



# **Centro de Neurociencias de Cuba**

## **Tesina del Diplomado en Neurociencias**

**Título: Diseño Base de Datos de la información de los sistemas de la familia AUDIX6**

**Autor: Carlos Santiago Rodríguez Silva**

**Asesor: M. Sc. Elsa Santos Febles**

La Habana

Septiembre 2018

# RESUMEN

El siguiente documento describe el proceso de diseño e implementación de una base de datos relacional que soportará la gestión de la información proveniente de los sistemas de audiología de la familia AUDIX 6. La estructura de dicha base de datos propiciará la búsqueda de información correlacionando pacientes con datos de diferentes orígenes. Se garantiza además, la identificación de responsabilidades sobre los datos, la confidencialidad de la información y la trazabilidad de las operaciones. De esta forma los sistemas de Audiología desarrollados en el Centro de Neurociencias de Cuba contarían con un banco de datos, con funcionalidades para tratar y/o evitar la duplicidad de la información, brindando una integración de los datos, manteniendo igualmente el modo de operación descentralizado e independiente, y favoreciendo la generación de informes para la investigación y la estadística. La propuesta se desarrolla sobre la plataforma .Net, utilizando las bondades de EntityFramework y C# como lenguaje de programación Orientado a Objetos. Por su flexibilidad, el diseño de la base de datos facilita las acciones de mantenimiento y escalabilidad para la interacción con otros sistemas de audiología, incurriendo en una reducción significativa de tiempo y esfuerzo.

## Contenido

RESUMEN.....	2
INTRODUCCIÓN .....	4
Sistema de Audiología NEURONIC AUDIOLOGÍA 6.....	4
Sistema de cribado neonatal NEURONIC INFANTIX .....	5
PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.....	7
Objetivo general .....	8
Aporte teórico y práctico.....	8
Novedad y actualidad .....	9
Revisión bibliográfica.....	9
Breve descripción de los materiales y métodos utilizados .....	10
ORÍGENES DE DATOS .....	12
ENTIDADES DEL MODELO .....	14
BASE DE DATOS RELACIONAL .....	17
ACCESO A LOS DATOS.....	21
CONCLUSIONES.....	23
RECOMENDACIONES .....	23
Referencias Bibliográficas.....	24
Bibliografía.....	25

# INTRODUCCIÓN

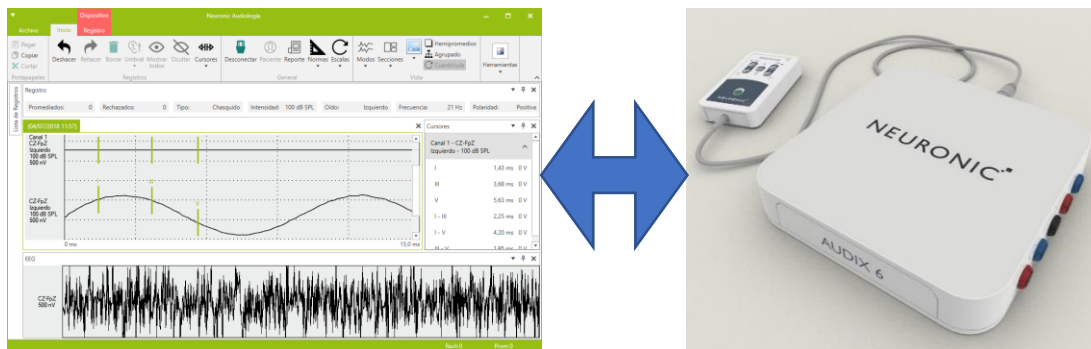
Los sistemas destinados a servicios de audiología, desarrollados en el Centro de Neurociencias de Cuba, se componen generalmente de:

- Una unidad de hardware responsable de emitir estímulos al paciente en cuestión y recibir las señales resultantes del proceso de estimulación, y
- Un sistema de software que se encarga de configurar las variables del entorno del sistema, procesar la información proveniente del hardware, gestionar la base de datos correspondiente y propiciar una interfaz para que el especialista interactúe con los resultados a través de gráficos y tablas.

