

Proposal of an Architecture for a Decision Support System in the Health Area

Propuesta de una Arquitectura para un Sistema de Soporte a las Decisiones en el Área de Salud

Juan Cruz Pantano Ortiz¹, María Romagnano¹

¹Instituto de Informática - Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFyN)
- Universidad Nacional de San Juan (UNSJ)

juancruz871@hotmail.com, maritaroma@gmail.com

Abstract. *Decision Support Systems (DSS) emergence brought with it a revolution in decision-making processes; its beginnings took place within the framework of academic research, but gradually they were incorporated into different fields, the most significant being financial and health. Currently, these systems are being successfully implemented in the health area. Applying machine learning to a large collection of data (Big Data) and subsequently analyzing the results, they make recommendations to professionals in order to help them make clinical or health decisions, through human-computer interaction. The objective of this work will be to facilitate integrated access to health information and assist decision-making through visualizations, predictions and recommendations, using Business Intelligence (BI) and Business Analytics (BA) tools and techniques.*

Resumen. *El surgimiento de los Sistemas de Soporte a las Decisiones (DSS) trajo consigo una revolución en los procesos de toma de decisiones; sus comienzos tuvieron lugar en el marco de investigaciones académicas, pero paulatinamente fueron incorporados en diferentes ámbitos, siendo los más significativos el financiero y el sanitario. Actualmente, estos sistemas se están implementando exitosamente en el área de la salud. Aplicando aprendizaje automático a una gran colección de datos (Big Data) y posteriormente analizando los resultados, realizan recomendaciones a los profesionales con el fin de ayudar en la toma de decisiones clínicas o sanitarias, a través de la interacción persona-computadora. El objetivo de este trabajo será facilitar el acceso integrado de información sanitaria y asistir a la toma de decisiones a través de visualizaciones, predicciones y recomendaciones, utilizando herramientas y técnicas de Business Intelligence (BI) y Business Analytics (BA).*

1. Introducción

El proceso de toma de decisiones requiere la integración de varias dimensiones incommensurables y conflictivas. [Bastidas 2017] señala que en todas las organizaciones se toman a diario decisiones, trascendentes o intrascendentes, pero todas ellas sin estar exentas de riesgo. Quienes deben tomar las decisiones, requieren de minimizar este

riesgo, teniendo a mano la mayor cantidad de información, la cual debe ser oportuna, eficiente y, además, que agregue valor. Es fundamental, también, que en toda organización o institución los procesos estén definidos y más aún cuando están correctamente relacionados entre ellos. Las herramientas que permiten que los procesos de la organización puedan ser integrados satisfactoriamente son las tecnologías de información.

El surgimiento de los sistemas de soporte a las decisiones trajo consigo una revolución en los procesos de toma de decisiones; sus comienzos tuvieron lugar en el marco de investigaciones académicas, pero paulatinamente fueron incorporados en diferentes ámbitos, siendo los más significativos el financiero y el sanitario. La evolución de estos sistemas ha permitido contar en la actualidad con DSS que pueden aplicarse no solamente en distintos dominios del conocimiento, sino que además posibilitó su diversidad funcional [Layes, Falappa, Simari 2013].

Además, los DSS pueden considerarse como un sistema central y fundamental, debido a que otros sistemas, interoperando con él, pueden suministrar datos e información y este devolverles conocimiento, a través reportes o visualizaciones, de distintos tipos de análisis (descriptivo, predictivo y/o prescriptivo).

Interoperar es la capacidad para compartir información entre sistemas heterogéneos de modo automático [Mandirola, Portilla 2018]. La interoperabilidad constituye un elemento clave para lograr la transformación digital del sector salud. Permite el intercambio de datos comprensibles entre los agentes del sector, y permite la utilización cooperativa de dichos datos para optimizar la salud de las personas y las poblaciones. La interoperabilidad de un entorno geográfico está directamente relacionada con su inclusión en la agenda digital, la robustez del entorno normativo-económico, el uso de estándares internacionales (semánticos, sintácticos y/o técnicos), la solidez de sus infraestructuras tecnológicas y SSII, y la disposición de recursos humanos con conocimiento especializado [Minsait 2021].

Mundialmente, se está trabajando y se ha avanzado en protocolos de interoperabilidad entre distintos sistemas de información sanitarios. Por ejemplo, en el año 2018, EEUU tenía la mitad de los hospitales "interoperables" [Reuter 2020]. También, la región de Latinoamérica (LATAM) se enfrenta a importantes retos de salud (desde el acceso universal a los servicios de salud, hasta la prevención, detección y tratamiento de enfermedades crónicas y degenerativas cada vez más prevalentes) y, en este escenario, la interoperabilidad se presenta como una oportunidad para reducir la brecha de salud existente entre los resultados de salud de los países más desarrollados y LATAM [Minsait 2021].

En el campo de la salud, los profesionales deben tener acceso a grandes cantidades de datos almacenados en registros electrónicos de personal, de pacientes, hallazgos clínicos, diagnósticos, medicamentos recetados, procedimientos de imágenes médicas, salud móvil, recursos disponibles, etc. Entenderlo adecuadamente y usarlo para tomar decisiones bien informadas es un desafío para los administradores o gerentes y profesionales de la salud. Para tal fin, existen técnicas y herramientas de análisis e inteligencia de datos, desarrolladas por grandes empresas como IBM y SAP y empresas más pequeñas como Tableau y Qlik, se están volviendo más poderosas, más asequibles y más fáciles de utilizar [El Morr, Ali-Hassan 2019].

Dentro de la Ciencia de los Datos, BI es una tendencia considerada como muy beneficiosa, ya que permite a una organización de cualquier tipo y envergadura, conocer, con alta precisión, su estado actual y, de acuerdo con la información presentada, ser capaces de pronosticar futuros comportamientos y llevar a cabo acciones proactivas con base en análisis predictivos y prescriptivos.

