440
APELLIDOPAC5 APELLIDO2PAC5^NOMBREPAC5 NOMBRE2PAC5	03/09/1981	MR: Resonancia Magnética RM Columna Total[20110]	MR	STARTED	29/03/2017 18:49	MRC27326	RESONADOR	O000000002473441
APELLIDOPAC5 APELLIDO2PAC5^NOMBREPAC5 NOMBRE2PAC5	03/09/1981	MR: Resonancia Magnética RM Craneo[20110]	MR	STARTED	29/03/2017 18:49	MRC27326	RESONADOR	O000000002472441

Figura 117 – Modificación del servidor de MWL. Solamente tres de los seis ítems generados para la prueba no fueron eliminados.

Como puede observarse en el servidor de MWL solamente se mantuvieron los elementos con estado igual a "STARTED" y a "SCHEDULED" (nunca se le seleccionó del listado del emulador para asignarle la instancia de MPPS con estado igual a "STARTED"). Los ítems con valor de estado igual a "DISCONTINUED" fueron eliminados.

Conclusiones de las pruebas

- No se detectó ni se produjo ningún tipo error en todo el proceso de ejecución de las mismas.
- Al ser realizadas con el emulador de Modalidad, tuvo la desventaja de no poder probarse toda la secuencia completa del Workflow desarrollado.
- El HIS fue correctamente notificado del resultado final de la ejecución del Workflow en todos los estudios seleccionados para la realización de las diferentes pruebas.
- Fueron eliminados todos los ítems del servidor de MWL que tuvieron como resultado final la realización incorrecta de la emulación de adquisición, o sea los casos con estado igual a "DISCONTINUED".
- Los casos en pleno proceso de adquisición de imágenes, o sea con estado igual a "STARTED", no fueron eliminados del servidor de MWL.
- Tampoco fueron eliminados los casos con estado igual a "SCHEDULED", o sea que el emulador de modalidad todavía no comenzó la adquisición de las imágenes.
- El resultado de las pruebas cumple con las especificaciones definidas del desarrollo del Workflow, ya que el mapeo entre el estado de los estudios del HIS y el de los ítems de Worklist fue el planificado para la implementación.
- Se comprobó el correcto funcionamiento en la interacción entre el HIS y las plataformas tecnológicas estudiadas.

El resultado de las pruebas integrales, utilizando el emulador de modalidad, ha sido exitoso para los dos servidores de MWL, tanto para el correspondiente a la modalidad de "CT" como al de modalidad de "MR".

6.3 Pruebas Integrales con Modalidades de Adquisición

Esta etapa de pruebas integrales, a diferencia de la anterior, van a ser realizada a través de las Modalidades de Adquisición de Imágenes. Se va a utilizar el único Tomógrafo Computado y el único Resonador Magnético que posee la Institución Hospitalaria. Los servidores de PACS conectados a cada una de las modalidades mencionadas, también va a formar parte de esta instancia de pruebas.

La idea central es verificar el correcto funcionamiento de todo el prototipo del motor de Workflow implementado, a través de pruebas concretas que implican la aplicación del proyecto en el proceso de atención del paciente en estudios de adquisición de imágenes.

Lo más destacable es que el ingreso de los datos, tanto los del Paciente como los del Estudio, no será realizado manualmente desde la Workstation, sino que la propia Modalidad los obtendrá directamente desde los servidores de MWL.

Al igual que fue mencionado en las pruebas de investigación de tecnologías con modalidades, todas las imágenes correspondientes al workstation e interfaces tanto del Tomógrafo como del Resonador forman parte del sistema operativo instalado en el propio equipo por su proveedor. El mismo se encuentra funcionando desde hace varios años en el departamento de Imagenología; por eso su proceso de instalación, configuración y mantenimiento no forman parte de este proyecto.

Pruebas con Tomografía Computada

Pruebas de realizar

A continuación se enumera la lista de pruebas que son realizadas:

- Se utilizarán los tres pacientes que fueron utilizados en las pruebas integrales con Emulador de Modalidad.
- Agendamiento a través del Sistema de Citas de los pacientes de prueba para la prestación correspondiente al Estudio de "Tomografía Computada".
- A través de la interfaz de mensajería HL7 del Sistema de Citas se envían los estudios recientemente agendados al servidor de MWL implementado especialmente para la modalidad de "CT", para después ser solicitados desde la Workstation del Tomógrafo.
- Solicitud desde la interfaz de la Workstation, de todos los Ítem de Worklist ingresados en el servidor de MWL de la modalidad de "CT".
- Selección de uno de los ítems de Worklist para realizar ejecución de un estudio para la Tomografía Computada.
- Una bolsa de suero será sometida al estudio de la Tomografía seleccionada como parte de la prueba. La idea es no someter a ningún paciente en el mismo.
- Se procederá a ejecutar la tarea seleccionada.
- Luego de finalizado el estudio de prueba, se ejecutará de forma manual desde el Sistema de Citas el proceso de notificación del estado de la Tarea al HIS.

Ejecución de las Pruebas

A continuación serán mostradas las imágenes que fueron capturadas durante todo el transcurso de la ejecución de las pruebas integrales realizadas con la Modalidad correspondiente a Tomografía Computada.



Figura 118 – Tomógrafo conteniendo la bolsa de suero utilizada para la prueba.

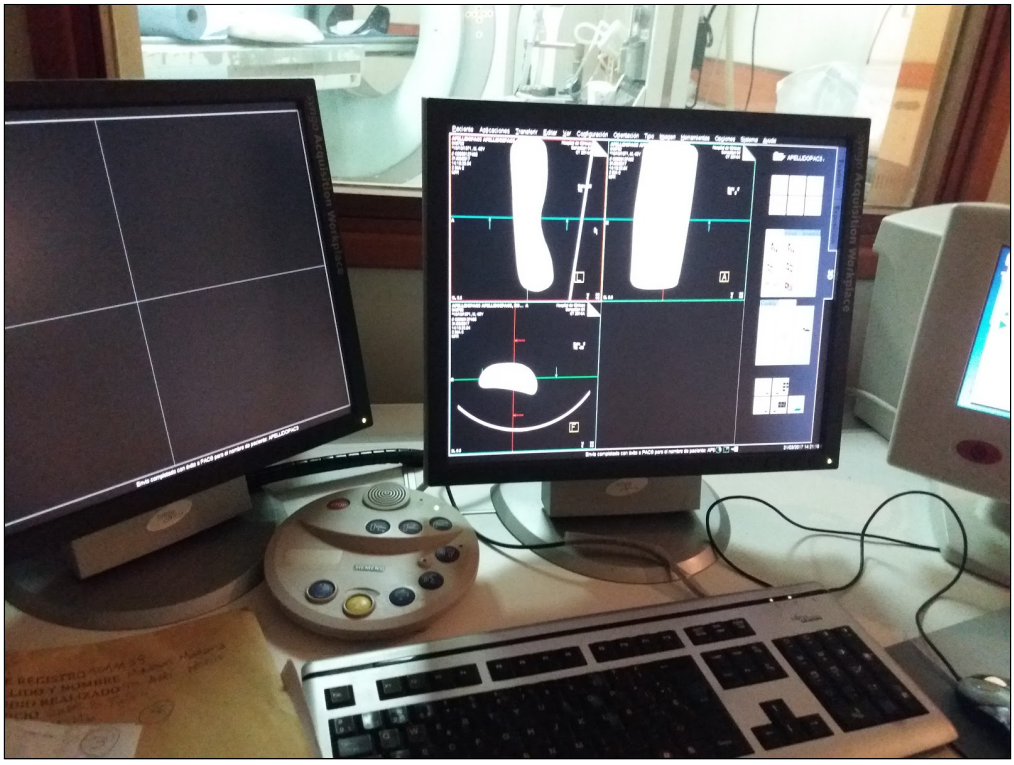


Figura 119 – Workstation que es utilizado por el operador del Tomógrafo.

Como puede observarse en la figura 120, los estudios se encuentran todos en estado igual a “Llegó”, ya que fueron enviados al servidor de MWL.



Prestación	Fecha	Hora	T	R		T. Doc	Nro. Documento	Nombre	Solicitud
TOMÓGRAFÍA COMPUTADA	31/03/17	14:30	1	Si	URY	CI	40586721	APELLIDOPAC APELLIDO2PAC, NOMBREPAC NOMBRE2PAC	----------
TOMÓGRAFÍA COMPUTADA	31/03/17	15:00	1	Si	URY	CI	35504566	APELLIDOPAC2 APELLIDO2PAC2, NOMBREPAC2 APELLIDOPAC2	----------
TOMÓGRAFÍA COMPUTADA	31/03/17	15:30	1	Si	URY	CI	34450562	APELLIDOPAC3 APELLIDO2PAC3, NOMBREPAC3 NOMBRE2PAC3	----------

Figura 120 – Listado de las Citas de estudios utilizadas para la prueba.

En la figura 121 se muestra uno de los Mensajes HL7 generado en la creación de uno de los ítems de Worklist.

```
MSH|^~\&|SISTEMA_CITAS|ATEN_REC_USU_ESTUDIO|DICOM_SERVER|MWLSCP|201703311
40617-0300||ORM^O01|26|P|2.5|||||||
PID|||945703||APELLIDOPAC3 APELLIDO2PAC3^NOMBREPAC3
NOMBRE2PAC3||19711010|M|||||||||||||||||||||||||||||
PV1||O|||||||945707^APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC^NOMTECNICO
NOM2TECNICO^^^DR|RADIOLOGÍA|||||||||||||||||||||||||||||||||||||||V|
ORC|NW|26|||||||20170331153000-0300|||APELLIDOTECNICO
APELLIDO2TECNIC^NOMTECNICO NOM2TECNICO|||||922229-10^IHE-RAD^IHE-CODE-231||
OBR|1|26||20110^Tomógrafía Computada^99IHE^20110^CT: Tomógrafía
Computada^99IHE||20170331153000-0300|||||||||Tomógrafía
Computada^^^^540|945707^APELLIDOTECNICO APELLIDO2TECNIC^NOMTECNICO
NOM2TECNICO^^^DR||C0000127495|RP26|SPS26||||CT|||||||||||||||||||RP_26^Tomógrafía
Computada^RADIOLOGÍA
ZDS|2.16.858.0.0.1.10.2.3.6.55.26^TOMOGRAFO^HRI_CT55571^SCHEDULED
```

Figura 121 – Ejemplo de mensaje HL7 versión 2.5 generado desde uno de los estudios.

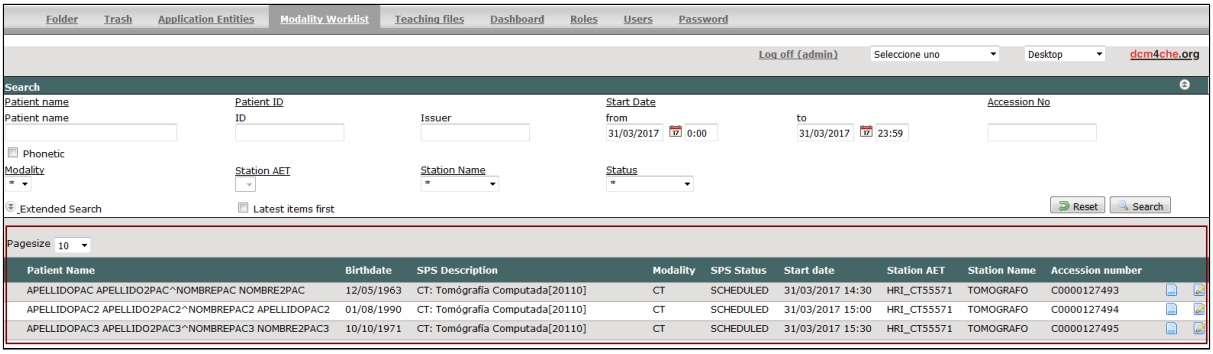


Figura 122 – Despliegue de los Ítems de Worklist creados en servidor de MWL de "CT".

El Paciente sometido al estudio, no va a ser ingresado de forma manual en la Workstation, sino que es seleccionado desde de la lista obtenida a través del servidor de MWL.

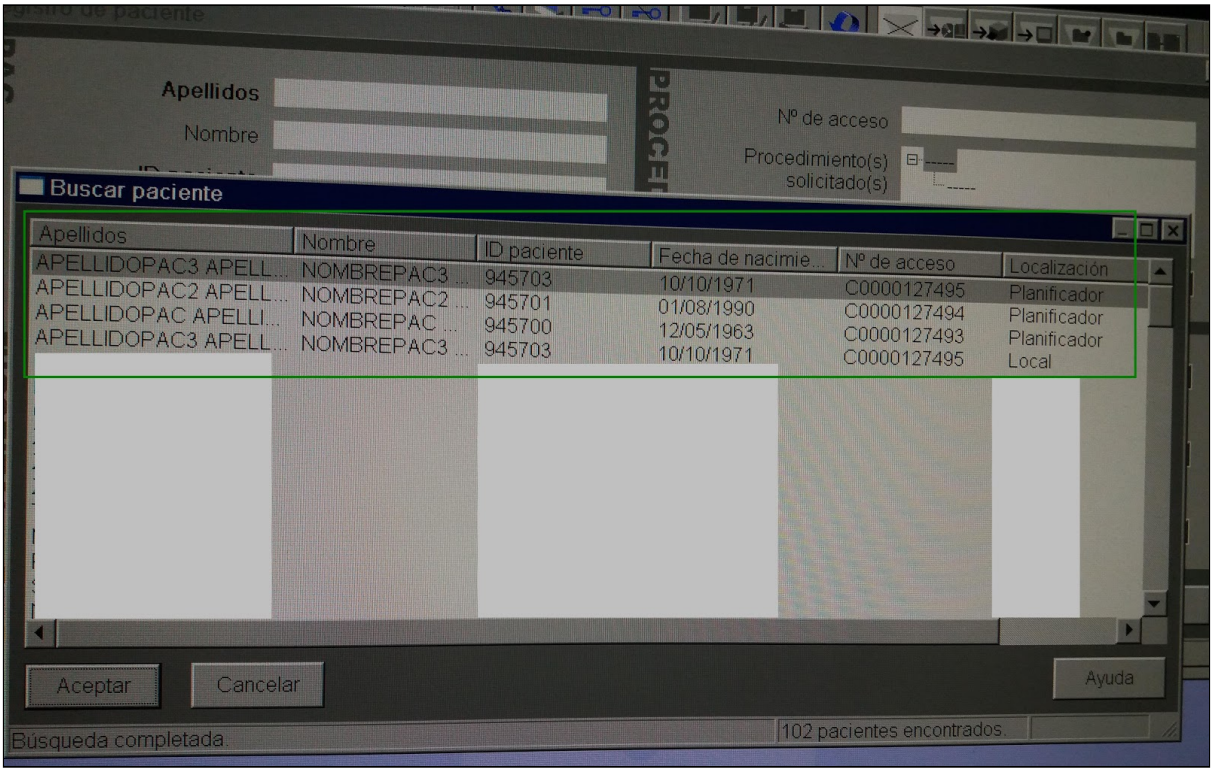


Figura 123 – Listado de los Ítems de Worklist desde una interfaz del Tomógrafo, que además permite seleccionar el estudio que se va a realizar de forma directa.

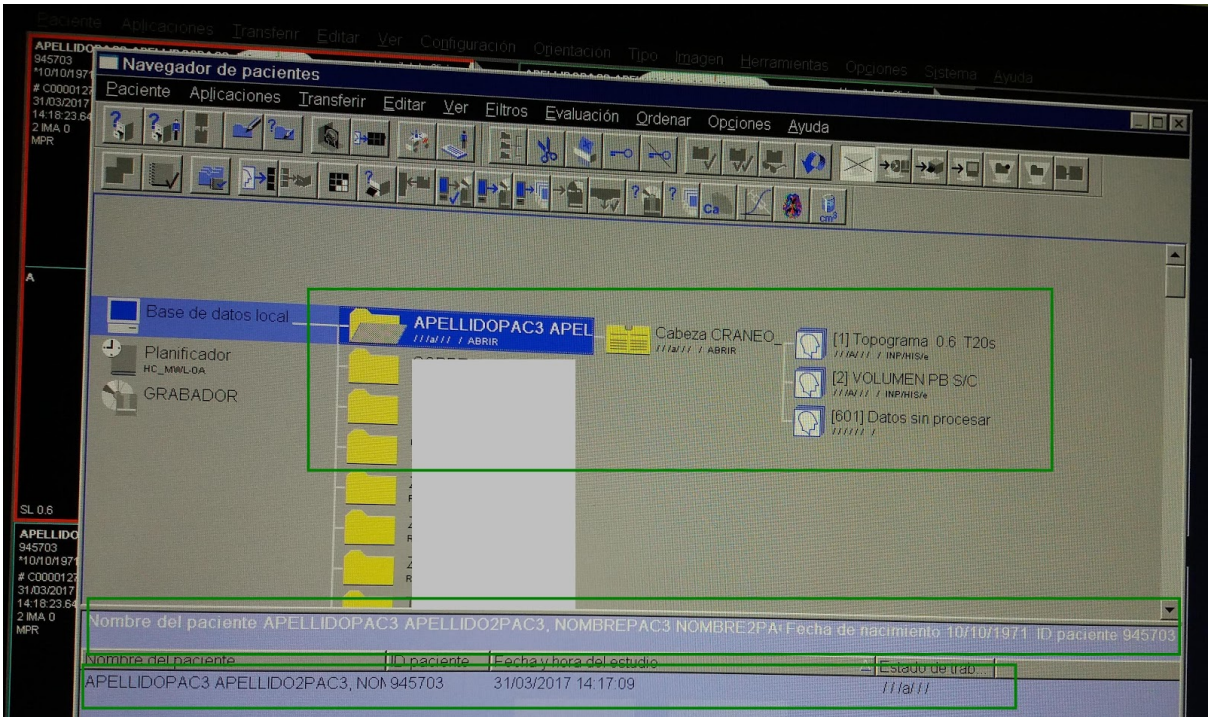


Figura 124 – Otra interfaz de la Workstation, que también permite desplegar los estudios del servidor de MWL y seleccionar el estudio que se va a realizar.