El desarrollo de la investigación toma como punto de partida el análisis específico de los sistemas de la familia NEURONIC AUDIOLOGÍA y el sistema de cribado neonatal NEURONIC INFANTIX.

## Sistema de Audiología NEURONIC AUDIOLOGÍA 6

**Neuronic Audiología 6** es un sistema de software destinado a servicios de audiología y/o ORL, tanto pediátricos como de adultos. Este sistema, de conjunto con el equipo Audix 6, servirá para el diagnóstico objetivo de trastornos de la audición y del sistema vestibular, en los pacientes que lo requieran (generalmente niños y adultos que no puedan cooperar con una exploración conductual). La comunicación del sistema que se ejecuta en un ordenador (PC) con el equipo se realizará a través de la interfaz de serie USB. El uso del producto está orientado a personal médico especializado en la rama de la Audiología. [1]



*Figura 1 Neuronic Audix. Potenciales Evocados vs AUDIX6*

El sistema contará con dos aplicaciones de software: Inicio Audiología y Potenciales Evocados Auditivos. La gestión de datos tendrá como plataforma la base de datos producto de la investigación en cuestión.

Los sistemas que anteceden a la nueva propuesta, efectúan una gestión de datos independiente, a través de ficheros de MICROSOFT ACCESS. Las operaciones de restauración de datos, copia de seguridad, y exportación e importación de la información están disponibles en los menús de estas aplicaciones.

## Sistema de cribado neonatal NEURONIC INFANTIX

El **Sistema de cribado neonatal NEURONIC INFANTIX** está orientado a la detección objetiva de trastornos de la audición mediante el registro y análisis de potenciales evocados auditivos. Este sistema genera digitalmente diferentes tipos de estímulos auditivos y registra la respuesta neural provocada por estos. Una vez iniciado el registro, la respuesta neural es procesada de forma automática, lo que permite obtener un resultado final sin la intervención del examinador. [2]



*Figura 2 Sistema para Cribado Auditivo NEURONIC INFANTIX NA6.2. [2]*

El **Sistema** realiza el procesamiento de señales biológicas con ayuda de técnicas digitales. Captura, almacena y analiza información eléctrica obtenida de un sujeto, para la realización de estudios neurofisiológicos. Está orientado a la evaluación objetiva de la audición utilizando la técnica de Potenciales Evocados Auditivos de Tallo Cerebral (PEAtc) y de Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable (PEAee). [2]

El uso de este producto está orientado solo a personal médico, paramédico, o con entrenamiento en el registro de señales electrofisiológicas, conocimientos básicos de audiolgía y manejo de recién nacidos. [2]

Este sistema se integra con la aplicación Inicio Audiología, para garantizar la persistencia de los datos de manera estructurada propiciando un tratamiento correcto a la información del paciente y de los registros.

# PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

Los sistemas que anteceden a los descritos anteriormente gestionan sus datos de forma descentralizada e independiente. Cada usuario es responsable manualmente del manejo de los datos en los ficheros ACCESS, para evitar la duplicidad y corrupción de los datos.

En el diseño estructural de los ficheros de base de datos se presenta un repositorio simple que no aprovecha las bondades de la normalización. En temas de mantenimiento y extensión de entidades, intentando mantener una correlación con lo que ya funciona, se establecen rediseños ineficientes para resolver problemas puntuales. El concepto de trazabilidad de operaciones igualmente puede ser mejor explotado en el diseño estructural de la información almacenada.

Por otra parte, el intercambio de información entre especialistas se realiza a través de acciones de importación/exportación dado que los sistemas funcionan con orígenes de datos aislados. Puede existir información de un mismo paciente almacenada en cada uno de estos sistemas. Se hace imposible integrar la información que generan los sistemas de la familia AUDIX6 y así favorecer la búsqueda de datos de diferentes orígenes y que puedan tener relación, ya sea porque pertenecen a un mismo paciente o manifiestan un patrón común en una línea de investigación específica.