La industria global gasta en software BI un promedio anual de 14 billones de dólares. Gartner Group pronosticó que en el 2018 más de la mitad de las grandes organizaciones de todo el mundo competirán utilizando Advanced Analytics (AA) y algoritmos propietarios, causando volúmenes de análisis de datos a gran escala. Además, se pronosticó que para el 2020 el segmento de más rápido crecimiento en el mercado analítico será el de BI, representando más del 40% de las nuevas inversiones en una empresa [Gartner Group 2016]. Asimismo, se había previsto que las empresas invirtieran un 30% más en Inteligencia Artificial (AI) en 2017 que en 2016 a fin de que el aprendizaje automático pudiera potenciar el análisis de datos a una escala superior a la humana. Con ello se busca impulsar decisiones más rápidas y acertadas en marketing, comercio electrónico, gestión de productos, entre otros, ayudando a cerrar la brecha entre los supuestos y la acción [Evelson, Bennet 2017]. En el 2021, el mercado de BI moverá alrededor de los 23.100 millones de dólares y crecerá a ritmos anuales del 7,6% entre 2020 y 2025 [Dir&Ge 2020].

Actualmente, estos sistemas se están implementando exitosamente en el área de la salud. Aplicando aprendizaje automático a una gran colección de datos (Big Data) y posteriormente analizando los resultados, realizan recomendaciones a los profesionales con el fin de ayudar en la toma de decisiones clínicas o sanitarias, a través de la interacción persona-computadora. Por lo tanto, la mayoría de estos DSS se sustentan en el conocimiento que combina las características específicas del paciente con reglas basadas en la evidencia.

Existen varios casos exitosos de BI aplicado al área de la salud. Un caso concreto de aplicación de herramientas BI, se presenta en [Ministerio de Salud 2022]. En la Fig. 1 puede observarse cómo a través de dashboard (o tableros) el Ministerio de Salud de la Nación Argentina visualiza, en tiempo real, la situación epidemiológica de Argentina.



Fig. 1. Información epidemiológica de Argentina al 29-05-22 [Ministerio de Salud 2022].

Por lo tanto, este trabajo propone proveer información y conocimiento que permita a la autoridad sanitaria y profesionales de la salud, tomar acertadas decisiones. El objetivo del trabajo es, entonces, proporcionar un acercamiento a través de diversos ejemplos de cómo técnicas y herramientas de BI, BA y diferentes DSS, pueden facilitar la comprensión de los datos, descubrir patrones o información aún no descubiertos, y así, finalmente a través del conocimiento y/o experiencia de quienes los vayan a utilizar (profesionales de la salud), realizar una toma de decisiones mejor informada y con más certeza de ser correcta y beneficiosa.

Se realizó una investigación de tipo exploratoria-descriptiva, usando fuentes de datos primarias y secundarias. Se analizó la base de datos COVID, proveniente del grupo multidisciplinario Arcovid19, que maneja datos oficiales de Argentina respecto a pacientes de Covid. Además, se consultaron libros, artículos académicos y revistas indexadas que tratan la temática de inteligencia y analítica, en el área de la salud. Se experimentó a través de técnicas de BI y BA y, utilizando herramientas como Knowage y Orange Data Mining, buscando explotar las posibles funcionalidades y beneficios de estos conceptos en el ámbito de salud.

Al encontrarse la propuesta en etapas incipientes, aún no se ha logrado realizar una práctica concreta donde se haya podido aplicar la arquitectura propuesta, por lo que hasta el momento no se dispone de un análisis cuantitativo. Se espera lograr tal medición al continuar con el desarrollo de la misma.

2. Antecedentes y Marco Teórico

2.1. Sistemas de Soporte a las Decisiones

Un DSS es una herramienta de Inteligencia de Negocios, simplemente un sistema de información que asiste a otros sistemas empresariales u organizacionales. Es decir, procesa los datos de los sistemas transaccionales, a quienes da soporte. Por lo tanto, ayuda a las entidades a tomar decisiones, a partir de la obtención de información relevante.

Los DSS se diseñan e implementan para ayudar a los responsables de la toma de decisiones a afrontar situaciones en las que existen múltiples soluciones potenciales a un problema y ninguna es objetivamente mejor que las demás [Saaty 2008]. Estos sistemas no son simplemente modelos, evaluaciones o árboles de decisiones. Son sistemas que tienen la capacidad de ayudar a estructurar y resolver problemas en disputa, al mismo tiempo que aumentan la transparencia de la toma de decisiones, proporcionando a los usuarios una mejor comprensión de la situación problemática, y promover el aprendizaje [McIntosh, et al. 2011]. Por lo tanto, los DSS se enfrentan a desafíos únicos relacionados con el proceso de toma de decisiones que no se experimentan en el diseño tradicional de modelos o sistemas.

2.1.1. Sistema de Soporte a las Decisiones Sanitarias y Clínicas

Desde el surgimiento de estos sistemas, en 1959, y la búsqueda de herramientas informáticas que sirvieran de apoyo a la toma de decisiones en el área de la salud, se ha potenciado la generación de diversos proyectos de investigación a lo largo de estos últimos años. Por lo tanto, la necesidad de manejar dinámicamente grandes volúmenes de información, y quizás en distintos formatos, para resolver tareas de diagnósticos,

terapéuticas, estadísticas, de gestión, etc.; hacen que los centros asistenciales, en general, tengan que priorizar la implementación de sistemas de información y más aún de aquellos que puedan asistirlos en la diaria toma de decisiones clínicas o sanitarias, combinando información específica con reglas de inferencia, basadas en la evidencia.