Para la prueba, el paciente va a ser seleccionado desde uno de los listados anteriormente expuestos en las dos figuras anteriores.

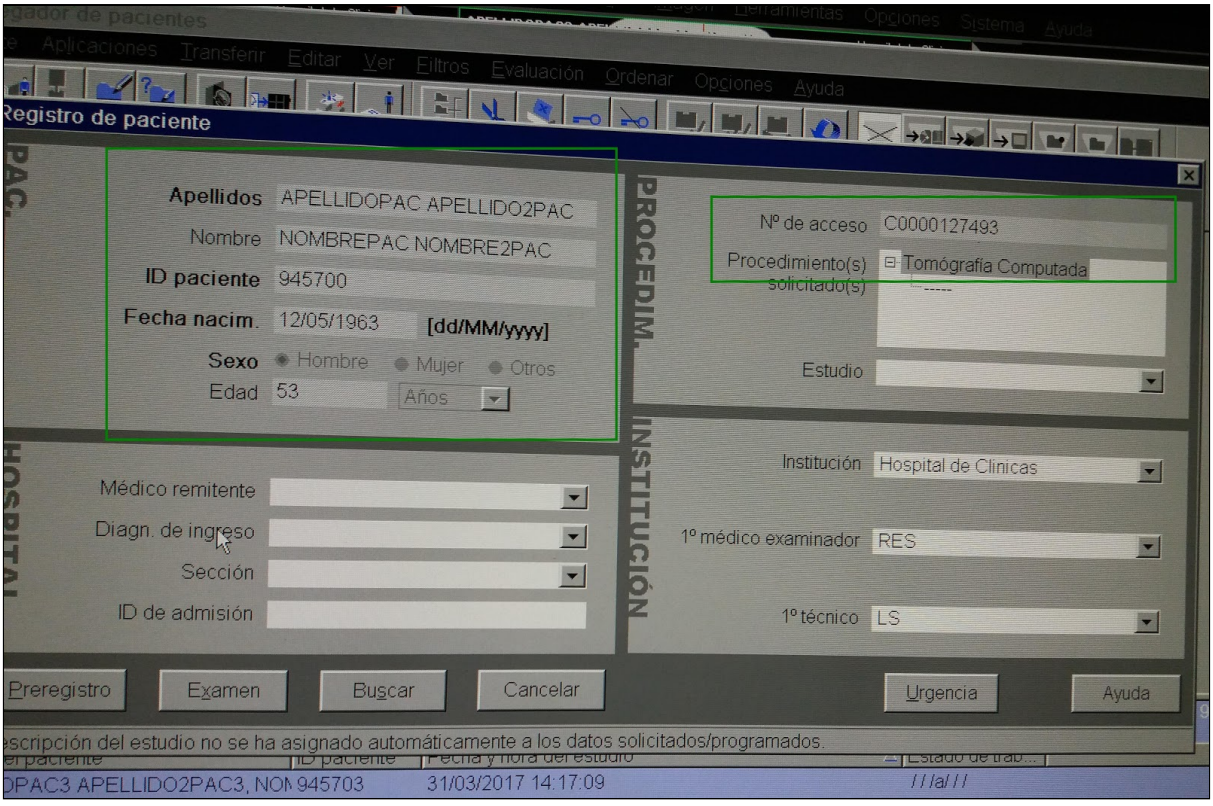


Figura 125 – Panel de la Workstation donde son volcados los datos del paciente y del estudio, provenientes del ítem de Worklist seleccionado.

Se puede observar en la figura anterior, que a la izquierda del panel se despliegan los datos del paciente sometido al estudio, mientras que a la derecha está el valor del atributo "Accession Number" correspondiente al ítem de Worklist asociado al estudio de prueba seleccionado.

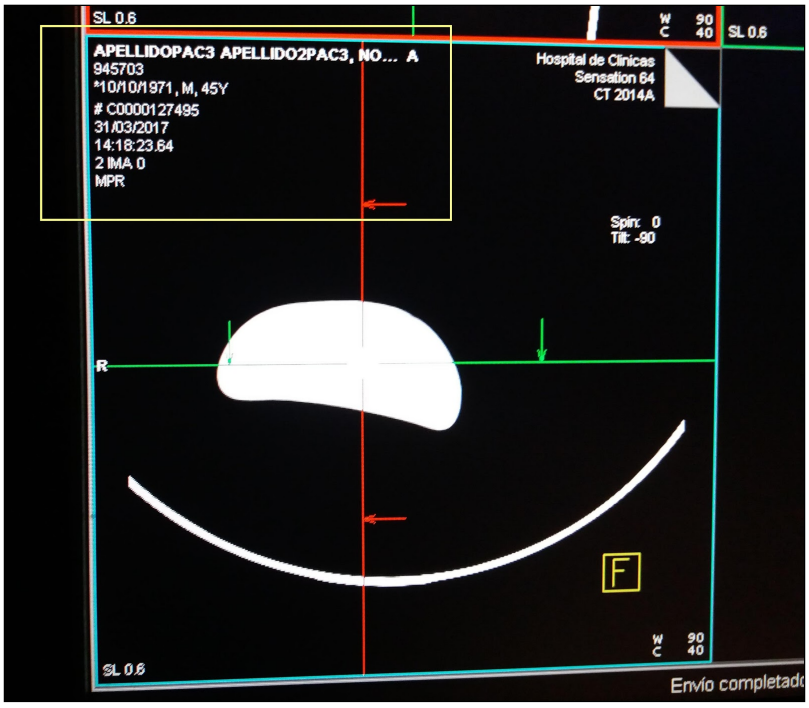


Figura 126 – Visualización de los datos en una de las pantallas del tomógrafo.

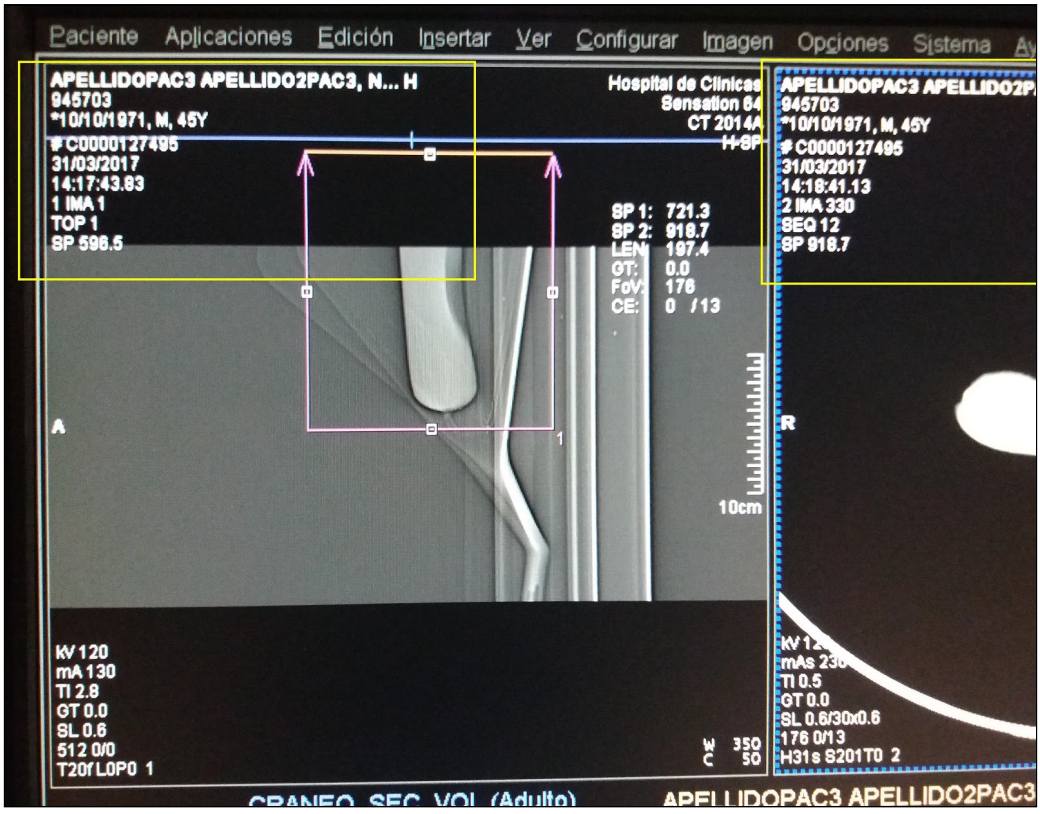


Figura 127 – Visualización de los datos desplegados en más de una pantalla.

Luego de culminado todo el estudio, se dá la orden de enviar la imágenes al servidor de PACS.

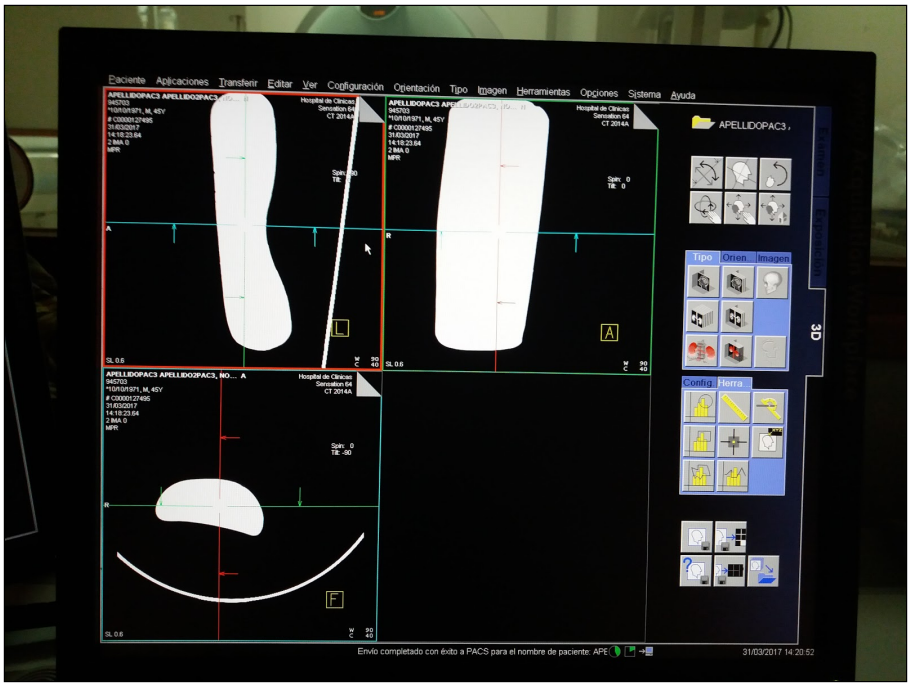


Figura 128 – Interfaz del tomógrafo donde se da la orden de finalización del estudio.

Finalmente se invoca la notificación del estado de la Tarea al HIS.



Prestación	Fecha	Hora	T	R		T. Doc	Nro. Documento	Nombre	Solicitud
TOMÓGRAFÍA COMPUTADA	31/03/17	14:30	1	Si	URY	CI	40586721	APELLIDOPAC APELLIDO2PAC, NOMBREPAC NOMBRE2PAC	----------
TOMÓGRAFÍA COMPUTADA	31/03/17	15:00	1	Si	URY	CI	35504566	APELLIDOPAC2 APELLIDO2PAC2, NOMBREPAC2 APELLIDOPAC2	----------
TOMÓGRAFÍA COMPUTADA	31/03/17	15:30	1	Si	URY	CI	34450562	APELLIDOPAC3 APELLIDO2PAC3, NOMBREPAC3 NOMBRE2PAC3	----------

Figura 129 – Listado del estado final en que quedaron los estudios agendados desde el Sistema de Citas que fueron utilizados para las pruebas.

Como se observa en la figura 129, los dos primeros estudios quedaron en estado de "Llegó y no fue Atendido", ya que nunca fueron seleccionados desde la Workstation de la modalidad para ser ejecutados.

En la figura 130 se muestra que los tres ítems de worklist utilizados para la prueba fueron totalmente eliminados del servidor de MWL.

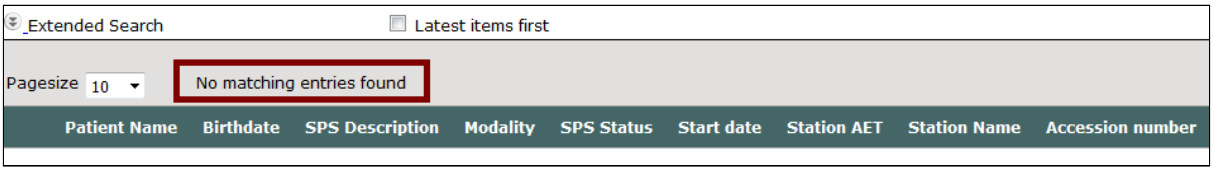


Figura 130 – El listado del servidor de MWL quedó sin ningún elemento.

Uno de los Mensajes HL7 generado para la eliminación de un ítem de Worklist:

```
MSH|^~\&|SISTEMA_CITAS|ATEN_REC_USU_ESTUDIO|DICOM_SERVER|MWLSCP|20170331143859-030
0||ORM^O01|26|P|2.5|||||||
PID|||945703||APELLIDOPAC3 APELLIDO2PAC3^NOMBREPAC3 NOMBRE2PAC3|||||||||||||||||||||||||||||||||
ORC|OC|26|||||||||||||||
OBR|1|26|||||||||||||||C0000127495|RP26|SPS26|||||||||||||||||||||||
```

Figura 131 – Un mensaje HL7 versión 2.5 generado para eliminar uno de los dos ítems de worklist que fueron eliminados.

El único estudio que quedó culminado correctamente, o sea que terminó con estado igual a "Llegó y fue Atendido" fue el que se seleccionó para realizar la prueba. Si llegó a ese estado, es porque las imágenes generadas fueron almacenadas correctamente en el servidor de PACS. En la figura 132 se muestra como la imagen generada en el estudio fue ingresada correctamente en el servidor de PACS.

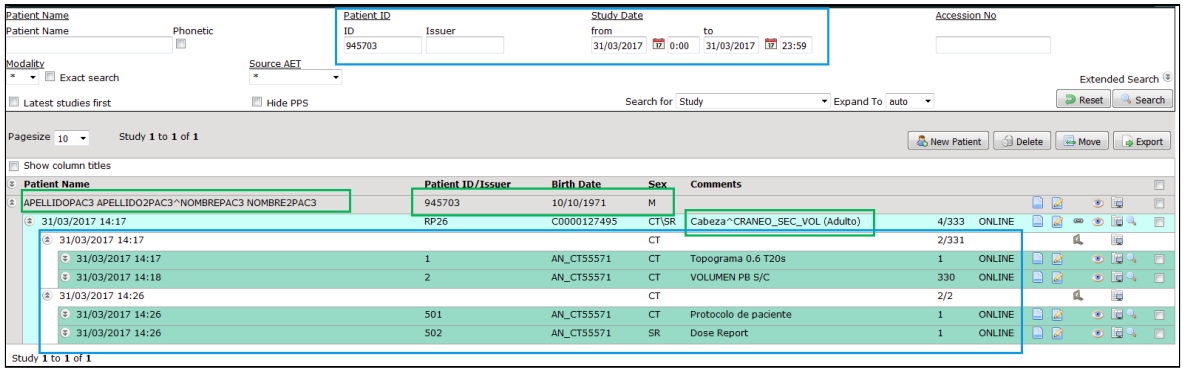


Figura 132 – Visualización de las imágenes generadas en el servidor de PACS.

De esta forma se corrobora que las imágenes generadas en el estudio seleccionado para la prueba fueron correctamente almacenadas en el servidor de PACS.

En la figura 133 se muestra en la interfaz de visualización de las imágenes generadas en el estudio de prueba seleccionado, que los datos del paciente están correctamente identificados a la izquierda y lo correspondientes al estudio al que fue sometido se encuentran a la derecha.

Se que puede observar como los datos del estudio ingresado en el HIS, terminaron asignándose de forma correcta en las imágenes generadas por la modalidad de adquisición de imágenes. Esto confirma que el prototipo implementado del motor de Workflow, mantiene la continuidad en el flujo de los datos del paciente y del estudio.