Se presenta entonces la siguiente hipótesis: *Una base de datos que integre la información de los sistemas de audiolología AUDIX posibilita las búsquedas de datos de diferentes fuentes para el mismo paciente, favorece la investigación especializada, garantiza responsabilidad y confidencialidad sobre la información almacenada.*

## Objetivo general

Se propone el siguiente objetivo:

*Diseñar e implementar una base de datos de los sistemas de audiolología AUDIX 6 que permita la búsqueda para la investigación y garantice la trazabilidad y la confidencialidad de la información.*

Se efectúa una descomposición en objetivos específicos:

1. Investigar las diferentes fuentes de datos y establecer relaciones entre ellas
2. Definir las entidades del modelo aplicando para cada caso las formas de normalización
3. Diseñar la base de datos con las entidades del modelo y las relaciones entre ellas
4. Diseñar la lógica de acceso a datos.

## Aporte teórico y práctico

Con el diseño e implementación de la propuesta se obtendrá una plataforma con:

- Una base de datos relacional normalizada que permita un mantenimiento rápido, flexible, escalable y adaptable a nuevos sistemas de audiolología.
- Un grupo de funciones de gestión orientadas a la manipulación de los datos, que garantice una solución a la duplicidad de la información, la generación de filtros e informes, la identificación de los responsables de la información a través de niveles de acceso, la confidencialidad – seguridad de los datos y la trazabilidad de operaciones.
- Facilidades para usar los sistemas en modo aislado, manteniendo una compatibilidad con la forma de trabajo anterior; y además proveyendo una



manera de trabajo corporativa, en un ambiente en el que puedan coexistir varios sistemas de audiologías de NEURONIC y un grupo de especialistas.

## **Novedad y actualidad**

Con el desarrollo actual de las tecnologías de la informática y las telecomunicaciones se puede satisfacer la necesidad de interrelacionar la información de diferentes fuentes para propiciar un análisis más completo de una situación determinada en el plano de la salud y la medicina.

El uso de bases de datos centralizadas para correlacionar información constituye una herramienta de auge en la actualidad y que posibilita una fuente para la generación de informes, estudios estadísticos, accesos remotos, consultorías y opiniones especializadas en un menor tiempo sin importar la distancia.

## **Revisión bibliográfica**

El desarrollo de una base de datos haciendo uso de los instrumentos de plataforma que propone Microsoft se ajusta a los requerimientos técnicos usados en nuestras instalaciones de desarrollo. Con vistas a optimizar compatibilidad, rendimiento y tiempo de desarrollo.

Se hace un estudio de cómo utilizar con eficiencia y eficacia cada una de las herramientas del entorno Microsoft orientadas al desarrollo de bases de datos, y de sistemas de software. La Bibliografía utilizada cuenta con vigencia y está abalada por la experticia de los autores e instituciones que la acreditan.

## Breve descripción de los materiales y métodos utilizados

### Metodología que rige el desarrollo de Sistemas de Software RUP

Se hace uso de los acápites orientados a la captura de requisitos para la modelación de las entidades del modelo, Haciendo uso de los artefactos correspondientes se define el modelo entidad relación y el diagrama de entidades.

El Proceso Racional Unificado (RUP) conduce el desarrollo de software y junto con el Lenguaje Unificado de Modelado (UML) constituye la metodología estándar más utilizada para el análisis, diseño, implementación y documentación de sistemas de software especialmente orientados a objeto.

El Lenguaje Unificado de Modelado (UML) es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar, construir y documentar un sistema. Utiliza para ellos varios grupos de diagramas y estereotipos para diferentes aspectos y momentos del proceso de desarrollo de software.