El concepto de sistema de soporte a las decisiones es muy amplio, debido a que abarca muchos enfoques. Si nos enfocamos en el área de salud, podemos encontrar los Sistemas de Soporte a Decisiones Clínicas (CDSS), donde R. Miller y A. Geissbuhler lo definen como "... un algoritmo basado en computadora que asiste a los profesionales con uno o más pasos componentes del proceso de diagnóstico". Podemos expresar que un Sistema de Soporte a las Decisiones Clínicas es un sistema informático diseñado para servir de apoyo en la toma de decisiones médicas, colaborando con los profesionales médicos en el proceso diagnóstico, así como también en las diferentes instancias asociadas al cuidado del paciente, como, por ejemplo, la definición de planes terapéuticos, suministro de medicamentos, procedimientos, alertas, etc. El uso de estas herramientas informáticas tiene el objetivo principal de prevenir errores médicos en las instancias donde se necesitan efectuar decisiones clínicas. Los CDSS en la actualidad están transformando la forma en que se llevan a cabo las prescripciones médicas en los diferentes ámbitos de la salud, y las instituciones sanitarias sienten la necesidad de adoptar incrementalmente herramientas de este tipo con el objetivo de mejorar los resultados clínicos [Layes, Falappa, Simari 2013].

Existe un conjunto de ocho funcionalidades básicas para la práctica asistencial que todas las Historias Clínicas Digitales (HCD) deberían ser capaces de llevar a cabo, con el fin de promover una mayor seguridad, calidad y eficiencia en la prestación de asistencia sanitaria. Entre estas funcionalidades se menciona el soporte para la toma de decisiones, brindando información contextual al profesional para mejorar su prescripción (evitando duplicación de estudios, carga incorrecta de dosis, medicamentos o estudios contraindicados, etc.), mejorar la adherencia con las mejores prácticas clínicas, brindar acceso a fuentes de información y dar soporte para diagnósticos entre otras posibilidades [Luna, Plazzota 2017].

Desde sus comienzos a fines de los 50's, los CDSS han evolucionado ampliamente. También, a partir de 1990, se incorporaron las Guidelines Clínicas o "Directrices Clínicas", que permite no solo evitar ambigüedades, sino también la posibilidad de su inclusión en los CDSS [Layes, Falappa, Simari 2013].

En cuanto a SDSS (Sistema de Soporte a las Decisiones Sanitarias) concebidos para brindar apoyo gerencial o de políticas de estado, no han corrido con la misma suerte CDSS, ya que no se han encontrado gran cantidad de propuestas y/o aplicaciones. Un caso concreto es el trial de Cochrane: "Desarrollo e impacto de un sistema de apoyo a las decisiones sanitarias sobre los resultados del tratamiento de la diabetes y la hipertensión", el cual consiste en registrar la inscripción de un paciente hipertenso o diabético y luego hacer el seguimiento de estos pacientes, registrando los detalles clínicos en cada visita al centro asistencial [Thakur, Saraswathy 2020].

La diferencia más grande entre ambos tipos de DSS es el destinatario de su objetivo final, a quién ayudarán para la toma de decisiones; mientras que los CDSS apuntan a facilitar la tarea de toma de decisiones a los profesionales de la salud en sus trabajos rutinarios, en la atención médica, en su diagnóstico y seguimiento de los pacientes, en sus cuidados, definiciones de planes, tratamientos, medicamentos, etc.; los SDSS

apuntan a un sector más gerencial, de administración, gubernamental. Con esto en mente, entonces, se puede decir que los CDSS trabajan a un nivel más operativo, relacionándose directamente con los profesionales de la salud que correspondan, resolviendo dudas, facilitando el acceso a la información y ayudando a estos profesionales a tomar las mejores decisiones que sea posible con respecto y siempre relacionado a los diferentes pacientes que deban atender. Por otro lado, los SDSS buscan un objetivo de mayor envergadura, apuntando a resolver dudas y facilitar la toma de decisiones de niveles estratégicos, autoridades, ministerios, etc., respecto a políticas generales de diferentes centros de salud, leyes, consideraciones, entre otros aspectos.

2.2. Interoperabilidad

La interoperabilidad es necesaria para facilitar la comunicación entre sistemas de diferentes características, cada uno con su forma de tratar y manejar los datos existentes, formatos utilizados, y formas de comunicarse o enviar mensajes. El objetivo de la interoperabilidad es adaptarse a los diferentes principios de la neutralidad tecnológica.

La neutralidad tecnológica se define como una serie de principios que buscan garantizar un escenario libre y competitivo entre todas las diferentes soluciones factibles, garantizando libertad de elección a todos los individuos u organizaciones, como así también una dependencia no-tecnológica de la información involucrada [Ríos 2013].

En el ámbito de la salud, interoperabilidad es la capacidad de los diferentes sistemas de información tecnológicos y aplicaciones de software de comunicarse, intercambiar datos, y utilizar la información que ha sido intercambiada [HIMSS 2010]. La interoperabilidad hace referencia a la capacidad de los sistemas de información de salud de trabajar en conjunto con otros dentro y a través de límites organizacionales para lograr mejorar el estado de salud y la eficacia de la prestación de servicios de salud para comunidades e individuos [HIMSS 2013].

2.3. Inteligencia de Negocios

Se define Inteligencia de Negocios (Business Intelligence o simplemente BI) como el conjunto de técnicas, métodos, estrategias y herramientas que permiten a las organizaciones el uso de datos y la información producida y, desde allí, determinar el estado actual de la organización respecto a sus clientes, competidores, proveedores y al mercado en sí, para luego ser capaces de tomar decisiones.

BI hace referencia al manejo optimizado de los datos que almacena, recopila y analiza una organización, siendo capaz de transformarlos en decisiones estratégicas que permitan el diseño de acciones orientadas a alcanzar el éxito empresarial [López Benítez 2018].

Los elementos en que se sustenta la conceptualización de Inteligencia de Negocios son los Sistemas de Información, los mecanismos de innovación y los procesos de toma de decisiones. En cada uno de ellos se implementan estrategias que pueden llevar a la organización a adquirir conocimiento y a mejorar la manera en que este incrementa el valor de los productos y servicios que se ofrecen [Ahumada, Perusquia 2015].