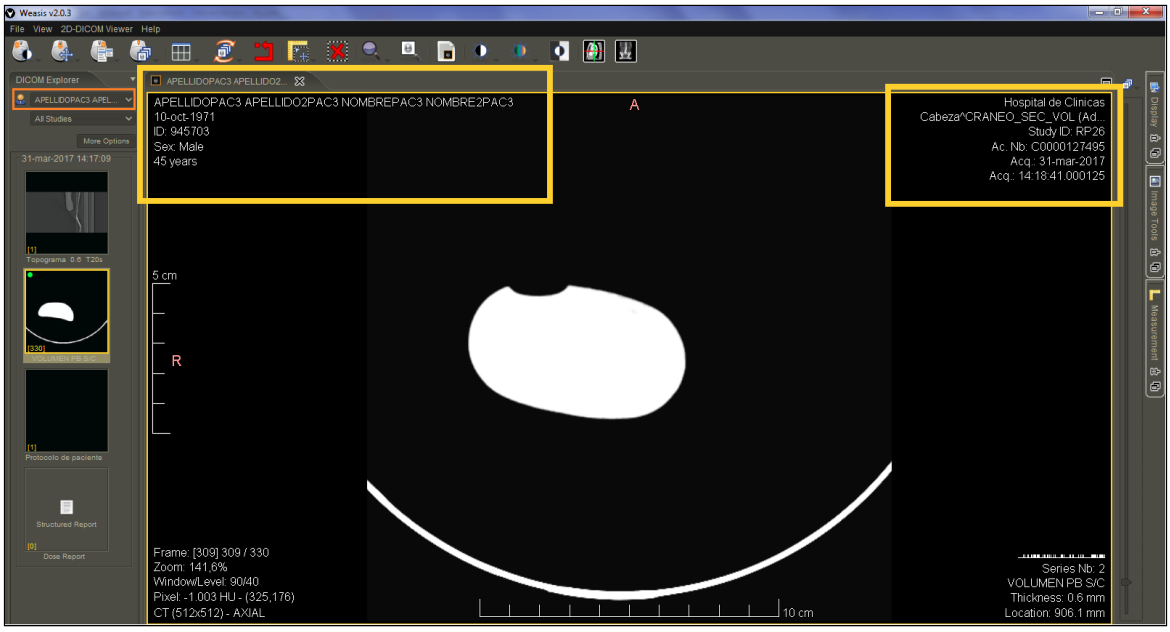


Figura 133 – Visualización detallada de las imágenes generadas en el estudio.

Pruebas con Resonancia Magnética

Pruebas de realizar

A continuación se enumera la lista de pruebas que son realizadas:

- Se utilizarán los tres pacientes que fueron utilizados en las pruebas integrales con Emulador de Modalidad.
- Agendamiento a través del Sistema de Citas de los pacientes de prueba para la Prestación correspondiente al Estudio de "Resonancia Magnética".
- A través de la interfaz de mensajería HL7 del Sistema de Citas se envían los estudios recientemente agendados al servidor de MWL implementado especialmente para la modalidad de "MR", para después ser solicitados desde la Workstation del Tomógrafo.
- Solicitud desde la interfaz de la Workstation, de todos los Ítem de Worklist ingresados en el servidor de MWL de la modalidad de "MR".
- Selección de uno de los ítems de Worklist para realizar ejecución de un estudio para la Resonancia Magnética.
- Una bolsa de suero será sometida al estudio de la Resonancia Magnética seleccionada como parte de la prueba. La idea es no someter a ningún paciente en el mismo.
- Se procederá a ejecutar la tarea seleccionada.
- Luego de finalizado el estudio de prueba, se ejecutará de forma manual desde el Sistema de Citas el proceso de notificación del estado de la Tarea al HIS.

Ejecución de las Pruebas

A continuación serán mostradas las imágenes que fueron capturadas durante todo el transcurso de la ejecución de las pruebas integrales realizadas con la Modalidad correspondiente a Tomografía Computada.



Figura 134 – Resonador magnético conteniendo el suero utilizado para las pruebas.



Figura 135 – Workstation que dirige las operaciones del Resonador Magnético.

Como puede observarse en la figura 136, los estudios se encuentran todos en estado igual a “Llegó”, ya que fueron enviados al servidor de MWL.

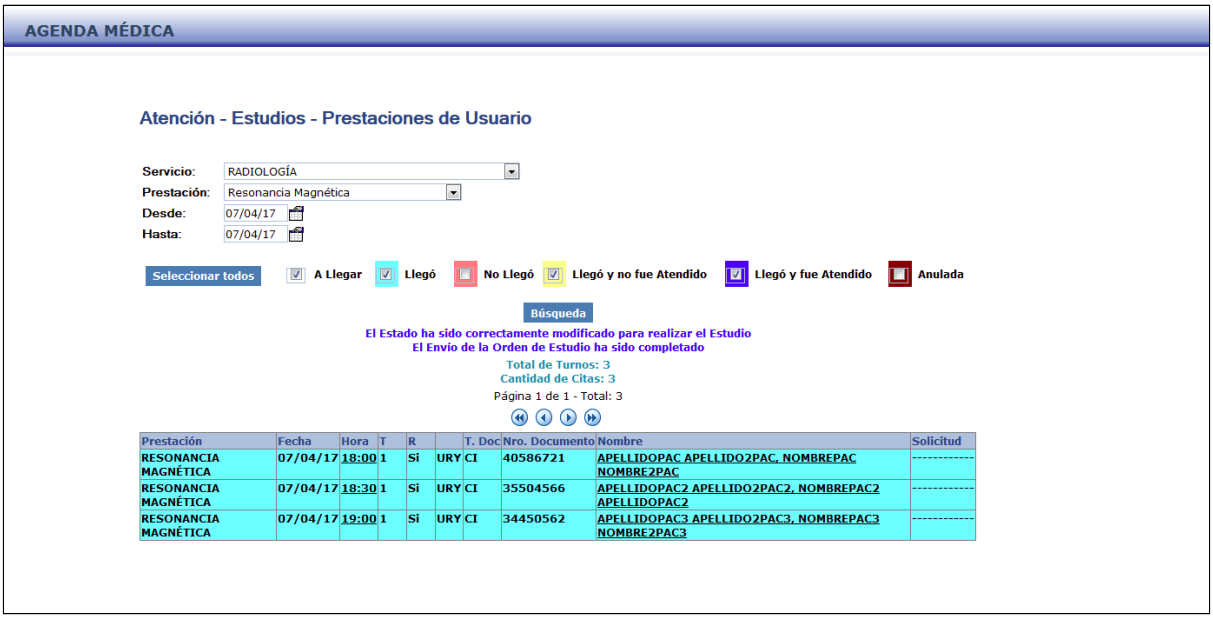


Figura 136 – Listado de las Citas de estudios utilizadas para la prueba.

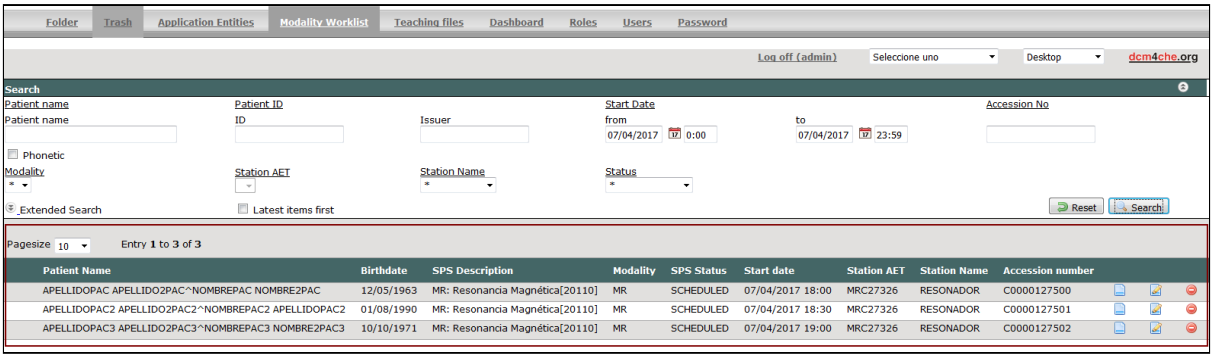


Figura 137 – Despliegue de los Ítems de Worklist creados en servidor de MWL de "MR".

Al igual que en las pruebas realizadas con el Tomógrafo, el Paciente sometido al estudio tampoco va a ser ingresado de forma manual desde la Workstation, sino que es seleccionado desde de la lista obtenida a través del servidor de MWL.

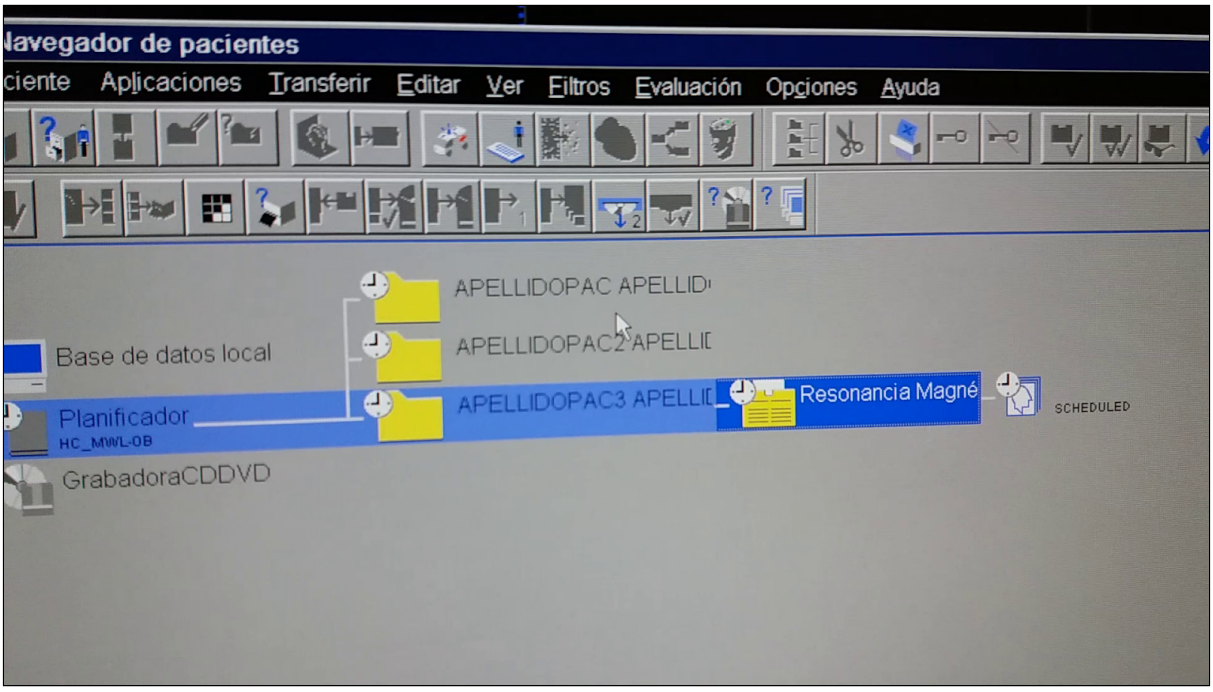


Figura 138 – Listado de los Ítems de Worklist en una interfaz del resonador, que además permite seleccionar el estudio que se va a realizar de forma directa.

Para la prueba, el paciente va a ser seleccionado desde el listado anteriormente expuestos en la figura 138.

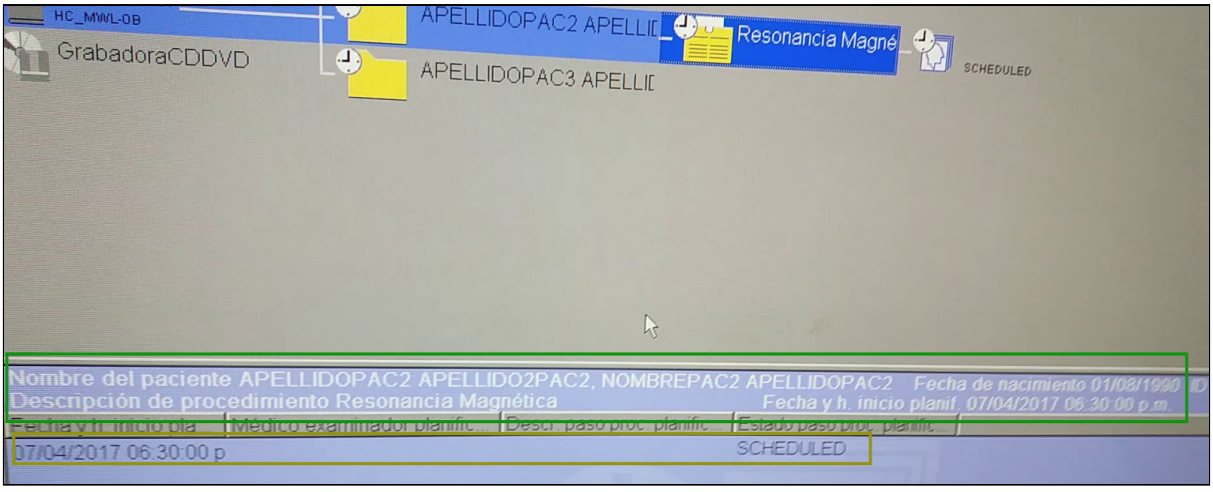


Figura 139 – Selección desde la workstation del resonador de uno de los ítems para ejecutar de prueba, donde se observa en la parte inferior el despliegue en detalle de los datos personales del paciente y de la fecha/hora para la cual fue agendado para realizar el estudio.

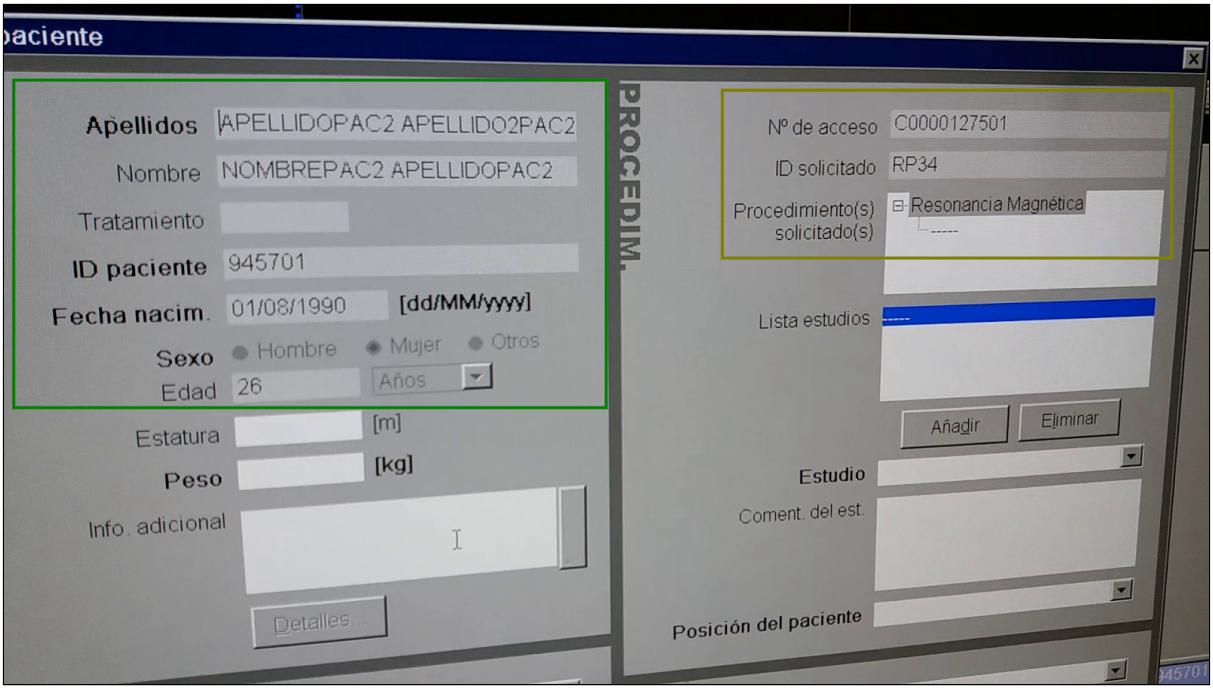


Figura 140 – Panel de la Workstation donde son volcados los datos del paciente y del estudio, provenientes del ítem de Worklist seleccionado.

Se puede observar en la figura anterior, que a la izquierda del panel se despliegan los datos del paciente sometido al estudio, mientras que a la derecha está el valor del atributo "Accession Number" correspondiente al ítem de Worklist asociado al estudio de prueba seleccionado.

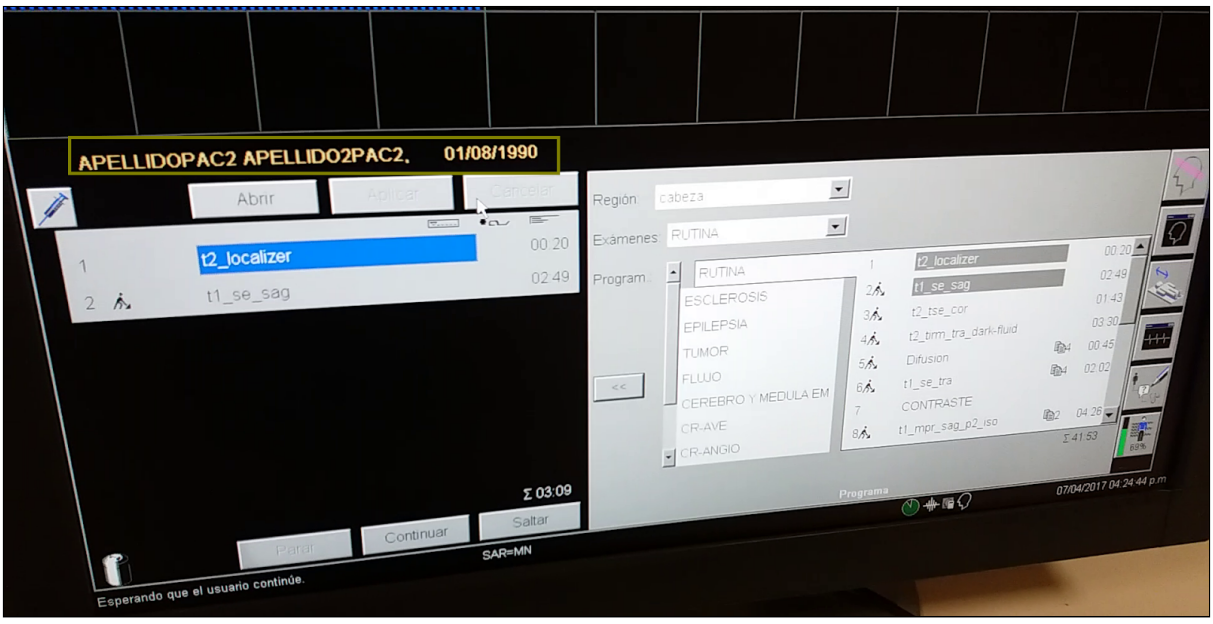
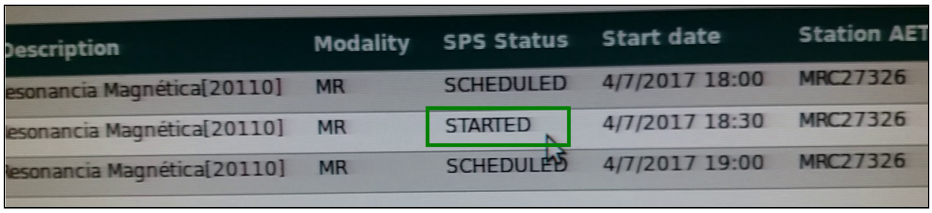


Figura 141 – Panel del resonador desplegado al comienzo del estudio, donde pueden visualizarse el nombre y fecha de nacimiento del paciente seleccionado.