### Aplicación de Normalización

Se utiliza la metodología para aplicar las formas normales (1FN, 2FN, 3FN, Forma Normal Boyce-Codd) al universo de información que se necesita almacenar.

La normalización de bases de datos consiste en aplicar un grupo de reglas a las relaciones que se desprenden del modelo entidad – relación, en vista a lograr un modelo relacional de las entidades. El modelo entidad relación es un diagrama en el que se presentan las relaciones entre las entidades derivadas del análisis de la persistencia de los datos.

Cuando se normaliza correctamente una base de datos relacional se logra evitar la redundancia de los datos, optimizar el tamaño del almacenamiento, disminuir problemas de actualización y proteger la integridad de los datos.

### Microsoft Visual Studio 2015

VS2015 es un IDE de desarrollo que propone Microsoft como instrumento que soporta UML para el modelado de diagramas de entidades y su relación. Incluye soporte para la autogeneración de código SQL.

VS2015 constituye también la plataforma de implementación de la lógica de acceso a datos haciendo uso de C# como lenguaje de programación orientado a objeto.

### Microsoft SQL Server Engine 2012 (Local DB)

El motor de Base de Datos SQL Server ofrece completa compatibilidad con Visual Studio e incluye herramientas para la gestión de consultas, integración con servicios de informes, minería de datos y operaciones de extracción y limpieza de datos (ETL)

# ORÍGIENES DE DATOS

Tomando como referencia los sistemas NEURONIC AUDIOLOGIA 6 y NEURONIC INFANTIX, se evidencia una similitud entre bloques de datos. Existe una relación entre el paciente y sus pruebas, que a su vez poseen un grupo de registros. Puede asignarse la pertenencia de la prueba al especialista que esté haciendo uso del sistema. Solo es procesada y guardada aquella información necesaria para identificar la prueba y el destino del resto de los datos.

En el caso de las pruebas y los registros, el análisis comprende desde lo general a lo particular. De esta forma se visualiza una entidad Registro genérica de la que heredan un grupo de entidades específicas que caracterizan, por ejemplo, si la prueba corresponde un Potencial Evocado de Estado estable, o Transciende de Latencia Media.

Es necesario definir igualmente la nomenclatura que se desea almacenar. Esta información es de vital importancia a la hora de establecer los parámetros de búsqueda y la generación de informes.

Se tiene entonces un primer esbozo de diagrama de entidades:

■

*Figura 3 Diagrama de Entidad – Relación*

Para la figura 1.3 se tiene las siguientes agregaciones:

- Nomenclators: Encapsula toda la nomenclatura del sistema. De ahí que su relación se establece con el resto de las entidades.
- Record: Representa la clase genérica de donde se desprenden el resto de las entidades específica para cada tipo de Prueba.
- Patient: Es una recopilación de todos los atributos que caracterizan al paciente. Puede ser los sistemas difieran en cuanto al uso de algunos atributos; por lo que se definen como características que pueden tener valor nulo.
- User: Es el conjunto de entidades que representa la interacción de un usuario con el sistema. Tal es el caso de los roles (aunque rol puede ser visto también como nomenclador), grupos y la trazabilidad.
- Test: Corresponde con la entidad genérica prueba

# ENTIDADES DEL MODELO

La normalización está orientada a subdividir el modelo de nuestro sistema en entidades simples donde exista una clave primaria que represente al resto de los atributos del objeto, y en consecuencia cada atributo secundario se identifique únicamente con su clave primaria.

Entre las principales acciones de normalización que se aplican en el orden orientado por la literatura se encuentran:

- Establecer atributos indivisibles, es decir que no implique una combinación de dos características que se pudieran dividir. Determinar las claves primarias únicas dentro de cada entidad.
- Determinar si los atributos de la entidad dependen completamente de la clave primaria seleccionada. De no ser así proceder a subdividir la entidad en dos, quedando en una entidad nueva aquellos atributos que dependen de parte de la clave primaria (para claves compuestas)
- Definir que los atributos secundarios dependen directamente de la clave primaria y no de forma transitiva. Si sucediera es necesario volver a subdividir la entidad
- En un último paso, para nuestro caso, se corrigen que los datos no se obtengan a partir de cálculos en los que se vean implicados otros atributos de la misma entidad. En caso de existir se eliminan automáticamente.