A pesar de todas las ventajas que significa contar con BI, sin importar el tamaño, todavía existen algunas organizaciones que no la han implementado, debido a que:

- ✓ Tienen miedo de salir de la zona de confort.
- ✓ Tienen perjuicio por las nuevas tecnologías.
- ✓ Requiere de recursos económicos extras para su implementación.
- ✓ Hay desconocimiento de las técnicas y tecnologías disponibles para llevar a cabo un proyecto empresarial con BI.
- ✓ Piensan que sólo está dirigido a grandes empresas.
- ✓ Piensan que no lo necesitan.

En otras ocasiones, y fundamentalmente cuando la organización no presenta una cultura digital, sucede que al comenzar con su implementación se genera un gran caos. Esto puede deberse a que manifiestan:

- ✓ Gran cantidad de información cruzada.
- ✓ Gran cúmulo de datos complejos.
- ✓ Duplicidad de fuentes y datos que ralentizan los procesos.
- ✓ Gran volumen de información “sin valor”.
- ✓ Mucho personal implicado en el manejo de gran cantidad de datos.

En estos casos se hace necesario gestionar los datos maestros para poder salir del desconcierto y la desorganización [Tovar 2017].

El sector de la salud hoy en día es uno de los sectores que entró en una de las mayores fases de cambio generado por la pandemia que azota el mundo, que a su vez es analizada como un sector al cual se puede invertir, investigar e implementar muchas más soluciones que las que actualmente existen. Se habla de considerar a la salud como parte de un sector comunitario, zonal, nacional o incluso internacional. Hoy en día, al hablar del sector de la salud fácilmente podemos referirnos en un aspecto a nivel mundial. Esto sucede por la importancia que tiene la salud en nuestra sociedad y en cuanto a empresas, si podemos catalogarlo así, por cuanto vemos la importancia de crear una solución de inteligencia de negocios, permitiendo que existan alternativas de cómo modernizar la parte administrativa-tecnológica-social, de esta manera generar procesos más rápidos, ágiles, que permitan también respuestas efectivas por parte de los expertos de salud. Asimismo, la implementación de este tipo de soluciones permite que en el sector público se puedan optimizar recursos lo que llevaría a recortes en gasto de papelería, formularios, bodega, entre otros sectores [Palacios-Tapia, et al. 2020].

En el área de la salud, la necesidad de manejar dinámicamente grandes volúmenes de información, y quizás en distintos formatos, para resolver tareas de diagnósticos, terapéuticas, estadísticas, de gestión, etc.; hacen que los centros asistenciales, en general, tengan que priorizar la implementación de sistemas de información. Así es que la mayoría de estas entidades están siendo asistidas por Sistemas de Soporte a las Decisiones (DSS por sus siglas en inglés), incorporando técnicas y herramientas de Business Intelligence (BI).

La Inteligencia de Negocios permite descubrir quiénes son los clientes más valiosos para la organización en el tiempo, lo que no está determinado sólo por el volumen de facturación, sino también por la antigüedad de la relación usuario-organización o el costo que implica para la empresa atender a este cliente [Bastidas 2017].

La posibilidad de contar con herramientas comerciales o de código abierto para llevar a cabo procesos de análisis de datos, minería de datos y visualización en menor o mayor medida, permiten que las organizaciones tengan distintas alternativas, acorde a sus necesidades y a sus posibilidades económicas. Algunas herramientas de BI que existen en la actualidad son Knowage, Power BI, Tableau; y a ellas se les pueden incluir algunas herramientas de visualización de datos tales como Orange Data Mining, KNIME, MongoDB Charts, entre otras. Todas estas herramientas proveen al usuario (organización en este caso) con diferentes gráficos, tablas y reportes que permiten visualizar datos e información de una manera simple, sencilla y amigable, para que todo pueda ser entendido con facilidad y se pueda tomar, a partir de allí, la mejor decisión posible, en el momento adecuado.

La gran ventaja que tienen las herramientas de BI es la capacidad de funcionar correctamente independientemente del ámbito en donde vayan a ser aplicadas. BI, en general, es un concepto que sirve para cualquier organización, sin importar cuáles sean las características de la misma, ya sean organizaciones de gran tamaño, medianas o pequeñas; comerciales o sin fines de lucro; privadas o estatales; de cualquier rubro.

El ámbito de la Salud no es una excepción, y se podría beneficiar en gran medida de todas las ventajas que le pueden proveer las distintas herramientas de BI existentes.

Así, la Inteligencia Artificial (AI) ha permitido rediseñar el cuidado de la salud, impactando en tres niveles: en los profesionales de la salud, con la interpretación rápida y precisa de imágenes; en los sistemas sanitarios, al mejorar el flujo de trabajo y la posibilidad de reducir los errores médicos; y en los pacientes, al permitirles procesar sus propios datos para promover su salud [Rajkomar, Kohane 2019].

En Argentina, el área de salud ha comenzado a trabajar en la gestión de datos relacionados con la historia clínica única (HCU) de pacientes. Actualmente, existe una necesidad concreta de cooperación de las veinticuatro jurisdicciones de Argentina, como país federal, para desarrollar un sistema de colaboración para la atención y seguimiento de pacientes [Ministerio de Salud 2021].

Administrar información sanitaria implica gestionar datos e indicadores epidemiológicos, financieros y socio-económicos de acceso a la atención médica y calidad de servicio. Las herramientas de inteligencia empresarial colaboran en esta tarea, reuniendo datos almacenados en diversas bases de datos y proporcionando información completa, compleja y personalizada [Torres, et al. 2021].

2.4. Algoritmos de BI (análisis y predicción)

Existe una amplia variedad de herramientas en el mercado, tales como Orange Data Mining, KNIME, PowerBI, Tableau, Qlik, incluyendo otras que aquí no han sido indicadas. Esto es sumamente beneficioso para las diferentes organizaciones, dado que pueden seleccionar aquella herramienta que consideren que se adapta más a sus necesidades, la más conveniente, o simplemente aquella que consideren más económica o eficiente (tanto en esfuerzo de aprendizaje como en términos financieros).