En la figura 142 se observa desde el listado del servidor de MWL, el cambio en el valor del atributo de estado (“SPS Status”) que se produjo al dar la orden de iniciar el segundo estudio.



Description	Modality	SPS Status	Start date	Station AET
esonancia Magnética[20110]	MR	SCHEDULED	4/7/2017 18:00	MRC27326
esonancia Magnética[20110]	MR	STARTED	4/7/2017 18:30	MRC27326
esonancia Magnética[20110]	MR	SCHEDULED	4/7/2017 19:00	MRC27326

Figura 142 – En el segundo estudio seleccionado para la ejecución de la prueba, cambió el valor de su atributo estado "SCHEDULED”, al nuevo valor "STARTED".

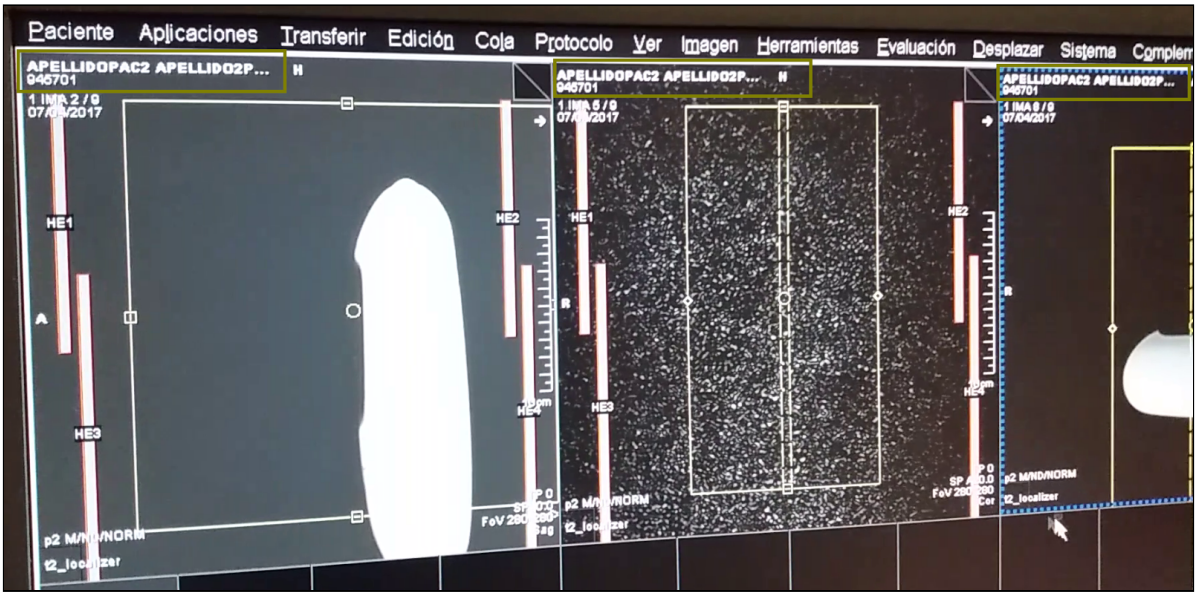


Figura 143 – Los datos del paciente de prueba son desplegados en más de una pantalla dentro de la interfaz del workstation del resonador.

Luego de culminado todo el estudio, se da la orden de enviar la imágenes al servidor de PACS.

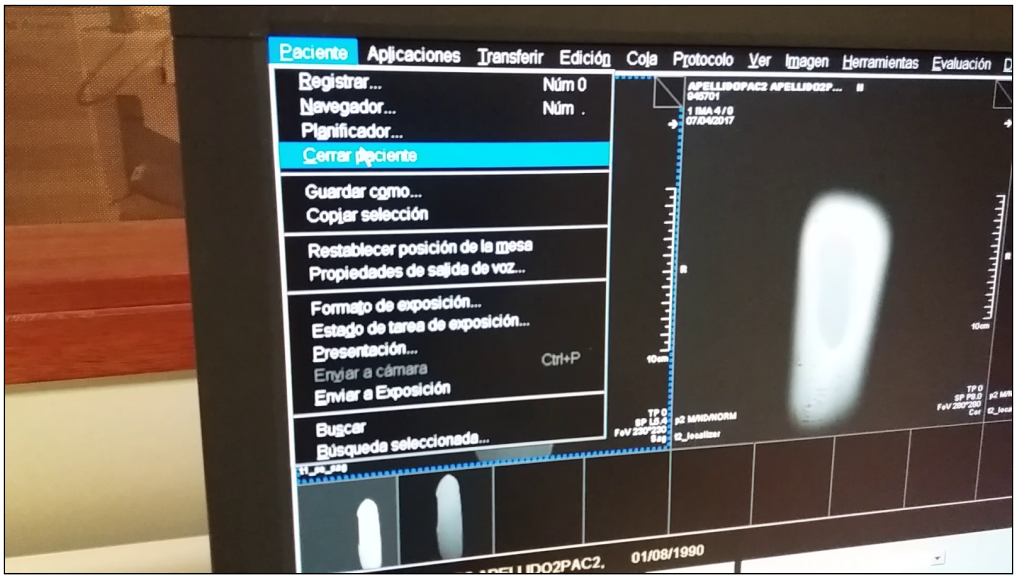


Figura 144 – Pantalla del resonador donde se da la orden de finalización del estudio seleccionado para la prueba.

Finalmente se invoca la notificación del estado de la Tarea al HIS.



Figura 145 – Listado del estado final en que quedaron los estudios agendados desde el Sistema de Citas que fueron utilizados para las pruebas.

Como se observa en la figura 145, el primer y tercer estudio quedaron en estado de "Llegó y no fue Atendido", ya que nunca fueron seleccionados desde la Workstation de la modalidad para ser ejecutados. En la figura 146 se muestra que los tres ítems de worklist utilizados para la prueba fueron totalmente eliminados del servidor.

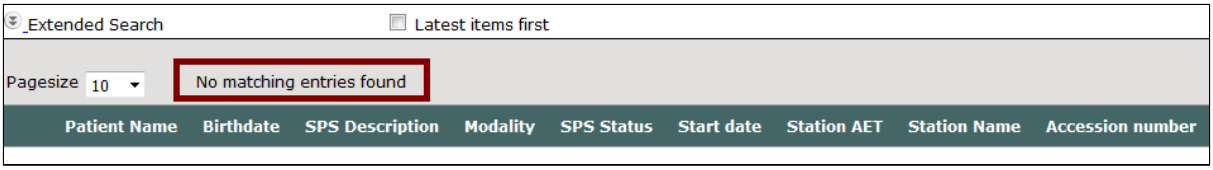


Figura 146 – El listado del servidor de MWL quedó sin ningún elemento.

El único estudio que quedó culminado correctamente, o sea que terminó con estado igual a "Llegó y fue Atendido" fue el que se seleccionó para realizar la prueba. Si llegó a ese estado, es porque las imágenes generadas fueron almacenadas correctamente en el servidor de PACS. En la figura 147 se muestra como la imagen generada en el estudio fue ingresada correctamente en el servidor de PACS.

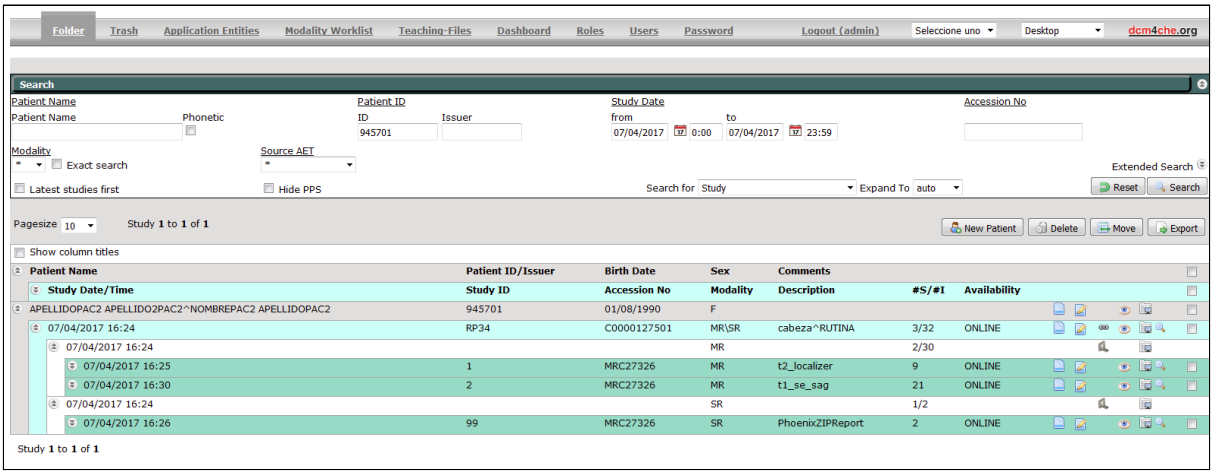


Figura 147 – Visualización de las imágenes generadas en el servidor de PACS.

De esta forma se corrobora que las imágenes generadas en el estudio seleccionado para la prueba fueron correctamente almacenadas en el servidor de PACS. En la figura 148 se visualizan algunas de las imágenes generadas en el estudio de prueba seleccionado.

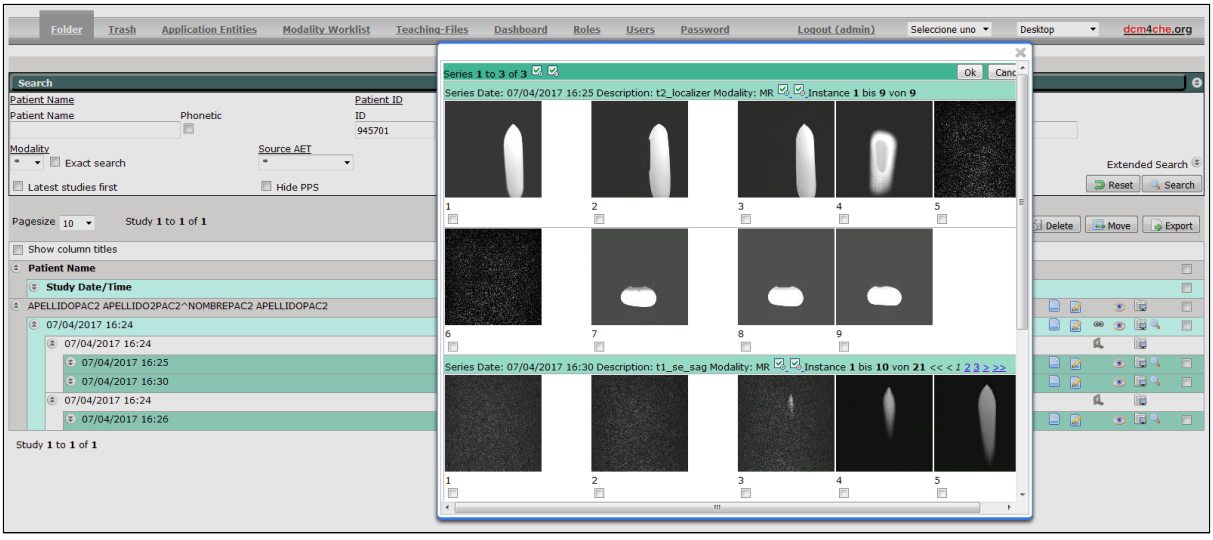


Figura 148 – Visualización desde la interfaz web de las imágenes generadas.

Se que puede observar como los datos del estudio ingresado en el HIS, terminaron asignándose de forma correcta en las imágenes generadas por la modalidad de adquisición de imágenes. Esto confirma que el prototipo implementado del motor de Workflow, mantiene la continuidad en el flujo de los datos del paciente y del estudio, para el estudio correspondiente a Resonancia Magnética.

Conclusiones de las pruebas con las Modalidades

- Los datos del Paciente y del Estudio en ningún momento fueron ingresados de forma manual en la Workstation. El estudio solamente puede ser seleccionado desde el servidor de MWL. Al mismo tiempo el servidor de MWL se alimenta de los datos ingresados en el HIS. Por lo tanto, la modalidad se encuentra conectada al HIS. Al mismo tiempo las imágenes almacenadas en el PACS, corresponden a la del estudio que fue ingresado desde el HIS y luego pasó como ítem del servidor de MWL. Con eso se corrobora que el prototipo implementado para el proyecto cumplió con el objetivo de mantener la continuidad en el flujo de los datos desde el agendamiento del turno a un estudio hasta el almacenamiento de las imágenes generadas en el PACS.
- No se detectó ni se produjo ningún tipo error en todo el proceso de ejecución de las mismas.
- El HIS fue correctamente notificado del resultado final de la ejecución del Workflow en todos los estudios seleccionados para la realización de las diferentes pruebas.
- Fueron eliminados todos los ítems del servidor de MWL que tuvieron como resultado final la realización exitosa de la adquisición de las imágenes y su posterior proceso de almacenamiento en el servidor de PACS, o sea los casos con estado igual a "COMPLETED".
- Fueron eliminados todos los ítems del servidor de MWL asociados a estudios que no fueron seleccionados desde la modalidad para iniciar el proceso de adquisición de la imágenes, o sea los ítems que terminaron con valor de estado igual a "DISCONTINUED".
- Los casos en pleno proceso de adquisición de imágenes, o sea con estado igual a "STARTED", no fueron eliminados del servidor de MWL.
- El resultado de las pruebas cumple con las especificaciones definidas del desarrollo del Workflow, ya que el mapeo entre el estado de los estudios del HIS y el de los ítems de Worklist fue el planificado para la implementación.
- Se comprobó el correcto funcionamiento en la interacción entre las modalidades de adquisición, el HIS, las plataforma tecnológica “dcm4chee” y el servidor de PACS.

El resultado de las pruebas integrales ha sido exitoso para los dos servidores de MWL, tanto para el correspondiente a la modalidad de "CT" como al de modalidad de "MR".

6.4 Pruebas de Stress

Como fue mencionado anteriormente, la institución posee solamente un único Tomógrafo y un único Resonador. Además se instaló un servidor de MWL para cada una de las modalidades mencionadas. Esto evita que se generen conflictos o solapamiento entre los datos (del paciente y de su estudio) enviados a cada una de las mismas.

El único momento en que los datos del Sistema de Citas o del de Órdenes son enviados hacia la modalidad es cuando se está por comenzar a realizar el estudio. Luego el estudio toma como mínimo un cuarto de hora en terminar de realizarse. Por lo tanto no existirán envíos masivos de datos hacia el servidor de MWL o hacia la modalidad de adquisición en instantes muy breves de tiempo.

Para este proyecto no fue necesario llevar a cabo pruebas de stress.

7. CONCLUSIONES

Se pudo comprobar que es posible integrar un Motor de Workflow sin mayores dificultades en un sistema Informático de Gestión Hospitalaria perteneciente a una Institución sanitaria.

A través de la integración de múltiple tecnologías se logró que los datos del paciente y del estudio al cual va a ser sometido, mantengan tanto la calidad como la consistencia desde que le asigna el turno al paciente hasta la instancia de almacenamiento de las imágenes generadas en el estudio, de forma tal que son fácilmente identificadas como pertenecientes al paciente correcto. De esta manera disminuye de forma significativa el riesgo de perder los resultados de los estudios realizados o de que el paciente obtenga un resultado que le correspondía a otro paciente.

Además de traer una innovación tecnológica considerable, se está contando con un mecanismo que asegura una mejor calidad en los procesos involucrados en la atención al paciente.

El prototipo implementado para la solución propuesta de este proyecto, es tan solo un comienzo en el proceso de mejora continua de las diversas prestaciones tecnológicas que contribuyen a fortalecer el cuidado de la salud. Todavía quedan muchos desafíos por resolver, junto a la necesidad de otros desarrollos informáticos que van a seguir ayudando a mejorar el desempeño de los procesos y tareas llevadas a cabo en el ámbito médico.

Uno de los aspectos más importantes a destacar es que se cumplió el objetivo de conectar los Sistemas de Agendamiento de turnos de pacientes para estudios (Sistemas de Citas y Órdenes de Paraclínicas) con el servidor de PACS.

Esto fue probado de forma exitosa en un ambiente de preproducción con la colaboración de técnicos radiólogos, quienes son los principales usuarios de las Modalidades en la ejecución del estudio. Los usuarios mencionados mostraron un muy alto nivel de satisfacción con el resultado final de las pruebas realizadas.