Después de aplicar las formas de normalización se presenta el diagrama de entidad – relación más específico. Se obvian los atributos par aganar en claridad.

*Figura 4 Diagrama de Entidad – Relación corregido*

En la figura se percibe detalladamente como queda la relación entre las entidades. Se hace uso de las entidades de tipo nomenclador TESTCLASIFICACION y ROL para brindar claridad al diagrama. Atendiendo a la metodología de gestión de trazas auditables por terceros, los registros de operaciones se almacenan en un fichero externo permitiendo el correcto acceso sin necesidad de visualizar la base de datos, ni a través del propio sistema.

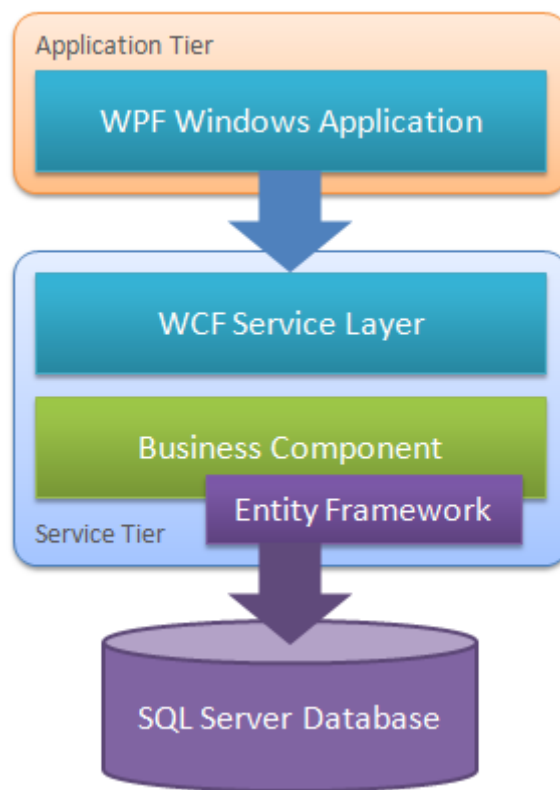
También se presenta el diseño que soporta las configuraciones de idioma para los recursos dinámicos en las interfaces de usuario de los sistemas.

*Figura 5 Diagrama de Entidad – Relación configuraciones de idioma*



# BASE DE DATOS RELACIONAL

Como resultado del artefacto o diagrama de entidades y la relaciones entre ella se procede a implementar la base de datos sobre la plataforma .Net. Este entorno de trabajo brinda la herramienta Entity Framework como ORM (Object-Relational Mapper) encargado de intermediar entre el Motor de Base de Datos de SQL Server y el ambiente de desarrollo orientado a objeto.



*Figura 6 Esquema Services App vs WinForm App*

Se hace uso de la óptica de trabajo CODE FIRST; en la que se declaran las clases que corresponden con cada entidad y la relación establecida con una estructura específica. Se puede también, definir aquellos datos que se desean por defecto en cada entidad. Posteriormente Entity Framework procede a efectuar un escaneo de las clases declaradas y convierte a código Transact – SQL la definición de clases. Esta consulta es ejecutada en el servidor de base de datos (cuyas credenciales de conexión deben estar

definidas, previamente en los ficheros de configuración de la aplicación de la lógica de acceso a datos). De manera similar, inserta los datos que se definieron por defecto.