Algunas herramientas de BI que se encuentran actualmente disponibles, y que hemos empleado en el desarrollo de este trabajo, se describen a continuación:

- ✓ **Orange Data Mining:** es una herramienta que permite la visualización y análisis, machine learning y minería de datos. Es una herramienta que permite realizar

visualización y análisis, aprendizaje automático y minería de datos. Este software de código libre fue desarrollado por el Laboratorio de Bioinformática de la Facultad de Informática y Ciencias de la Información de la Universidad de Ljubljana, Eslovenia [Orange 2020]. Por un lado, ofrece un sistema de visualización de datos atractivo para trabajar y, por el otro, alcanza esta visualización de manera rápida y sencilla, haciéndola accesible tanto para principiantes como para expertos.

- ✓ **Knowage:** Es una herramienta de software que permite la visualización de datos a través de una o varias pestañas denominadas cockpits. En cada uno de estos cockpits, cada gráfico, tabla u otro método de visualización de datos, se presenta como un widget. Su facilidad de uso y amplia variedad de tipos de bases de datos y tipos de datos aceptados, la convierte en una herramienta conveniente para cualquier tipo de organización. No sólo permite BI a través de esta visualización, sino que también posee widgets que permiten el uso de lenguajes embebidos (tales como R o Python) que pueden ser utilizados para llevar a cabo predicciones o analítica de negocios. Una vez estos códigos son escritos y cargados, Knowage permite su visualización y personalización para que sean apreciados de la forma que la organización considere mejor o más conveniente. Knowage tiene dos versiones distintas, una gratuita (Community Edition) y otra que requiere el pago de una suscripción (Enterprise Edition). La carga de fuentes de datos, selecciones relevantes de datos, uso de cockpits y widgets, y otros procesos, se encuentran detallados en la documentación y manuales de Knowage [Knowage 2021].

3. Análisis de la Propuesta

La propuesta del trabajo consiste en la arquitectura de un DSS de salud. Este DSS se conectará, por medio de estándares de interoperabilidad, y para facilitar la integración de información, con determinados sistemas de información sanitarios preexistentes. Esta interoperabilidad permitirá la integración de información proveniente de diferentes y heterogéneas fuentes de información. También, por medio de técnicas y herramientas de BI, permitirá la visualización de información integrada, actual e histórica, realizará pronósticos de sucesos, y recomendaciones de acciones a seguir por parte de los tomadores de decisiones.

4. Diseño de la Arquitectura

Esta arquitectura (Fig. 2) toma como fuentes de información todos aquellos sistemas de información de salud, que pueden presentar distintos formatos y estructuras. A través de una interfaz o puerta de enlace los datos son integrados e interoperados, usando los estándares HL7. Estos estándares permiten el intercambio y la integración de los datos que provienen del Proceso de la Atención Médica, a través del desarrollo de guías, metodologías y servicios en general, ofreciendo interoperabilidad entre Sistemas de Información en Salud, de manera eficiente y flexible en cuanto a costos.

Luego, a través de un proceso ETL dichos datos son extraídos, depurados, integrados y cargados en un gran almacén (Data Warehouse). Dentro de este almacén los datos son estructurados y organizados en cubos multidimensionales. A su vez se generan almacenes más pequeños, los Data Marts, dependiendo de las consultas que la

organización necesite realizar. Posteriormente, estos datos son procesados y transformados en información que se visualiza y analiza. El proceso de BI entonces provee de visualizaciones y análisis descriptivos a través de reportes, informes OLAP, Dashboard, Data Mining. Adicionalmente, si se desea efectuar un análisis predictivo y/o prescriptivo, usando técnicas y herramientas de la inteligencia artificial, no solo se aporta información, sino que además se brinda conocimiento y/o patrones de comportamiento que ayudan al tomador de decisiones en el proceso de toma de decisiones. En este paso es donde se usa alguna de las herramientas de BI mencionadas anteriormente (Orange, KMINE, Knowage, PowerBI, etc.), junto a reglas de inferencia las cuales han sido obtenidas de evidencias y guías prácticas. Por último, las decisiones tomadas retroalimentan, con nuevos datos, al proceso de BI.

En cuanto a los actores que intervienen en esta arquitectura se identifican: un administrador de base de datos que es quien se encarga de manejar y llevar a cabo todo el proceso de ETL de los datos en las diferentes bases de datos, data marts o data warehouse, asegurándose que se encuentre todo correcto y en orden para luego dichos datos ser procesados; un analista o científico de datos que toma los datos ya limpios y ordenados de las bases de datos, data mart o data warehouse y los procesa y convierte en información, utilizando herramientas de análisis y visualización, generando descripciones y predicciones a través de reportes, gráficos, tablas, etc., e incluso pudiendo generar análisis de tipo prescriptivo, donde se proponen políticas a seguir para obtener un objetivo deseado a futuro; y un tomador de decisiones, que es una especificación de Ministerio de Salud, Profesional de la Salud o Centro Asistencial, que se encarga de tomar esta información generada (a través de gráficos, reportes y demás) y utilizarla junto a su conocimiento y experiencia para finalmente tomar una decisión respecto a algún aspecto específico de los sistemas de información en salud, políticas, personal, infraestructura, entre otros posibles ámbitos. El nivel y tipo de decisión que se tomará, dependerá de quién es particularmente el tomador de decisiones, pudiendo éste ser el gobierno (en forma del Ministerio de salud, por ejemplo), las autoridades de un centro asistencial, o profesionales de la salud en general.

En cuanto a los mensajes, dado que es comunicación de datos entre diferentes sistemas o aplicaciones, es importante que los mismos estén en un formato que sea entendible por todos los sistemas de información intervinientes, así como por las diferentes herramientas de análisis y visualización que se deseen emplear. Un aspecto importante a considerar o tener en cuenta al momento de utilizar herramientas de BI o visualización en los diferentes sistemas de salud, es poder contar con un formato específico y unificado de los datos. Esto es, así los mismos provengan de diferentes bases de datos con diferentes formatos (por ejemplo, que algunos datos provengan de fuentes de archivos csv, otros Excel, en Access, SQL, etc); la herramienta en sí los reciba con un único formato, para así poder trabajarlos de la misma manera. Se podría entonces trabajar con los estándares de HL7, DICOM y similares, aprovechándolos y, en caso de ser necesario, adaptándolos a las necesidades de cada sistema o herramienta. De este modo, se aseguraría un único formato comprensible por todos los sistemas intervinientes, y se podrían utilizar sin tener consideraciones o cuidados especiales previo a poder ser utilizados.