Entre los aportes realizados por el proyecto al desarrollo profesional pueden encontrarse, el fortalecimiento en la especialización en el Área de la Informática de la Salud, el ingreso en el área de Infraestructura a través de la instalación y configuración de servidores especializados en proveer servicios para dicha área, el aumento en el trabajo en conjunto con los técnicos radiólogos que son los principales usuarios de las modalidades de adquisición, el contacto con los proveedores de esos mismos equipos y con especialistas reconocidos a nivel internacional en la materia. Lo más destacable fue formar parte del equipo responsable de mejora de los procesos de la Atención de los Usuarios en una de las Instituciones Hospitalarias más importantes del Uruguay.

Trabajos a futuro

La tabla 44 enumera los trabajos a futuro y potenciales mejoras que pueden ser realizadas.

Tabla 44 – Descripción de la mejoras que podrían realizarse a futuro.

Mensajería HL7
- Lograr una mejor consolidación entre el estándar HL7 y IHE. - Separar los técnicos según su función en la atención al paciente. En este caso se tiene al mismo técnico como el doctor y como el operador que ejecutó el estudio agendado. - Definir en más detalle los procedimientos realizados dentro del estudio, para que el ítem de worklist ingresado cuente con información de mejor calidad.
Obtener la Fecha/Hora en que se cambió el estado
- Esto se obtendría mediante la Fecha/hora creación de la instancia de MPPS correspondiente al ítem de Worklist. - Actualmente solamente puede visualizarse accediendo directamente a la base de datos del servidor de dcm4chee. - Podría implementarse una herramienta externa dedicada a obtener los datos correspondientes a las instancias de MPPS. - También una interfaz web adicional que liste los registros de MPPS.
Servidor “dcmtk” de respaldo propuesto en el esquema teórico
- Se deben incrementar los recursos de trabajo tanto de desarrollo como de infraestructura para implementarlo.
Mensajería ADT
- Esto es propuesto como uno de los ítems del perfil de SWF de IHE. - Consiste en utilizar mensajes HL7 de tipo ADT para el registro de Pacientes. - Actualmente el Índice de Pacientes que forma parte del HIS, no utiliza esta metodología para el ingreso de pacientes en el sistema.
Mejorar la Notificación del resultado del estudio
- Actualmente la notificación del resultado del estudio al HIS se realiza cada vez que se ordena un nuevo estudio desde el propio Sistema de Citas y de Órdenes de Análisis. - Se podría mejorar mediante la implementación de un mecanismo más asíncrono de comunicación por parte de todos servidores que forman parte del Workflow.
Servidores externos
- Contar con servidor de MWL, MPPS y HL7 externos a la institución. - En lugar de invertir recursos en mantenerlo, se podría contratar e instalar en un Datacenter externo.

8. GESTIÓN DEL PROYECTO

La siguiente figura muestra el diagrama de Gantt que refleja el desarrollo real del proyecto, para el cual existieron pocas diferencias con el proyectado, dado que se intentó acompasar los tiempos de desarrollos con el cronograma previsto.

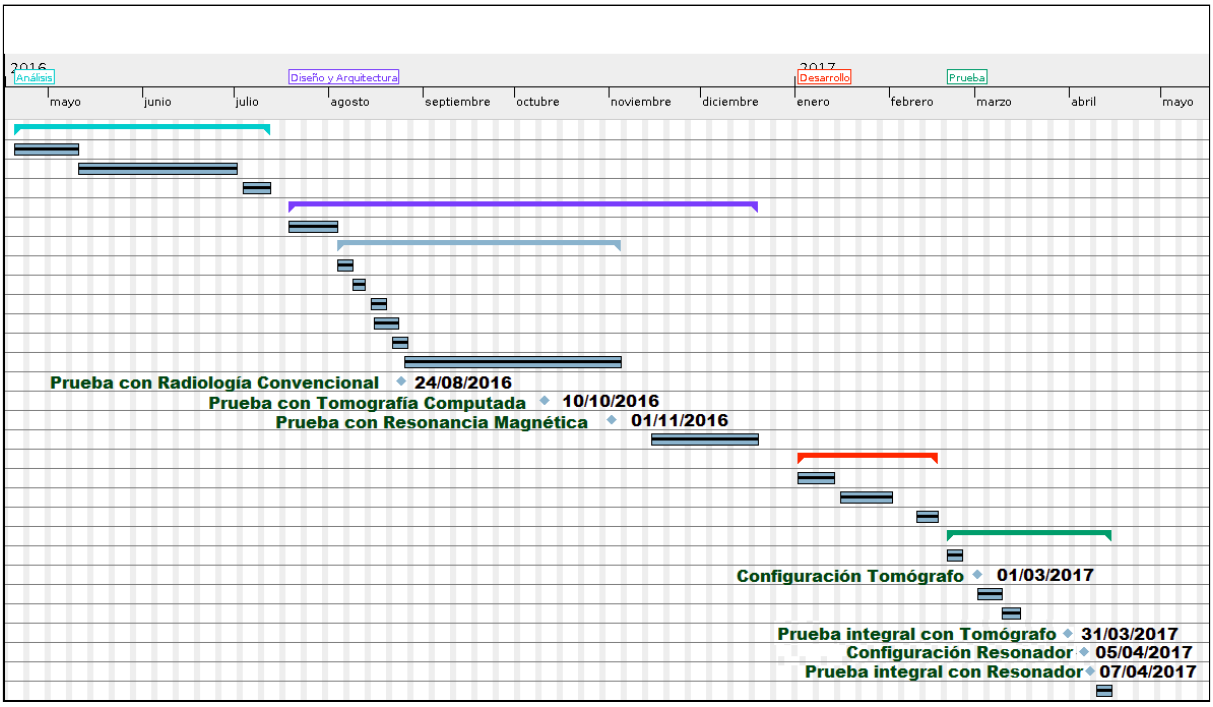


Figura 149 – Diagrama de Gantt del desarrollo real del proyecto.

Las siguientes tablas exponen la cantidad de horas que tomaron las etapas pertenecientes a cada una de las fases correspondientes al desarrollo del proyecto.

Tabla 45 – Tiempos de la fase de Análisis.

Análisis	Horas
Análisis de Requerimientos	20
Relevamiento de Modalidades	40
Relevamiento de HIS	18

Tabla 46 – Tiempos de la fase de Diseño y Arquitectura.

Diseño y Arquitectura	Horas
Aplicación de Estándares	25
Investigación de Tecnologías	175
Integración en el HIS	35

Tabla 47 – Tiempos de la fase de Desarrollo.

Desarrollo	Horas
HL7 en Sistema de Citas	20
HL7 en Sistema de Órdenes	16
Notificación del Estado de Tarea	17

Tabla 48 – Tiempos de la fase de Prueba.

Prueba	Horas
Instalación Servidores de Preproducción	12
Configuración Tomógrafo	11
Definición de Plan de Pruebas	16
Pruebas con Emulador DVTK	14
Prueba con Tomógrafo	15
Configuración Resonador	11
Prueba con Resonador	15
Toma de decisiones en base al resultado de las pruebas	12

REFERENCIAS

[1] IEEE Std 610.12-1990, *“Interoperability“*, IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology, ISBN 1-55937-067-X, 1990, página 42.

[2] Espacio de Aprendizaje sobre Comunicación Digital, *"Interoperabilidad"*, <http://comunicaciondigital.es/glosario/interoperabilidad/>, Consultado el 7 de enero del 2017.

[3] Joel Rodrigues, *"Health Level 7"*, Health Information Systems: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications, Volume 1. IGI Global., ISBN 978-1-60566-988-5, 2010, página 39.

[4] Health Level Seven International, *"HL7 FAQs"*, <http://www.hl7.org/about/FAQs/index.cfm?ref=nav>, Consultado el 13 de enero del 2017.

[5] Sociedad Uruguaya de Estandarización, Intercambio e Integración de Datos e Información de Servicios de Salud (SUEIIDISS), *"HL7 Uruguay"*, <http://www.sueiidiss.org/index.php/es/hl7-internacional/hl7-uruguay>, Consultado el 13 de enero del 2017.

[6] Health Level Seven International, *"HL7 Primary Standards"*, <http://www.hl7.org/implement/standards/product_section.cfm?section=1>, Consultado el 13 de enero del 2017.

[7] Interfaceware Blog, *“Understanding HL7 Messages“*, <https://blog.interfaceware.com/understanding-hl7-messages/>, Consultado el 13 de enero del 2017.

[8] Corepoint Health, *“HL7 ORM-Order Message“*, <https://corepointhealth.com/resource-center/hl7-resources/hl7-orm-message>, Consultado el 13 de enero del 2017.

[9] Corepoint Health, *“HL7 ADT-Admit Discharge Transfer“*, <https://corepointhealth.com/resource-center/hl7-resources/hl7-adt>, Consultado el 13 de enero del 2017.

[10] Health Level Seven International, *"HL7 Reference Information Model"*, <http://www.hl7.org/implement/standards/rim.cfm>, Consultado el 13 de enero del 2017.

[11] Health Level Seven International, *"HL7 - Tools and Resources"*, <http://www.hl7.org/participate/toolsandresources.cfm>, Consultado el 13 de enero del 2017.

[12] Ringholm Whitepaper, *“HL7 Message Examples: version 2 and version 3“*, <http://www.ringholm.de/docs/04300_en.htm>, Consultado el 13 de enero del 2017.

[13] HL7 en Español, *"Documentos clínicos electrónicos HL7 CDA R2"*, <http://hl7es.blogspot.com.uy/2011/04/documentos-clinicos-electronicos-hl7.html>, Consultado el 13 de enero del 2017.

[14] Pacific Health Information Network, *"Health Information Systems (HIS)"*, <http://phinnetwork.org/resources/health-information-systems-his/>, Consultado el 1 de marzo del 2017.

[15] American College of Radiology, *"IT Reference Guide for the Practicing Radiologist: Radiology Information Systems and Electronic Medical Records",* <https://www.acr.org/~/media/ACR/Documents/PDF/Advocacy/IT%20Reference%20Guide/IT%20Ref%20Guide%20RISEMR.pdf>, Consultado el 1 de marzo del 2017.

[16] Robert H. Choplin, *"Picture archiving and communication systems: an overview",* Revista "Radiographics" (perteneciente a la "Radiological Society of North America") Vol. 12, 1992, páginas 127-129.

[17] OTpedia, *"Acquisition Modality"*, <http://www.otpedia.com/entryDetails.cfm?id=281>, Consultado el 20 de mayo del 2016.

[18] OTech, Inc. , *"Introducción al estándar DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine)"*, <https://www.otechimg.com/_getDoc.cfm?id=43>, Consultado el 25 de mayo del 2016.

[19] DICOM Library, *"DICOM Modality"*, <https://www.dicomlibrary.com/dicom/modality/>, Consultado el 25 de mayo del 2016.

[20] OTpedia, *"Application Entity"*, <http://www.otpedia.com/entryDetails.cfm?id=137>, Consultado el 25 de mayo del 2016.

[21] OTpedia, *"AE Title"*, <http://www.otpedia.com/entryDetails.cfm?id=35>, Consultado el 25 de mayo del 2016.

[22] OTpedia, *"Association"*, <http://www.otpedia.com/entryDetails.cfm?id=138>, Consultado el 25 de mayo del 2016.

[23] OTpedia, *"Service Class Provider (SCP)"*, <http://www.otpedia.com/entryDetails.cfm?id=194>, Consultado el 25 de mayo del 2016.

[24] Herman Oosterwijk, *"The Productivity Benefits of IHE"*, charla dictada en la quinta conferencia anual de PACS del Departamento de Radiología de la Universidad de Rochester en San Antonio (Texas, USA), 18 de marzo del 2005, <http://otpedia.com/pubView.cfm?id=143>, Consultado el 2 de junio del 2016.

[25] Wiki colaborativa de IHE, "*Scheduled Workflow (SWF)* ", <http://wiki.ihe.net/index.php/Scheduled_Workflow>, Consultado el 2 de junio del 2016.

[26] OTpedia, *"Modalilty Worklist"*, <http://otpedia.com/entryDetails.cfm?id=160>, Consultado el 2 de junio del 2016.

[27] CEN/TC251/WG4, ACR-NEMA, *"DICOM Modality Worklist Part 4 Addendum"*, Digital Imaging and Communications in Medicine (MEDICOM/DICOM) Supplement 10 - Basic Worklist Management, 1 de Febrero de 1996. <ftp://medical.nema.org/medical/dicom/final/sup10_ft.pdf>, Consultado el 6 de junio del 2016.

[28] DICOM is Easy, *"Modality Performed Procedure Step"*, <http://dicomiseasy.blogspot.com.uy/2012/06/modality-performed-procedure-step.html>, Consultado el 9 de junio del 2016.

[29] CEN/TC251/WG4, ACR-NEMA, *"Extension of the DICOM model of the real-world"*, Addendum Part 3: Modality Performed Procedure Step Information Object Definitions, Digital Imaging and Communications in Medicine (MEDICOM/DICOM) Supplement 17 - Modality Performed Procedure Step, 30 de Enero de 1998, páginas: 4-7, <ftp://medical.nema.org/medical/dicom/final/sup17_ft.pdf>, Consultado el 10 de junio del 2016.

[30] CEN/TC251/WG4, ACR-NEMA, *"Integration of Modality Worklist and Modality Performed and Procedure Step in the Original DICOM Standard"*, Addendum Part 3: Modality Performed Procedure Step Information Object Definitions, Digital Imaging and Communications in Medicine (MEDICOM/DICOM) Supplement 17 - Modality Performed Procedure Step, 30 de Enero de 1998, páginas: 17-19, <ftp://medical.nema.org/medical/dicom/final/sup17_ft.pdf>, Consultado el 10 de junio del 2016.

[31] DICOM Offis, *"DCMTK - DICOM Toolkit"*, <http://dicom.offis.de/dcmtk.php.en>, Consultado el 10 de junio del 2016.

[32] dch4che.org, *"Open Source Clinical Image and Object Management"*, <http://www.dcm4che.org/> , Consultado el 10 de junio del 2016.

[33] Read the Docs, *"DICOM Conformance Statement dcm4che DICOM Archive 5"*, <http://dcm4chee-arc-cs.readthedocs.io/en/latest/index.html>, Consultado el 1 de marzo del 2017.

[34] Oleg S. Pianykh, *“Mayor open-source DICOM toolkit comparison, as reported in 2006 by Vazquez“*, Digital imaging and communications in medicine (DICOM): a practical introduction and survival guide, ISBN 978-3-642-10850-1, 2012, página 371.

[35] OFFIS DCMTK, *"wlmscpfs: DICOM Basic Worklist Management SCP"*, <http://support.dcmtk.org/docs/wlmscpfs.html>, Consultado el 10 de mayo del 2016.

[36] dcm4che.org Wiki, *“Modality Worklist SCP“*, <https://dcm4che.atlassian.net/wiki/display/ee2/Modality+Worklist+SCP>, Consultado el 10 de mayo del 2016.

[37] Discussion Forum for OFFIS DICOM Tools, *“How to make a worklist file”*, <http://forum.dcmtk.org/viewtopic.php?t=1475>, Consultado el 10 de mayo del 2016.

[38] dcm4che Support Forums, *“Create worklist in dcm4chee“*, <http://forums.dcm4che.org/jiveforums/message.jspa?messageID=1413>, Consultado el 10 de mayo del 2016.

[39] Yi-Ying Chang, Sheng-Lei Yan, Pin-Zhi Lin, Huai-Bin Zhong, Jacques Marescaux, Jenn-Lung Su, Min-Liang Wang, Pei-Yuan Lee, *“A mobile medical QR-code authentication system and its automatic FICE image evaluation application”*, Journal of Applied Research and Technology Vol. 13, 2015, páginas 220-229.

[40] J. Bartl, V. Sochorova, *"Dicom modality worklist for PET system Siemens Ecat Accel"*, European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging, Volumen 33, Suplemento 2, septiembre 2006, página 389.

[41] E. Kurspahić, S. Gustavsson, G.L. Carlsson, *"Standard based PACS/RIS integration—DICOM in praxis"*, International Congress Series 1281 (2005) 1386, journal ISSN: 0531-5131, doi:10.1016/j.ics.2005.03.268, 2005, Elsevier Science.

[42] Alex K. S. Wong, Lawrence W. C. Chan, Ying Liu, *"Automating object-oriented integration and visualization of multidisciplinary biomedical data in radiology workflow: Compartmental PACS model"*, Information Systems Frontiers, Vol. 11, 2009, paǵinas 369-379.

[43] Daniel Kartawiguna, Vina Georgiana, *"Implementation of DICOM Modality Worklist at Patient Registration Systems in Radiology Unit"*, EJP Web of Conferences, Vol. 68, ICASCE 2013 – International Conference on Advances Science and Contemporary Engineering, 2014, <http://www.epj-conferences.org/articles/epjconf/pdf/2014/05/epjconf_icas2013_00028.pdf>, Consultado el 20 de julio del 2016.

[44] H.K. Huang, *“PACS WORKFLOW”*, International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, Vol. 8, Suplemento 1, 2013, páginas 79-83.

[45] Jiang Bian, Remzi Seker, *"JIGDFS: A SECURE DISTRIBUTED FILE SYSTEM FOR MEDICAL IMAGE ARCHIVING"*, Biomedical Engineering, ISBN 978-1-4614-0116-2, 2011, páginas 75-98.

[46] Max J. Warnock, Christopher Toland, Damien Evans, Bill Wallace, and Paul Nagy, *"Benefits of Using the DCM4CHE DICOM Archive"*, Journal of Digital Imaging, Vol. 20, Suplemento 1, 2007, páginas 125-129.

[47] Petra Welter, Christian Hocken, Thomas M. Deserno, Christoph Grouls, Rolf W. Günther, *"Workflow management of content-based image retrieval for CAD support in PACS environments based on IHE"*, International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, Vol. 5, 2010, páginas 393-400.