Tomando como referencia la relación entre las entidades TESTCLASIFICACION y TEST, a continuación se presentan algunos ejemplos de código y su resultado en el gestor de base de datos:

```
public class Nomenclator
{
    #region propiedades

    [Key]
    public int NomenclatorId { get; set; }

    [Required]
    public string Name { get; set; }

    #endregion

    #region navegation

    //Relationship one to many with Translate Entity
    [JsonIgnore]
    public ICollection<Translate> Translates { get; set; }

    #endregion
}
```

Código 1. Implementación de la clase genérica Nomenclator

```
[Table("NmTestClasificacion")]
public class TestClasificacion : Nomenclator
{
    #region propiedades

    #endregion

    #region navegation

    //Relationship one to many with Test Entity
    [JsonIgnore]
    public ICollection<Test> Tests { get; set; }

    #endregion
}
```

Código 2. Implementación de la clase TestClasificacion

Observar como la clase TestClasification hereda los atributos de Nomenclator, además implementa un atributo de navegación de tipo Lista de Test.

```
public class Test
{
    #region propiedades

    [Key]
    public Guid TestId { get; set; }

    public DateTime Date { get; set; }

    public DateTime LastUpdate { get; set; }

    public string Observation { get; set; }

    public string MedicalCenter { get; set; }

    [ForeignKey("HospitalDetails")]
    public Guid? HospitalDetailsId { get; set; }

    [ForeignKey("TestClasification")]
    public int TestClasificationId { get; set; }

    [ForeignKey("Patient")]
    public Guid PatientId { get; set; }

    [ForeignKey("UserTech")]
    public Guid UserId { get; set; }

    #endregion

    #region navegation

    //Relationship one to many with TestClasification Entity
    [JsonIgnore]
    public virtual TestClasification TestClasification { get; set; }

    #endregion
}
```

Código 3. Implementación de la clase Test

Observar que para lograr la estructura correcta en relación con TestClasification, la entidad Test declara una llave foránea de TestClasification.

En la estructura de base de datos se obtiene:

NomenclatorId	Name
45	ABR
46	MLAER
47	LLAER
48	ECochG
49	VEMP
50	P300
51	ASSR
52	EPU_ABR
53	EPU_ASSR
54	EPU_Otacoustics
NULL	NULL

Figura 7 Tabla Nomenclator

NomenclatorId
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
NULL

Figura 8 Tabla NmTestClasification

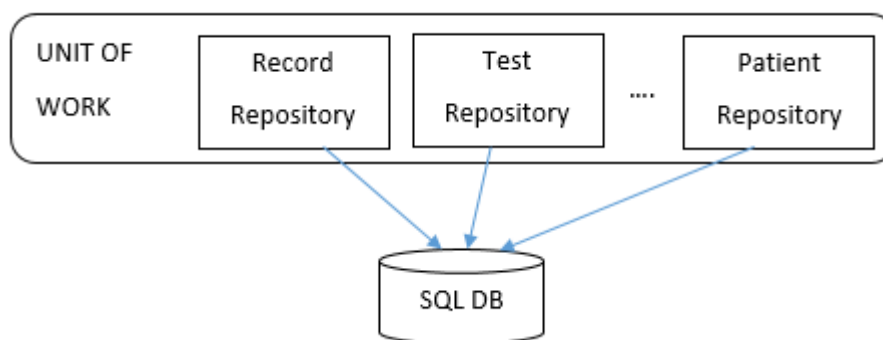
TestId	Date	LastUpdate	Observation	MedicalCenter	HospitalDetail...	TestClassificationId	PatientId	UserId
NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Figura 9 Tabla Test vacía

# ACCESO A LOS DATOS

Con la implementación de la base de datos se procede entonces a implementar las clases que rigen las reglas de la lógica de acceso a los datos. En esta capa del sistema se gestiona las operaciones de CRUD (create, read, update, delete) para cada entidad y se efectúan las validaciones que se hayan declarado en el modelo.