En cuanto a la red, dependerá de los protocolos utilizados en el área en la que se aplique dicha arquitectura. Sí deberá existir un consenso previo (vía estándares de interoperabilidad) en la cual se permita a los sistemas comunicarse con la información

completa y sin errores. Normalmente, se trabaja con protocolos TCP/IP dado que es un protocolo que define cuidadosamente cómo se mueve la información desde el remitente hasta el destinatario [IBM 2021]. En salud, al ser absolutamente necesario tener los datos correctos y completos de cada paciente, para evitar problemas de seguridad y asegurar la calidad y correcta atención médica del mismo, los mensajes deben custodiarse para brindar la seguridad de que esta necesidad se satisface correctamente.

En cuanto al servicio, consiste en proveer de información, conocimiento o patrones de comportamiento que permita a la autoridad sanitaria tomar acertadas decisiones y poder retroalimentar los sistemas de información de salud.

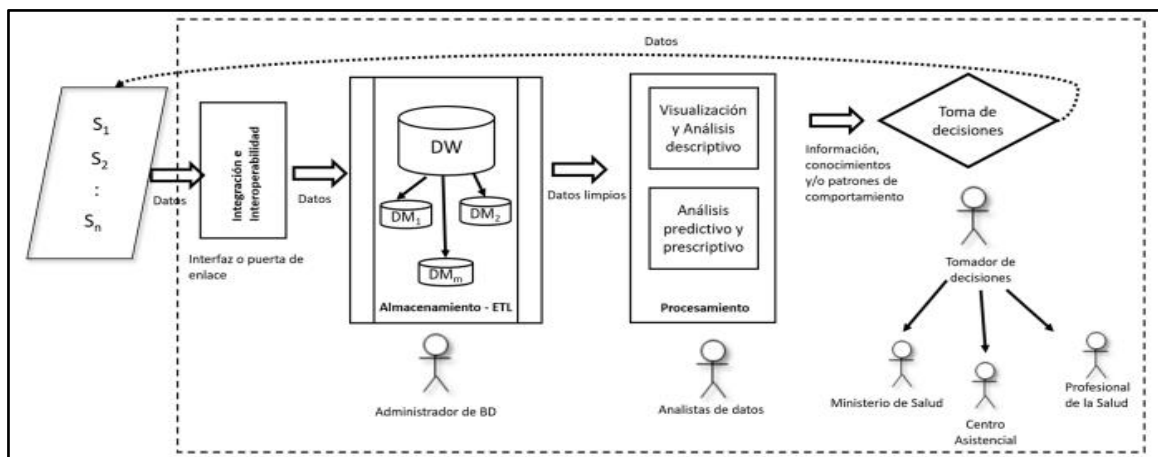


Fig. 2. Arquitectura Propuesta de un DSS de Salud.

5. Visualización y Workflow

De las herramientas que se han mencionado en este trabajo, algunas requieren de la intervención de recursos humanos especializados, como analistas y/o científicos de datos y otras solo pueden requerir una simple capacitación. Así, por ejemplo, tanto Knowage con PowerBI permiten realizar visualizaciones de forma casi intuitiva, para trabajar con predicción y recomendación se requiere de conocimientos de programación (R o Python) y estadísticos para interpretar las salidas.

Orange o KNIME ofrecen workflows un tanto más vistosos, sin embargo, se debe tener un acabado conocimiento de aprendizaje automático para determinar qué algoritmos usar y cómo usarlos.

A continuación, se muestran un par de ejemplos, trabajando con visualizaciones y flujos de trabajo.

5.1. Visualizaciones con Knowage

Para algunas visualizaciones realizadas con la herramienta Knowage, se utilizó una base de datos con información sobre casos de COVID en el año 2020 [Arcovid 2020]. De la misma, sólo se tomaron los primeros 1000 registros para utilizarlos como prueba. Las visualizaciones generadas son:

En la Fig. 3 se observan datos de los pacientes confirmados de COVID cargados en la base de datos sobre la cual se trabajó, siendo estos ID, Sexo, Edad, País, Provincia, Fecha de Inicio de Síntomas, Fecha de Internación y (si corresponde) Fecha de Fallecimiento. En esta tabla se ve solo una parte del total de registros, con 10 filas. Esto se puede aumentar o reducir acorde a lo que se desee desde las secciones de configuración del widget en Knowage.

ID	Sexo	Edad	País	Provincia	Inicio Síntomas	Internación	Fallecimiento
1,000,152.00	M	41.00	Argentina	Buenos Aires	2020-05-26		
1,000,156.00	M	30.00	Argentina	Buenos Aires			
1,000,157.00	M	76.00	Argentina	Buenos Aires	2020-05-29	2020-05-29	
1,000,158.00	M	55.00	Argentina	CABA			
1,000,159.00	M	49.00	Argentina	Buenos Aires			
1,000,161.00	F	14.00	Argentina	Entre Ríos	2020-05-29	2020-05-31	
1,000,162.00	F	42.00	Argentina	CABA	2020-05-29	2020-05-31	
1,000,163.00	M	59.00	Argentina	CABA	2020-05-28	2020-06-04	2020-06-17
1,000,166.00	M	5.00	Argentina	Buenos Aires	2020-05-30		
1,000,167.00	F	65.00	Argentina	Buenos Aires	2020-05-24		

111 to 120 of 1000 < > Page 12 of 100 > >|

Fig. 3. Información de Pacientes con Covid.