[48] dcm4che.org Wiki, *"System Overview"*, <https://dcm4che.atlassian.net/wiki/display/ee2/System+Overview>, Consultado el 20 de julio del 2016.

[49] David Simic's Blog, *"UNDERSTANDING HL7: UPDATING A MODALITY WORK LIST (MWL) USING AN ORM^O01 MESSAGE"*, <http://davidsimic.com/2016/06/27/understanding-hl7-updating-a-modality-work-list-mwl-using-an-ormo01-message/>, Consultado el 12 de agosto del 2016.

[50] DVTK Open source Project, <http://www.dvtk.org/>, Consultado el 12 de agosto del 2016.

[51] FUJIFILM, *"FCR CAPSULA XLII"*, <http://www.fujifilm.com/products/medical/products/computed_radiography/capsula_xl2/>, Consultado el 16 de agosto del 2016.

[52] FUJIFILM, *"DICOM Conformance Statement - CR Console"*, <http://www.fujifilmusa.com/products/medical/technical-documents/product-bulletins/pdf/index/fcr_dicom.pdf>, Consultado el 16 de agosto del 2016.

[53] Siemens Healthineers, *"MAGNETOM Avanto eco"*, <https://usa.healthcare.siemens.com/magnetic-resonance-imaging/0-35-to-1-5t-mri-scanner/magnetom-avanto>, Consultado el 1 de septiembre del 2016.

[54] Siemens, *"DICOM Conformance Statement - syngo MR B19"*, <https://static.healthcare.siemens.com/siemens_hwem-hwem_ssxa_websites-context-root/wcm/idc/groups/public/@global/@services/documents/download/mdaw/oty5/~edisp/conformance_dc_vb19-00566672.pdf>, Consultado el 1 de septiembre del 2016.

[55] Siemens Healthineers, *"SOMATON Sensation 64 eco"*, <https://usa.healthcare.siemens.com/refurbished-systems-medical-imaging-and-therapy/ecoline-refurbished-systems/computed-tomography-ecoline/somatom-sensation-64-eco>, Consultado el 1 de septiembre del 2016.

[56] Siemens, *"DICOM Conformance Statement - syngo CT 2014A"*, <https://static.healthcare.siemens.com/siemens_hwem-hwem_ssxa_websites-context-root/wcm/idc/groups/public/@global/@services/documents/download/mda1/ntaw/~edisp/c2-023.610.16.01.02_dicom_vb42_p30_p15_p10-02449686.pdf>,
Consultado el 1 de septiembre del 2016.

[57] OTpedia, *"Accession Number"*, <http://www.otpedia.com/entryDetails.cfm?id=167>,
Consultado el 7 de septiembre del 2016.

[58] Caristix, *"ORC - Common Order (HL7 v2.5.1)"*, <http://hl7-definition.caristix.com:9010/Default.aspx?version=HL7%20v2.5.1&segment=ORC>,
Consultado el 11 de septiembre del 2016.

[59] David Simic's Blog, *"DCM4CHEE: UPDATING SPS ORDER STATUS OF AN MWL ITEM VIA HL7 AND BETTER HL7 COMPLIANCE"*, <http://davidsimic.com/2016/11/27/dcm4chee-updating-sps-order-status-of-a-modality-worklist-item-via-an-hl7-message/>,
Consultado el 13 de diciembre del 2016.

[60] David Simic's Blog, *"DCM4CHEE: UPDATING THE MODALITY WORK LIST VIA HL7 / ORM^O01"* , <http://davidsimic.com/2016/06/20/dcm4chee-updating-the-modality-work-list-via-hl7-ormo01/>,
Consultado el 20 de julio del 2016.

[61] dcm4che.org Wiki, *"DICOM Server"*, <https://dcm4che.atlassian.net/wiki/display/ee2/DICOM+Server>,
Consultado el 22 de agosto del 2016.

[62] dcm4che.org Wiki, *"Modalilty Performed Procedure Step SCP"*, <https://dcm4che.atlassian.net/wiki/display/ee2/Modality+Performed+Procedure+Step+SCP>,
Consultado el 22 de agosto del 2016.

[63] dcm4che.org Wiki, *"HL7 Server"*, <https://dcm4che.atlassian.net/wiki/display/ee2/HL7+Server>,
Consultado el 22 de agosto del 2016.

ANEXOS

Anexo 1: Composición de los Segmentos del Mensaje

La construcción de los mensajes se basó en la tabla de segmentos para mensajería HL7 definida por la IHE.

Fuente de la tabla:
IHEWiki, *"HL7 Tables"*,
<http://ihewiki.wustl.edu/wiki/index.php/HL7_Tables>,
Consultado el 20 de julio del 2016.

Ejemplos de mensajes HL7 versión 2.5 de tipo ORM-O01 generados para la creación de un nuevo Registro de Worklist:

Ejemplo en el Sistema de Citas:

MSH|^~\&|**SISTEMA_CITAS**|**ATEN_REC_USU_ESTUDIO**|DICOM_SERVER|MWLSCP|20170308152747-0300||ORM^O01|237|P|2.5|||||||
PID|||945571||APELLIDO1 APELLIDO21^NOMBRE1 NOMBRE21||19800625|M|||||||||||||||||||||||||||||
PV1||O|||||||945574^APETECNICO1 APETECNICO2^NOMTECNICO1 NOMTECNICO2^^^DR|RADIOLOGÍA|||||||||||||||||||||||||||||||||||||V|
ORC|NW|237|||||||20170308200000-0300|||APETECNICO1 APETECNICO2^NOMTECNICO1 NOMTECNICO2|||||922229-10^IHE-RAD^IHE-CODE-231||
OBR|1|237||20110^TOMOGRAFO^99IHE^20110^CT: TOMOGRAFO^99IHE||20170308200000-0300|||||||||TOMOGRAFO^^^^593|945574^APETECNICO1 APETECNICO2^NOMTECNICO1 NOMTECNICO2^^^DR||**C0000274784**|RP237|SPS237||||CT|||||||||||||||||||RP_237^TOMOGRAFO^RADIOLOGÍA
ZDS|2.16.858.0.0.1.10.2.3.6.55.237^TOMOGRAFO^HRI_CT55571^SCHEDULED

Ejemplo en el Sistema de Órdenes:

MSH|^~\&|**SISTEMA_ORDENES**|**ORDEN_SOLICITUD_USU_ESTUDIO**|DICOM_SERVER|MWLSCP|20170308164432-0300||ORM^O01|242|P|2.5|||||||
PID|||945572||APELLIDO2 APELLIDO22^NOMBRE2 NOMBRE22||19840805|F|||||||||||||||||||||||||||||
PV1||O|||||||945574^APETECNICO1 APETECNICO2^NOMTECNICO1 NOMTECNICO2^^^DR|Imagenologia|||||||||||||||||||||||||||||||||||||V|
ORC|NW|242|||||||20170308210000-0300|||APETECNICO1 APETECNICO2^NOMTECNICO1 NOMTECNICO2|||||922229-10^IHE-RAD^IHE-CODE-231||
OBR|1|242||20110^Imagenologia^99IHE^20110^MR: Resonancia Magnética RM Brazo^99IHE||20170308210000-0300|||||||||Imagenologia Resonancia Magnética RM Brazo^^^^2 475|945574^APETECNICO1 APETECNICO2^NOMTECNICO1 NOMTECNICO2^^^DR||**O000000002475297**|RP242|SPS242||||MR|||||||||||||||||||RP_242^Resonancia Magnética RM Brazo^Imagenologia
ZDS|2.16.858.0.0.1.10.2.3.6.55.242^RESONADOR^MRC27326^SCHEDULED

MSH (Cabezal del Mensaje):

MSH|^~\&|**SISTEMA_CITAS**|**ATEN_REC_USU_ESTUDIO**|DICOM_SERVER|MWLSCP|**20170308164432-0300**||ORM^O01|**237**|P|2.5|||||||

Ejemplo del segmento	Descripción del atributo incluído
SISTEMA_CITAS	Sistema que envía la solicitud de estudio.
ATEN_REC_USU_ESTUDIO	Módulo dentro del Sistema que realiza la solicitud.
20170308164432-0300	Fecha / Hora / Huso Horario de la creación del mensaje. Formato: “yyyymmddhhnnss-0300”.
237	Identificador global único del ítem de Worklist que va a ser ingresado.

PID (Datos del Paciente):

PID|||**945571**||**APELLIDO1 APELLIDO21^NOMBRE1 NOMBRE21**||**19800625**|**M**|||||||||||||||||||||||||||||

Ejemplo del segmento	Descripción del atributo incluído
945571	Nro. de Registro de Paciente, que pertenece y es interno solamente a la Institución.
APELLIDO1 APELLIDO21^NOMBRE1 NOMBRE21	Nombres y Apellidos del Paciente.
19800625	Fecha de Nacimiento del Paciente. Formato: “yyyymmdd”.
M	Sexo del Paciente. Valores posibles: M (masculino) y F (femenino).

PV1 (Información de visita del Paciente):

PV1||**O**|||||||**945574**^**APETECNICO1 APETECNICO2**^**NOMTECNICO1 NOMTECNICO2**^^^DR|**RADIOLOGÍA**||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||V|

Ejemplo del segmento	Descripción del atributo incluído
O	Clase de Paciente - Indica si el Paciente se encuentra actualmente internado Valores Posibles: “I” (Inbound) para el caso en que el paciente esté internado y “O” (Outbound) en caso de que no esté internado. Esto se obtiene desde el Sistema de Admisión.
945574	Nro. de Registro del Técnico ingresado como Persona en el Sistema de Índice de Personas.
APETECNICO1 APETECNICO2^ NOMTECNICO1 NOMTECNICO2	Nombres y Apellidos del Técnico asociado al Estudio.
RADIOLOGÍA	Servicio donde se realiza el Estudio.

ORC (Metadata de la Orden):

ORC|**NW**|**237**|||||||**20170308200000-0300**|||**APETECNICO1 APETECNICO2**^**NOMTECNICO1 NOMTECNICO2**|||||922229-10^IHE-RAD^IHE-CODE-231||

Ejemplo del segmento	Descripción del atributo incluído
NW	Modo de Ingreso de nuevo ítem de Worklist
237	Identificador global único del ítem de Worklist generado que se va a ingresar.
20170308200000-0300	Fecha / Hora / Huso Horario en el cual se va a realizar el estudio. Formato: “yyyymmddhhnnss-0300”.
APETECNICO1 APETECNICO2^ NOMTECNICO1 NOMTECNICO2	Nombres y Apellidos del Técnico asociado al Estudio.

OBR (Datos de la Solicitud):

OBR|1|**237**||20110^**TOMOGRAFO**^99IHE^20110^**CT**:**TOMOGRAFO**^99IHE||**20170308200000-0300**|||||||**TOMOGRAFO**^^^^593|**945574**^**APETECNIC1_APETECNICO2**^**NOMTECNIC1_NOMTECNICO2**^^^DR||**C0000274784**|**RP237**|**SPS237**||||**CT**||||||||||||||||||||**RP_237**^**TOMOGRAFO**^**RADIOLOGÍA**

Ejemplo del segmento	Descripción del atributo incluído
237	Identificador global único del ítem de Worklist que va a ser ingresado.
TOMOGRAFO	Prestación correspondiente al Estudio que se va a realizar.
20170308200000-0300	Fecha / Hora / Huso Horario en el cual se va a realizar el estudio. Formato: “yyyymmddhhnnss-0300”.
945574	Nro. de Registro del Técnico ingresado como Persona en el Sistema de Índice de Personas.
APETECNIC1_APETECNICO2^NOMTECNIC1_NOMTECNICO2	Nombres y Apellidos del Técnico asociado al Estudio.
C0000274784	Accession Number
RP237	Código asignado al procedimiento
SPS237	Identificador, conocido como: (SPS) “Scheduled Procedure Step “ ID, sería la PK (clave primaria) del ítem de WorkList. Si llega a ser repetida, salta error en el procesamiento del mensaje.
CT	Modalidad del Equipo de Adquisición. Ejemplo de posibles valores: “CT” (Tomografía Computada), “MR“ (Resonancia magnética), etc.
RADIOLOGÍA	Servicio que solicita el Estudio.

ZDS (Segmento configurable):

ZDS|2.16.858.0.0.1.10.2.3.6.55.237^TOMOGRAFO^HRI_CT55571^SCHEDULED

Ejemplo del segmento	Descripción del atributo incluído
2.16.858.0.0.1.10.2.3.6.55.237	Study Instance UID.
TOMOGRAFO	Nombre del Equipo utilizado en el estudio, que es el correspondiente a la Modalidad de Adquisición de Imágenes.
HRI_CT55571	AE asignado al Equipo utilizado en el Estudio.
SCHEDULED	Estado inicial del ítem de Worklist ingresado.

Composición del campo Study Instance UID:

2.16.858.0.0.1.10.2.3.6.55.237	
2.16.858.0.0.1.10.2.3.6	Valor del OID (Identificador de la Institución a nivel nacional) correspondiente al Hospital de Clínicas. El mismo fue definido por la UNAOID (Unidad Nacional de asignación de OID).
55	Valor Fijo asignado arbitrariamente para identificar los elementos de Worklist. Siempre tiene valor igual a “55”.
237	El valor correspondiente al Study Instance UID debe ser único para cada registro. Esta parte del campo es su única parte variable que corresponde al identificador global único del elemento del WorkList. Esto permite mantener la unicidad exigida para el valor asignado a este atributo.

Mensaje para Actualización de registro de Worklist

En este caso, la actualización consiste en solamente modificar el valor del atributo de estado. El segmento generado es mucho más simple que el de creación.

Ejemplo de Segmento de actualización:
MSH|^~\&|SISTEMA_ORDENES|ORDEN_SOLICITUD_USU_ESTUDIO|DICOM_SERVER|MWLSCP|20170308185600-0300||ORM^O01|246|P|2.5|||||||| PID|||883880||APELLIDO1 APELLIDO2^NOMBRE1 NOMBRE2|||||||||||||||||||||||||||||||||| **ORC**|**XO(CM)**|246|||||||20170308185600-0300||||||20170308185600-0300|||| OBR|1|246|||||||||||||||O000000002571300|RP246|SPS246||||||||||||||||||||||||

Como puede observarse, los segmentos de ZDS y de PV1 no son necesarios.
El segmento de MSH es el mismo que en el caso de ingreso de nuevo registro.
En el correspondiente al PID, solamente es necesario el ingreso del Nro. de Registro y el nombre completo del Paciente.

Segmento ORC - Modificación del estado del ítem de Worklist
ORC|**XO(CM)**|**246**||||||||||||||||
Require del identificador global del registro. (En el ejemplo sería el valor: **246**)
Valor de ejemplo: **XO(CM)** Corresponde a la operación de actualización y al nuevo valor del estado. Valores posibles: - XO(CM): Actualizar el estado a valor "COMPLETED". - SC(DC): Actualizar el estado a valor "DISCONTINUED".

Eliminación de registro de Worklist

En este caso, se procede a eliminar físicamente el registro de worklist de la plataforma "dcm4chee". El segmento generado es el más simple de todos.

Ejemplo de Segmento de eliminación:
MSH|^~\&|SISTEMA_ORDENES|ORDEN_SOLICITUD_USU_ESTUDIO|DICOM_SERVER|MWLSCP|20170308185902-0300||ORM^O01|246|P|2.5|||||||| PID|||883880||APELLIDO1 APELLIDO2^NOMBRE1 NOMBRE2|||||||||||||||||||||||||||||||||| **ORC**|**OC**|246|||||||||||||||| OBR|1|246|||||||||||||||O000000002571300|RP246|SPS246||||||||||||||||||||||||

La construcción de los mensajes fue basada en la siguiente fuente:

David Simic's Blog, *"DCM4CHEE: UPDATING SPS ORDER STATUS OF AN MWL ITEM VIA HL7 AND BETTER HL7 COMPLIANCE"* ,
<http://davidsimic.com/2016/11/27/dcm4chee-updating-sps-order-status-of-a-modality-worklist-item-via-an-hl7-message/>,
Consultado el 13 de diciembre del 2016.

Anexo 2: Relevamientos de otras Modalidades de Adquisición

Se procedió a realizar un relevamiento de otras modalidades de adquisición de imágenes que no fueron integradas en el desarrollo del prototipo de la solución.
Esto forma parte del análisis del potencial a futuro que posee el proyecto, para que el conocimiento y experiencia generado gracias al mismo pueda ser aplicado a otros servicios del hospital que también realizan estudios con adquisición de imágenes.

Departamento de Ecografía:
La siguiente tabla muestra el relevamiento realizado a cada una de las modalidades de adquisición de imágenes pertenecientes al Departamento de Ecografía.

	DICOM	**MWL (SCU)**	**MPPS (SCU)**	**DICOM Conformance Statement**	**DICOM Habilitado**
Apogee 3800 - SIUI (SHANTOU INSTITUTE OF ULTRASONIC INSTRUMENTS)	SI	SI	NO	NO	NO
MyLab50 Vision - Esaote	SI	SI	SI	SI	NO
Sonoace X8 - Samsung	SI	SI	NO	NO	NO

Especificaciones del “Apogee 3800” del fabricante SIUI:

Providian Medical Equipment, *“SIUI Apogee 2800 Touch”*, <http://www.providianmedical.com/ultrasound-machines/siui/siui-apogee-3800-touch/>, Consultado el 1 de febrero del 2017.

Se tuvo que consultar directamente al proveedor, para saber si la modalidad contaba con soporte para MWL y MPPS en rol de SCU (usuario), con documento de DICOM Conformance Statement y además para verificar la habilitación del DICOM.