Esta capa es librería C# que implementa el patrón Unidad de Trabajo vs Repositorio. Repositorio es una clase que implementa los métodos del CRUD para cada entidad de cara al origen de datos físico. Interviene evidentemente en las operaciones de filtrado. Por su parte la Unidad de trabajo tiene la función principal de juntar todos los repositorios que conforman la capa de datos y ordenarlos de tal forma que permite trabajar en el mismo contexto de Entity Framework y poder hacer operaciones entre repositorios en una misma transacción.



*Figura 10 Patrón de diseño Unidad de Trabajo y Repositorio*

```
public interface IRepository<T> where T : class
{
    void Add(T entity);
    void AddOrUpdate(T entity);
    void Update(T entity);
    void Import(T entity, object entityId);
    void Delete(T entity);
    T Find(object id);
    IQueryable<T> AsQueryable();
}
```

```
}
```

#### Código 4. Implementación de la interface IRepository

```
public interface IUnitOfWork : IDisposable
{
    void Commit();
    IRepository<T> CreateRepository<T>() where T : class;
}
```

#### Código 5. Implementación de la interface IUnitOfWork

Esta implementación genérica del patrón permite que la clase repositorio soporte las operaciones de lectura y escritura de datos para cualquier tipo de entidad. Igualmente Unidad de trabajo solamente creará los repositorios que se usen en cada transacción. Con esto optimiza cada operación de modificación de los datos, liberando posteriormente la asignación en memoria.

De conjunto con la lógica de acceso a los datos se implementa las funcionalidades de la lógica del negocio relacionadas con la validación y corrección de los datos y la aplicación de filtros de búsqueda.

# CONCLUSIONES

Se Investigaron las diferentes fuentes de información de los sistemas de audiología y se logró establecer relaciones entre ellas.

Se definieron las entidades del modelo con una aplicación de las formas de normalización.

Se procedió a diseñar e implementar la base de datos con los resultados del proceso de normalización.

Se implementó la lógica de acceso a datos y la lógica del negocio orientada a la manipulación de la información validada y filtrada.

La propuesta garantiza el mantenimiento y el crecimiento escalable y flexible de la estructura. Propicia un soporte para la generación de informes y el filtrado de la información. Se provee de herramientas para limitar los niveles de acceso a los datos. Además se brinda la posibilidad de que los sistemas trabajen de forma aisladas o compartan un origen de datos común.

# RECOMENDACIONES

Prestar atención a los cambios que se suceden puesto que el sistema NEURONIC ADIOLOGIA 6 continúa en vías de desarrollo y NEURONIC INFANTIX ultima detalles de configuración estructural en la vinculación con el subsistema Inicio Audiología.

## Referencias Bibliográficas

- [1] M. Sc. Elsa Santos Febles. Colectivo de Autores, «Manual del Usuario. Neuronic Audiología,» La Habana, 2018.
- [2] Ing. Ernesto Velarde. Colectivo de Autores, «Sistema de Cribado Neonatal NEURONIC INFANTIX NA6.2. Instrucciones de Uso,» La Habana, 2018.



# Bibliografía

- [1] M. Sc. Elsa Santos Febles. Colectivo de Autores, «Manual del Usuario. Neuronic Audiología,» La Habana, 2018.
- [2] Ing. Ernesto Velarde. Colectivo de Autores, «Sistema de Cribado Neonatal NEURONIC INFANTIX NA6.2. Instrucciones de Uso,» La Habana, 2018.
- [3] Hernández J, Ramírez J, «Introducción al a Minería de Datos» ISBN 84-205-4091-9.
- [4] Palermo J, Scheirman B, Borgard J, «Asp.Net MVC in Action – Manning» ISBN 13: 978-1-933988-62-7
- [5] Maida, EG, Pacienza, J. «Metodologías de desarrollo de software» [en línea]. Tesis de Licenciatura en Sistemas y Computación. Facultad de Química e Ingeniería “Fray Rogelio Bacon”. Universidad Católica Argentina, 2015.  
<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/metodologias-desarrollo-software.pdf>