En el siguiente gráfico lineal (Fig. 4), pueden verse la cantidad de casos registrados desde el 28/05/2020 hasta el 09/11/2020. Se puede notar un pico de casos registrados el día 01/06/2020 con 439 casos. Esto, luego, debe ser evaluado para determinar si se trata de un outlier o si es un dato válido para considerar.

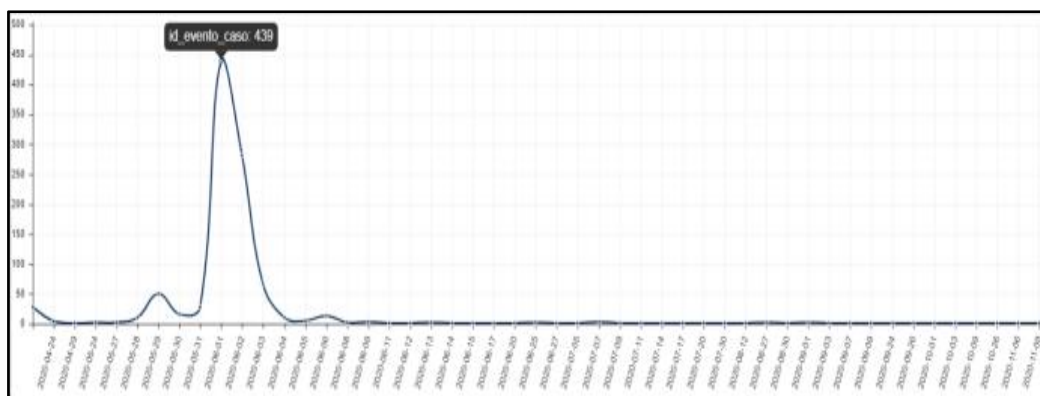


Fig. 4. Cantidad de casos por fecha.

El siguiente piechart (Fig. 5) muestra la cantidad de casos registrados discriminados por sexo, siendo los indicados F (Femenino), M (Masculino) y NR (No Registrado). En la herramienta Knowage se puede configurar la visualización para que, al colocar el cursor del mouse por encima de alguna de las secciones del gráfico, se muestra la cantidad de casos y su porcentaje respecto del total. En el ejemplo siguiente, se pasó el cursor por

encima de la sección F (femenino) y se pudo apreciar que el 55% de los casos registrados correspondieron a personas de sexo femenino.

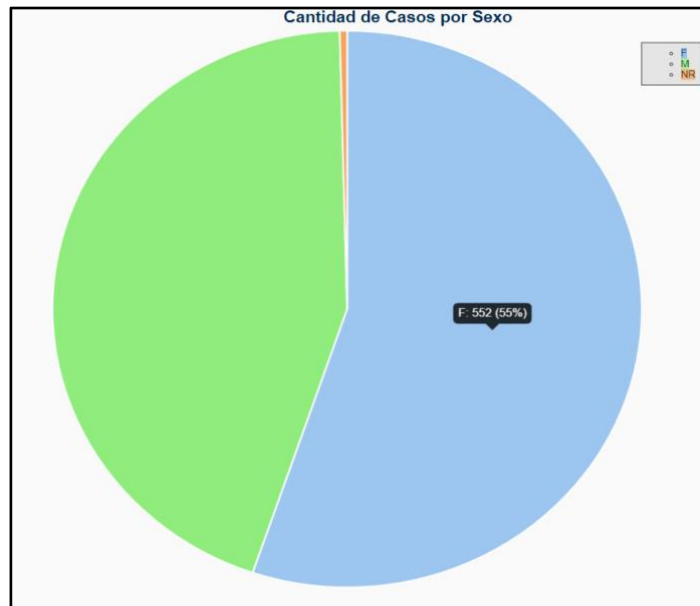


Fig. 5. Cantidad de casos por sexo.

Este tipo de reportes son sólo una pequeña parte de lo que puede hacerse con la herramienta, que incluye espacios para análisis de escenarios What-If, espacios para uso de código Python o R (que puede ser aprovechado para realizar predicciones), reportes OLAP, entre otros aspectos. Los gráficos y tablas aquí mostrados son a modo de ejemplo y no reflejan la totalidad de la herramienta.

5.2. Predicciones con Orange

En la Fig. 6 se puede apreciar un workflow de trabajo de Orange Data Mining Versión 3.26, con un ejemplo de widgets interconectados.

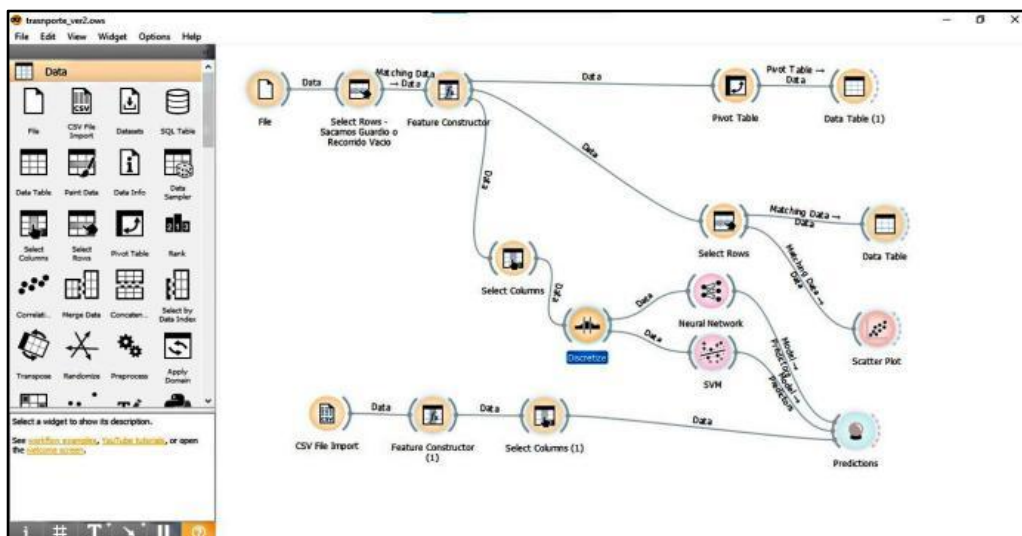


Fig. 6. Workflow de trabajo de Orange Data Mining Versión 3.26

6. Resultados Preliminares

Con base en las visualizaciones realizadas, utilizando datos relacionados y provenientes directamente al campo de la salud, se puede apreciar cómo el componente de Visualizaciones de la Arquitectura propuesta en puntos previos es altamente beneficiosa en el dominio de la salud.