Especificaciones del "Sonoace X8" del fabricante Samsung:

Samsung, *“SonoAce X8“*, <http://www.samsung.com/in/support/model/USS-PSAX8F3KWR>, Consultado el 1 de febrero del 2017.

Al igual que en el caso de la modalidad anterior, también se tuvo que consultar directamente al proveedor para obtener la información requerida en el relevamiento.
Especificaciones del “MyLab50 Vision” del fabricante Esaote:

Esaote, *“MyLab 50: General Imaging and cardiac ultrasound“* , <http://www.esaote.com/ultrasound/ultrasound-systems/p/mylab-50/>, Consultado el 1 de febrero del 2017.

Es la única modalidad de la relevadas que posee DICOM Conformance Statement.
El documento puede visualizarse en:

Esaote, “MyLab Ultrasound Scanners - DICOM Conformance Statement”, <http://www.esaote.com/documentation/download/document/mylab-50-family-release-1204-version-66/>,
Consultado el 1 de febrero del 2017.

Como puede observarse, todas las modalidades tienen soporte a nivel técnico para DICOM y MWL. Solo una de ellas cuenta con soporte para MPPS y al mismo tiempo es la única que posee documento de "DICOM Conformance Statement". Pero ninguna de ellas tiene habilitado el servicio DICOM. Esto no quita que a nivel técnico no posean las capacidad de formar parte del prototipo del motor de Workflow implementado en el proyecto.

Departamento de Cardiología:

Posee un Angiógrafo de marca Siemmens. El mismo no tiene el DICOM habilitado, sino que para obtener su imágenes se conecta directamente a través de una tarjeta de video que convierte las imágenes generadas a formato DICOM.

El software que procesa las imágenes es el TIMS v. 2.3, que además posee documento de DICOM Conformance Statement, que puede ser visualizado en:

TIMS Medical, “DICOM Conformance Statement“, <http://tims.com/wp-content/uploads/2016/03/TIMS%20DICOM%20Conformance.3.2.Rev12.pdf>,
Consultado el 1 de septiembre del 2016.

En el mismo está estipulado que tiene soporte para Worklist, pero no mencionada nada respecto al MPPS. Aparentemente no tiene la habilitada la licencia del servicio de Worklist. Las imágenes procesadas por el TIMS, son enviadas a un servidor de PACS.

Departamento de Oncología:

Posee un Acelerador Lineal de marca Elekta Compact, con modalidad RT.
El software que maneja dicha modalidad es el Mosaiq v.2.41.01J0.
Acceso al DICOM Conformance Statement pero para el Mosaiq versión 2.60:

Elekta, “Mosaiq 2.60 - DICOM Conformance Statement”, <https://www.elekta.com/dam/jcr:d3a9c288-ca7b-4859-bc20-dd51bb83e82d/LEDDCM0048.pdf>,
Consultado el 1 de septiembre del 2016.

En el mismo está estipulado que tiene soporte para Worklist, pero no mencionada nada respecto al MPPS. Al momento no tiene habilitada la licencia de DICOM.

Departamento de Gastroenterología:

Se tiene un Arco en C de marca Siemmens, con modelo Siremobil Compact L Memoskop CX. Tiene documento de DICOM Conformance Statement , donde estipula que tiene soporte para Worklist, pero no mencionada nada respecto al MPPS. Al momento no tiene habilitada la licencia de DICOM.
El documento puede visualizarse en:

Siemens, *"SIREMOBIL Compact L - DICOM Conformance Statement"*, <https://static.healthcare.siemens.com/siemens_hwem-hwem_ssxa_websites-context-root/wcm/idc/groups/public/@global/@services/documents/download/mdaw/mtm0/~edisp/8630225_eds_02s00-00073841.pdf>,
Consultado el 1 de septiembre del 2016.

También posee equipos de captura de imágenes de tipo Light Source, de marca Olimpus, los modelos Exera CLV 160, Exera 2 CLV 180 y CLV 150. Los mismos no pueden comunicar directamente con DICOM, sino que debe utilizar un sistema intermedio que procese las imágenes a un formato soportado por aplicaciones DICOM.

También tiene los siguientes equipos que en su gran mayoría cuentan a nivel técnico con soporte para DICOM:

- Pentax EPK i5010,
- Monitor NDS Radiance sc-sx 19-a1511
- Fujinon System 7000 ultrasound
- Fujinon System 4400 Processor
- Fujinon Balloon controller - PB 20

Conclusiones finales de los relevamientos

- La gran mayoría de las modalidades de adquisición de imágenes posee a nivel técnico soporte para DICOM.
- En algunos casos pueden requerir de algún software intermediario para asegurarse que las imágenes adquiridas tengan un formato válido DICOM.
- Algunos de los proveedores de estos equipos ofrecieron períodos de pruebas para habilitar el DICOM por tiempo limitado.
  Esto proveería un tiempo para realizar pruebas de conectividad de los equipos.
- El Workflow desarrollado puede ser expandible a un alto porcentaje de las modalidades existentes de adquisición de imágenes.
  Esto podría expandir la práctica recomendable de manejar un eficiente flujo de datos en la mayoría de los servicios pertenecientes a la Institución Hospitalaria.
- Todavía quedan más servicios para relevar e investigar el estado del soporte de captura de imágenes por parte sus equipos.
- **Esto reafirma el gran potencial a futuro que posee todo el desarrollo de este proyecto.**

Anexo 3: Funcionamiento del Application Data Flow en DICOM

Está basado en la sección 2 referente a la Conformidad del estándar DICOM, que define el marco de una aplicación integrada que gestiona el flujo de datos y que luego se aplicará para los dispositivos basados en el estándar.
Solamente se hace énfasis en las entidades que forman parte del Workflow.

En la siguiente figura se ilustran las entidades y AEs que integran el Application Data Flow.

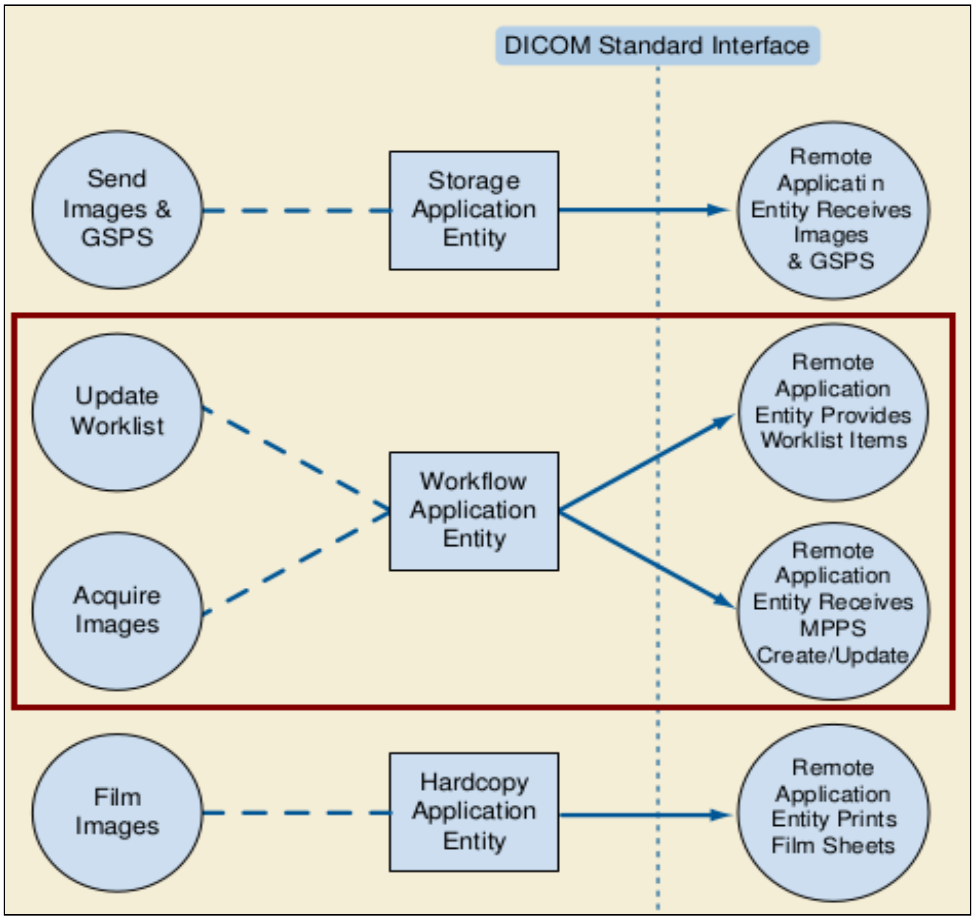


Figura – Diagrama del Application Data Flow.

El Workflow AE (Application Entity) recibe información de Worklist (lista de trabajo) desde un AE remoto y además envía información de MPPS hacia el mismo AE remoto. Se encuentra asociado con las tareas locales de "Update Worklist" y "Acquire Images". Cuando la tarea local de "Update Worklist" es realizada, el Workflow AE envía una consulta hacia a un AE remoto para obtener ítems de worklist y provee el conjunto de ítems que cumplen con lo solicitado en la consulta. "Update Worklist" es realizado como resultado de una solicitud del operador o puede realizar automáticamente cada ciertos intervalos de tiempo definidos. Cuando la

tarea local de "Acquire Images" es realizada, el Workflow AE crea y actualiza instancias de MPPS gestionadas a través de un AE remoto. La adquisición de imágenes va a resultar en la creación automática de una instancia de MPPS. La completitud del MPPS es realizada como resultado de una acción por parte del operador.

Definición funcional del Workflow AE

"Worklist Update" trata de descargar un Worklist desde un nodo remoto. Si el Workflow AE establece una asociación hacia el AE remoto, todos los ítems de worklist van a ser transferidos a través de la asociación establecida.
Durante la recepción de la respuesta que contiene los ítems de worklist, los mismos son contados y el procesamiento de la consulta es cancelado si la el límite máximo de recibidos supera el tope máximo configurado para recepción.
Los resultados van a ser desplegados en una lista, que se eliminará con la siguiente ejecución del Worklist Update.
El Workflow AE realiza la creación de la instancia de MPPS automáticamente cuando las imágenes son adquiridas. Otras actualizaciones en el MPPS pueden ser realizadas interactivamente desde una interfaz de usuario de MPPS. Las instancia de MPPS con estado "Complete" o "Discontinued" solamente pueden ser creadas a través de la interfaz de usuario.

Secuencia de ejecución de las actividades del mundo real

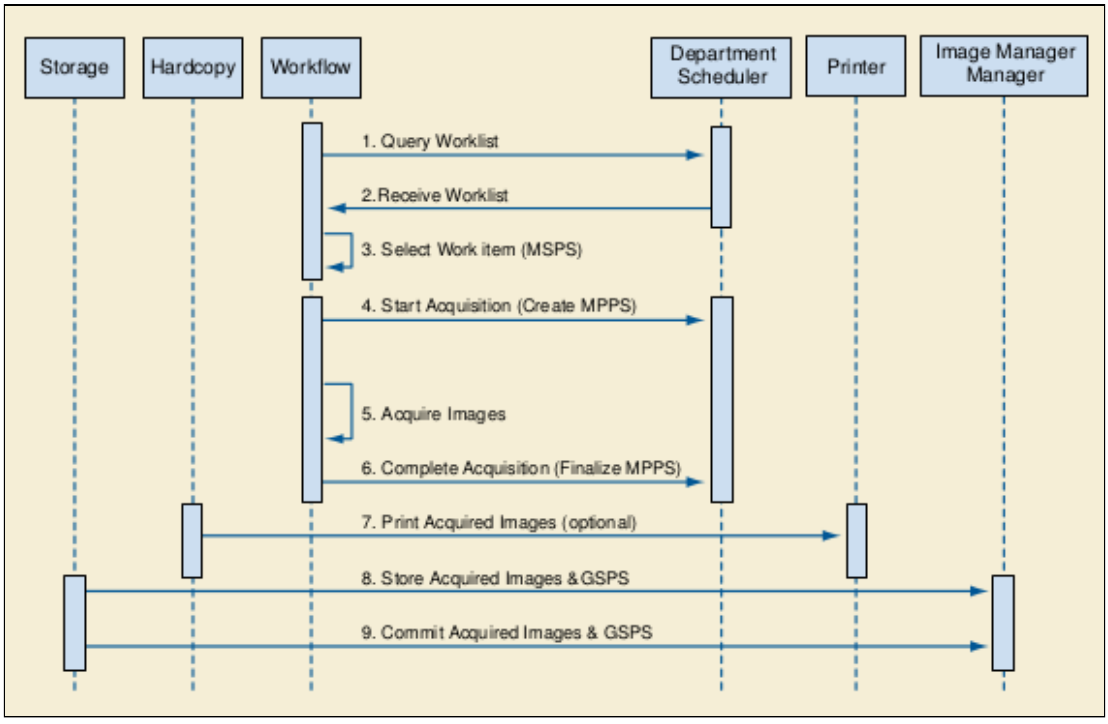


Figura – Secuencia de restricciones.

Bajo condiciones normales de un workflow programado, las restricciones de secuenciamiento son las siguientes:

- Consulta de Worklist.
- Recibimiento del Worklist de Modality Scheduled Procedure Steps (MSPS).
- Selección del ítem de Trabajo (MSPS) desde la Worklist.
- Comienzo de la adquisición y creación de la instancia de MPPS.
- Adquisición de las imágenes.
- Completitud de la adquisición y finalización del MPPS.
- Impresión de las imágenes adquiridas (paso opcional).
- Almacenamiento de las imágenes y algunas instancias de asociación de GSPS (Grayscale Softcopy Presentation State)
- Si el manejador de Imágenes es configurado como un dispositivo de archivo, la AE de Storage va a solicitar un Commitment de Storage para las imágenes y las instancia de GSPS asociadas
- La impresión podría ser omitida completamente si ninguna impresora se encuentra conectada o si las hard copies no son requeridas.

Secuencia de la actividad de Worklist Update

La siguiente figura expone un ejemplo dentro de un contexto de integración con Modalidad, donde el Workflow AE inicia una asociación con el fin de solicitar una operación de C-Find de acuerdo al modelo de información de la Modalidad de Worklist.

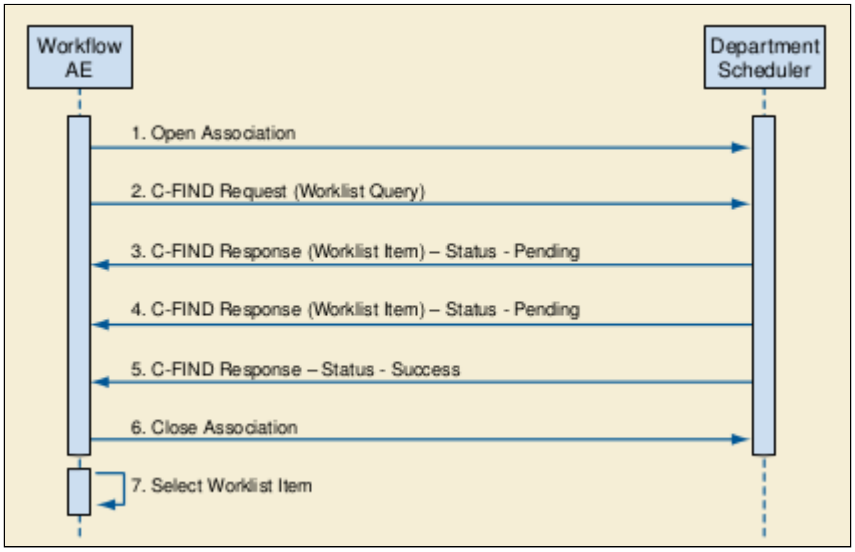


Figura – Secuencia de actividades – Worklist Update.

Una posible secuencia de interacciones entre el Workflow AE y una Department Scheduler (soporta la Modality Worklist SOP Class como SCP) podría ser la siguiente:

- El Worklist AE abre una asociación con el Department Scheduler.
- El Worklist AE envía una solicitud C-Find al Department Scheduler conteniendo los atributos de la consulta de Worklist.
- El Department Scheduler retorna una respuesta C-Find conteniendo los atributos requeridos del primer ítem de Worklist que cumple con la solicitud.
- El Department Scheduler retorna otra respuesta C-Find conteniendo los atributos requeridos del segundo ítem de Worklist que cumple con la solicitud.
- El Department Scheduler retorna otra respuesta C-Find con estado de "Success" indicando que no existe otro ítem con cumpla con la solicitud. En este ejemplo se asume que solamente dos ítems de worklist cumple con los solicitado en la consulta.
- El Worklist AE cierra la asociación con el Department Scheduler.
- El usuario selecciona un ítem del Worklist desde la Worklist y prepara la adquisición de nuevas imágenes.

Secuencia de la actividad de Acquire Images

La siguiente figura expone un ejemplo dentro de un contexto de integración con Modalidad, donde el Workflow AE inicia una asociación con el fin de solicitar una operación de adquisición de imágenes, luego de que ya fuera seleccionado anteriormente el ítem de Worklist.

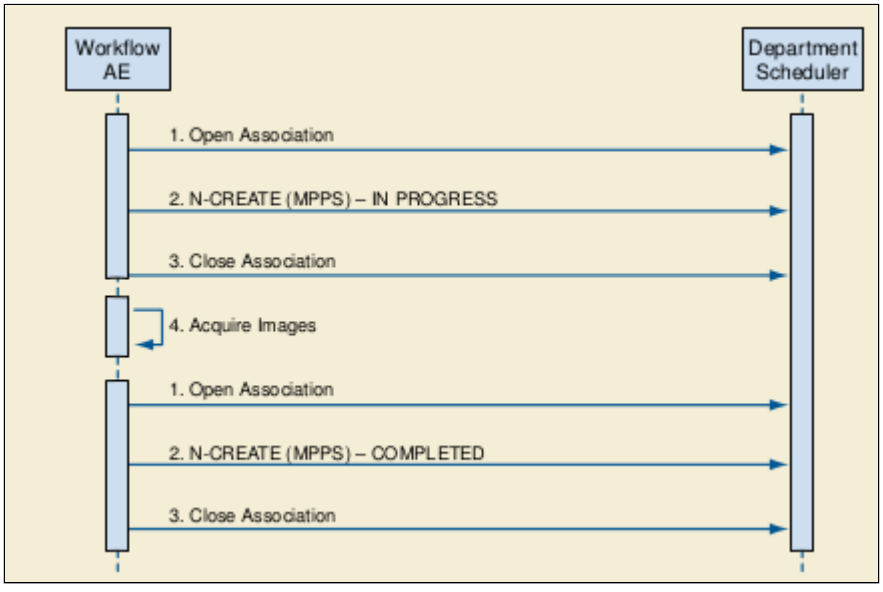


Figura – Secuencia de actividades – Acquire Images.

Una posible secuencia de interacciones entre el Workflow AE y un Department Scheduler (soporta la Modality Worklist SOP Class como SCP) podría ser la siguiente:

- El Worklist AE abre una asociación con el Department Scheduler.
- El Worklist AE envía una solicitud N-CREATE al Department Scheduler para crear una instancia de MPPS con estado de "IN-PROGRESS" y crea todos los atributos necesarios. El Department Scheduler reconoce la creación del MPPS con una respuesta N-CREATE (status success).
- El Worklist AE cierra la asociación con el Department Scheduler.
- Todas las imágenes son adquiridas y almacenadas en la base de datos local.
- El Worklist AE abre una asociación con el Department Scheduler.
- El Worklist AE envía una solicitud N-SET hacia el Department Scheduler para actualizar la instancia de MPPS con el estado de "Completed" y define todos sus atributos necesarios. El Department Scheduler reconoce la actualización del MPPS con una respuesta N-SET (status success).
- El Worklist AE cierra la asociación con el Department Scheduler.

Fuente de la información expuesta en este anexo:

NEMA, *"Part B.4: Conformance Statement Sample Integrated Modality - Networking"*, PS3.2: DICOM PS3.2 2016e - Conformance, <http://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/pdf/part02.pdf>, Consultado el 10 de febrero del 2017.

Anexo 4: Manual del Programador

El Software utilizado a lo largo del proyecto fue el siguiente:

- DCMTK - Plataforma tecnológica con librerías y aplicaciones que implementan servicios DICOM.
  http://dicom.offis.de/dcmtk.php.en

  Para las pruebas se utilizó la versión 3.6.0.

  Posee instalador tanto para Linux como para Windows.
  La versión para Linux fue instalada en el servidor virtual con Debian 7, para realizar el estudio del servicio de MWL que provee.
  La versión para Windows también fue instalada para el estudio del servidor de MWL, pero en el rol de consumidor de servicios de MWL desde el equipo anfitrión con Windows 7 (que contiene al servidor virtual de Debian 7).

- Aplicación de DCMTK que implementa el servicio de Worklist - "wlmscpfs".
  http://support.dcmtk.org/docs/wlmscpfs.html

- DCM4CHE - Colección de aplicaciones y utilidades Open-Source para el ámbito de la Informática en Salud. La plataforma consiste en una aplicación robusta del estándar DICOM.
  http://www.dcm4che.org/

  Posee instalador tanto para Linux como para Windows.

- DCM4CHE - versión descargada para el proyecto:
  https://sourceforge.net/projects/dcm4che/files/dcm4chee/2.18.3/

  La versión para Linux fue instalada en el servidor virtual con Debian 7, para realizar el estudio del servicio de MWL que provee.
  Terminó siendo la versión seleccionada para implementar en el proyecto.

  Se tuvieron que descargar algunas librerías desde el instalador de versión Windows, para poder consumir desde Windows 7 servicios de MWL al servidor remoto de "dcm4chee" instalado con Debian 7.

- DCM4CHE - Versión descargada de la herramienta "hl7snd":
  https://sourceforge.net/projects/dcm4che/files/dcm4che3/3.3.7/

  Posee instalador tanto para Linux como para Windows.
  Se instaló la de Windows para el estudio de las tecnologías.

La versión de linux terminó siendo la que se instaló de forma definitiva en el proyecto.

- DCM4CHE - Versión descargada de las herramienta "dcmmwl" y "dcmqr":
  https://sourceforge.net/projects/dcm4che/files/dcm4che2/2.0.8/

  Posee instalador tanto para Linux como para Windows.
  Se instaló la de Windows para el estudio de las tecnologías.
  La versión de linux terminó siendo la que se instaló de forma definitiva en el proyecto.

- DVTK - Emulador de Modalidad para rol SCU.
  http://www.dvtk.org/downloads/

  Posee solamente versión para Windows.
  Fue utilizada para el estudio de investigación de las plataformas tecnológicas y para las pruebas unitarias, como consumidor de servicios de MWL desde equipo de pruebas con sistema operativo Windows 7.

Anexo 5: Áreas Implicadas en el desarrollo del Proyecto

La siguiente tabla enumera todas las áreas tecnológicas que participaron del proyecto.

Infraestructura
- Instalación de Servidor Debian 7 - Instalación de paquete OpenJdk para Debian - Armado de paquete de instalación dcm4chee con motor de base de datos MySql para Debian - Instalación de JBoss - Instalación de la plataforma de servidor dcm4chee - Habilitación de los puertos del servidor - Configuración de los servicios que provee el dcm4chee - Modificación en la configuración del mapeo del mensaje HL7 - Configuración de las modalidades de adquisición de imágenes - Instalación de herramientas externas provistas por dcm4chee en el mismo servidor del HIS.
Prueba
- Máquina virtual con Debian. - Instalación tanto del dcm4chee como del dcmtk. - Emulador de Modalidad ejecutado desde equipo con S.O. Windows 7, tomando rol SCU hacia la máquina virtual - Modalidades reales apuntando al servidor real.
Desarrollo e Implantación
- El desarrollo del motor Workflow no está compuesto de un solo sistema homogéneo. Sino que está compuesto de una infinidad de sistemas ya existentes conectados entre sí. - Fue enfocado por el lado de mecanismos de interoperabilidad entre sistemas e implementaciones de programas orientados a la conectividad. - Se combinó el entorno de desarrollo corporativo Genexus, con programas Open Source desarrollados en lenguaje de programación Java. - El código generado es mayormente Java, tanto de interfaz de escritorio como de web. - No se desarrolló nada desde cero. - Sino que se agregaron módulos adicionales a sistemas ya existentes que se están utilizando en la Institución desde hace varios años. - Referencia e Invocación a webservices de otros sistemas del HIS. - Fuerte aplicación del concepto de "reutilización de código". - La idea no fue inventar de nuevo la pólvora, sino sacar el mayor provecho posible de las herramientas externas provistas por dcm4chee para la creación de mensaje HL7, ejecución de queries hacia el servidor, verificación de datos, etc.

Tabla – Áreas implicadas en el desarrollo del Proyecto y la enumeración de las tareas en las que contribuyeron dentro del marco del proyecto.

Anexo 6: Disciplinas involucradas de la Carrera Universitaria

La siguiente tabla describe las disciplinas académicas que aportaron conocimiento relevante para el desarrollo del proyecto.

DISCIPLINA	APORTE AL PROYECTO
Informática de la Salud	Estándar DICOM, HL7. Recomendaciones IHE. Servicios de MWL, MPPS, HL7. Fuerte involucramiento de Servicios Médicos Informáticos de una Institución Hospitalaria.
Ingeniería de Software	Entorno donde se involucra Software, Hardware, Ingenieros de Sistemas y Eléctricos, Analistas Programadores, Especialistas en Infraestructura. El peso de la documentación es muy importante a la hora de tomar decisiones. Dividir por etapas de pruebas, desarrollo e implantación. Identificar los casos donde se
Redes de Computadoras	Arquitectura Cliente-Servidor. Trabajo en equipo con el Área de Infraestructura.
Taller de Programación	Desarrollo en lenguaje Java y armado de documentación de lo implementado.
Programación Orientada a objetos	DICOM - propone un modelo fuertemente orientado a objetos
Taller de "Business Process Model"	Movimiento del flujo de datos de Paciente y Estudio a lo largo del Workflow.
Base de datos	Motor de base de datos incluido en la plataforma tecnológica seleccionada.

Tabla – Disciplinas académicas involucradas en el desarrollo del Proyecto, junto a los conocimientos aportados por cada una de las mismas.

Anexo 7: Propuesta Original del Proyecto

Identificación del Proyecto

Año: **2016.**
Título: **Identificación de motores de workflow en el área médica de código abierto con herramientas asociadas y estudio de su interrelación con PACS de código abierto DCM4CHE y un sistema de citas.**
Área temática: **Sistemas de Información, WorkFlow, Informática Médica.**
Institución en donde se realizará: **Hospital de Clínicas "Dr. Manuel Quintela".**

Supervisor y Responsable

Supervisor (Docente INCO): **Antonio López Arredondo**
E-Mail: alopeza@fing.edu.uy

Responsable: **Julio Carrau, Dir. Div. Procesamiento de la Información.**
E-Mail: jcarrau@hc.edu.uy

Estudiantes

Estudiante único: **Jonathan Kantor**

Resumen del Proyecto

Los procesos informático-médicos, muchas veces requieren de distintas soluciones de software y la interoperabilidad entre ellos, en particular, cuando existen flujos de trabajo que deben relacionarse.

Se propone explorar alternativas tecnológicas de herramientas de workflow estandarizado aplicado en la historia clínica en el Hospital de Clínicas. El Objetivo es que se haga un relevamiento de los distintos estándares de código abierto existentes y herramientas asociadas, hacer un estudio de FODA con conclusiones y sugerencias, con algún desarrollo de muestra de cómo aplicarlo.

El caso de uso considerado para trabajar, será la automatización de una interfase de un sistema de asignación de turnos y un sistema de PACS, desarrollando el prototipo se deberán considerar las interacciones con el actual sistema de historia clínica desarrollado por el hospital así como los estándares de comunicación con el sistema de almacenamiento de imágenes y servidor de almacenamiento de imágenes existente en la institución (DCM4CHEE) el cual implementa interfaces según los estándares HL7 2.5 y DICOM WORKLIST recomendados por el estándar DICOM así como por el "Radiology Technical Framework" de IHE para la comunicación entre las estaciones de trabajo, el PACS y el HIS.

Existen motores de flujos de trabajo estandarizado de código abierto que utilizan distintos estándares en área de salud, y una parte del proyecto es identificar dichos

motores y estándares, realizando el FODA de estos, seleccionar en función de este estudio y dejar documentado cómo deberá ser utilizado conceptualmente esta dupla de motor y estándar.

La otra parte de este proyecto será plantear el desarrollo para conectar un sistema de citas con un sistema de imagenología (PACS), y cómo serán las interfaces de ambos sistemas para con el motor de workflow seleccionado (en particular la interfase contra el PACS deberá considerar las recomendaciones de dicho sistema de código abierto).

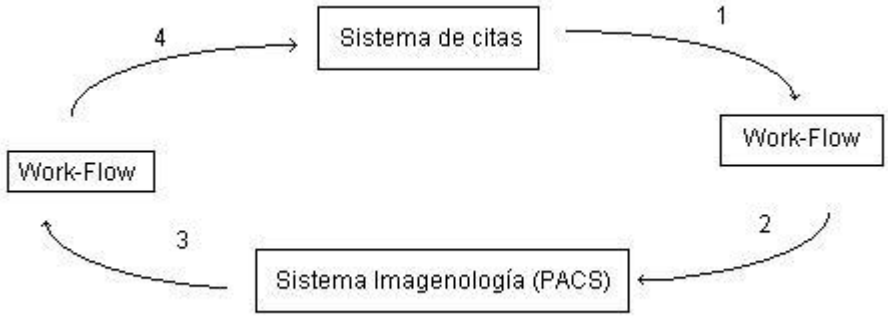
Nota: Se asume que todos los equipos diagnósticos con los que se realizará la interacción soportan el estándar DICOM WORKLIST.

Descripción del Proyecto

Objetivos

En este proyecto se estudiarán los distintos estándares utilizados en salud para flujos de trabajo, buscando los puntos favorables y aquellos desfavorables, planteando una matriz FODA.

Además se deberán definir cómo deberán comunicarse los sistemas existentes (tanto en la generación de información para el arranque de un flujo de trabajo, como la recepción de la información generada por el motor seleccionado), desarrollando si es necesario un prototipo de cómo se harían las interfaces necesarias en dos sistemas específicos de ejemplo, como son el un sistemas de citas y un sistema de archivos de imágenes médicas (PACS).



Las soluciones sugeridas, así como los prototipos deberán ser realizados en un ambiente web, con las herramientas y lenguajes compatibles con las existentes en la institución solicitantes.

Se deberá armar un prototipo emulando la salida generada por el sistema de citas (con el formato estandarizado obtenido por el estudio FODA) como entrada del motor sugerido, así como el(los) archivo(s) generados para enviarle la información

pertinente al sistema de citas, y otro tanto para el sistema de almacenamiento de imágenes médicas (PACS).

Áreas de estudio:

- Tecnologías para implementación de interfaces de usuario (XML, HTML, etc.).
- Modelos de información y estándares en sistemas de información en salud.
- Generalizar la solución a cualquier modelo de información y posibles interacciones con otros sistemas o subsistemas de salud.

Objetivos específicos:

- Estudiar los estándares de workflows existentes utilizados en el ámbito sanitario.
- Selección sugerida de estándares y motores de flujo de trabajo en base a la tabla FODA.
- Especificación completa de las interfaces necesarias para utilización de dicho workflow con sistemas existentes.
- Construcción de un prototipo que permita probar el producto de código abierto y evaluar su aplicación en un sistema de salud informatizado existente.

Resultados Esperados
Se espera obtener el estudio de los estándares utilizados en el ámbito sanitario para flujos de trabajo (o workflow), y las herramientas de código abierto existentes asociadas que puedan ser utilizadas. Y una documentación específica de cómo utilizar la herramienta seleccionada, con un pequeño prototipo de implementación de dicha documentación.

Contexto de Trabajo
El proyecto buscará conectar sistemas existentes, a través de su inserción en procesos dinámicos de trabajo, tomando el caso específico de un sistema de citas, que debe mediante un motor de flujo de trabajo, enviarle datos específicos a un sistema de almacenamiento de imágenes médica y este, cuando termina su proceso, enviarle la información necesaria al sistema de citas original.

Se trabajará en el marco de la División de Procesamiento de Información del Hospital de Clínicas, desde donde se ofrecen servicios de infraestructura y aplicaciones a más de 1800 usuarios utilizando más 1200 puestos de trabajo, cubriendo la mayoría de las necesidades de un sistema hospitalario informatizado completo.

Plan de Trabajo y Cronograma

Mes 1: Investigar los estándares de motores de flujos de trabajo de código abierto utilizados en el ambiente sanitario. Con esto, se conocerá el estado del arte en la materia. En la etapa de análisis se deberán relevar los conceptos y objetos del dominio que pudiesen requerirse implementar para poder realizar una integración armonizada entre el actual sistema de Historía Clínica de la institución el prototipo propuesto de comunicación con el sistema imagenológico y las ampliaciones que se consideren para la utilización genérica de la implementación solicitada.

Mes 2: Estudiar las tecnologías y herramientas existentes en el cliente, y realizar una tabla FODA, considerando lo existente en el cliente. Propuesta de la utilización del producto seleccionado para la solución, y documentación que la explique y justifique. Creación del plan de desarrollo. Documentación de las decisiones tomadas, y documentación del producto seleccionado y su instalación.

Mes 3: Definición del diseño de cada componente de la solución. Validación y comienzo de la implementación.

Meses 4 y 5: Desarrollo de las interfaces y los componentes de la solución, apoyados en un fuerte ida y vuelta con el cliente; relevamiento y pruebas unitarias. Documentación de lo realizado, los resultados obtenidos y las decisiones tomadas.

Meses 6 al 8: Implementación del prototipo integrador que utiliza los componentes antes desarrollados. Incluye pruebas unitarias.

Meses 9 y 10: Pruebas integrales y de stress. Dos pruebas piloto con participación del cliente. Ajustes finales al desarrollo.

Meses 11 y 12: consolidación de la documentación final y validación con tutor y cliente. Realizar los ajustes que sean necesarios. Preparación de la presentación final y defensa.

Metodología de Trabajo

Se realizarán entrevistas con cliente, para levantar necesidades y posibilidades, manteniendo una relación permanente durante todo el proyecto, para realizar validaciones de lo implementado.

También se realizarán reuniones cada 15 días con el tutor del proyecto y/o con el cliente, en las cuales se informará de lo realizado, se guiará a los estudiantes, se tomarán decisiones en conjunto y se planificarán los siguientes pasos. En cada reunión se definirán cuáles serán los entregables para las siguientes reuniones de avance.

Recursos Informáticos

El hardware y software necesario para las pruebas y evaluación de los productos desarrollados durante el proyecto lo proveerá la institución de forma de facilitar la conectividad y comunicación con los sistemas de imagenología y agenda. La institución deberá estar de acuerdo con la solución propuesta antes de empezar a realizar el prototipo. Los estudiantes deberán proveerse de sus propios ambientes de desarrollo.

Conocimientos previos del Estudiante

Exigidos: Bases de datos y Arquitectura de software.

Recomendados: Sistemas de Información en Salud.