Es importante aclarar que la propuesta se encuentra en instancias o etapas iniciales de desarrollo, previendo incorporar nuevo conocimiento, casos de estudio y resultados a medida que se vaya disponiendo de mayor cantidad y calidad de datos, como así también se cuente con la posibilidad de actuar en conjunto y directamente con diferentes organizaciones de salud que provean esos datos.

Es decir que, al momento de la realización de este trabajo, aún no se dispone de la capacidad de realizar pruebas generales de la arquitectura en su totalidad, por lo que se están realizando ensayos preliminares de diferentes componentes, acorde a la posibilidad de experimentar sobre o con ellos.

A medida que se pueda avanzar en el desarrollo de la propuesta, se pueden obtener nuevos casos de estudio, con mayor cantidad y calidad de datos. Se espera poder realizar visualizaciones y análisis más completos y complejos, con mayor variedad de ejemplos de uso y ventajas o beneficios obtenidos de la aplicación de estas técnicas y herramientas. Así mismo, se espera poder realizar estudios y análisis de tipo cuantitativo, junto a sus mediciones correspondientes.

7. Conclusiones

Kuperman, Bobb, Payne, Avery, Gandhi, Burns, y otros [Kuperman, et al. 2007] plantean que las organizaciones sanitarias deberían trabajar en la implementación de CDSSs y promover la creación de una infraestructura constituida por distintos profesionales (médicos, enfermeras, farmacéuticos, informáticos...) que lidere la implantación de los CDSSs, su mantenimiento y actualización, así como el monitoreo de la efectividad de estos sistemas y el establecimiento de feedback continuo con los usuarios. Sin embargo, según el estudio de los antecedentes, se ha podido identificar que existen varios avances en aplicaciones e implementaciones de CDSSs, pero no se han encontrado suficientes evidencias de aplicaciones desarrolladas de SDSSs.

Se piensa que un importante aporte a la comunidad, en el área de salud, sería fortalecer los sistemas de información con sistemas que los concentren, relacionen sus datos, operacionalicen sus procesos y ayuden, por un lado, a la parte gerencial a tomar certeras y oportunas decisiones, y por el otro, para guiar y fundamentar políticas de acción a seguir.

Además, estos SDSSs pueden aprovechar ampliamente las ventajas provistas por las actuales técnicas y herramientas de BI, teniendo presente que actualmente existe un abanico de oportunidades, desde las más complejas hasta las menos complejas, desde aquellas que solo proveen visualización hasta las que agregan predicciones y prescripciones, en versiones libres y gratuitas hasta las pagas o mixtas.

Por lo tanto, la existencia, disponibilidad y variedad de técnicas, métodos, herramientas, etc., de visualización y analítica de datos, hace posible la aplicación de SDSSs de maneras más sencillas, con mejores resultados, y en campos sanitarios más amplios y complejos.

Por último, los ejemplos provistos en este trabajo, demuestran cómo, bajo el uso correcto de diferentes técnicas y/o herramientas de BI, BA, y DSS, es posible obtener información relevante para una toma de decisiones más adecuada y correcta, frente a una realidad tan turbulenta y sujeta a cambios, tanto en el campo de la salud como en la sociedad en general.

Referencias

- Carhuallanqui Bastidas, J. L. (2017). Diseño de una solución de inteligencia de negocios como herramienta de apoyo a la toma de decisiones en el área de ventas de la empresa farmacéutica Dispefarma.
- Silva Layes, M., Falappa, M., Simari, G (2013). Sistema de Soporte a las Decisiones Clínicas. Obtenido de: <https://42jaiio.sadio.org.ar/proceedings/simposios/Trabajos/CAIS/29.pdf>.
- Mandirola H, Fernando Portilla I. (2018) Interoperabilidad LOINC. Repositorio; 2017. Fecha de consulta: 21/12/2018 [aprox. 43 p.]. Obtenido de https://www.hospitalitaliano.org.ar/multimedia/archivos/repositorio/11/recursos/877_Interoperabilidad_Loinc_-_Mandirola.pdf
- Minsait (2021). Libro Blanco de Interoperabilidad en Salud. Edición 2020-2021
- Reuter, E. (2020). The state of interoperability today. Obtenido de <https://medcitynews.com/2020/12/what-it-will-take-to-make-health-data-easier-to-share/>
- El Morr C. y Ali-Hassan H. (2019) Healthcare, Data Analytics, and Business Intelligence. In: Analytics in Healthcare. SpringerBriefs in Health Care Management and Economics. Springer, Cham. Obtenido de: https://doi.org/10.1007/978-3-030-04506-7_1
- Gartner Group (2016). The 2016 Gartner Magic Quadrant for Business Intelligence and Analytics. Stamford: Gartner Research. Obtenido de: <https://www.gartner.com/>, noviembre de 2020.
- Evelson, B. y Bennett, M. (2017). Las Plataformas Forrester Wave: Enterprise BI con la Mayoría de las Implementaciones en las Instalaciones. Cambridge: Forrester Research. Obtenido de: <https://www.forrester.com/report/The+Forrester+Wave+Enterprise+BI+Platforms+With+Majority+Cloud+Deployments+Q3+2017/-/E-RES137263>, diciembre de 2020.
- Dir&Ge (2020). El mercado de business intelligence crecerá a ritmos anuales del 7,6% entre 2020 y 2025. Obtenido de: <https://directivosygerentes.es/innovacion/mercado-business-intelligence-crecimiento>, enero de 2021.

- Ministerio de Salud (2022). Información Epidemiológica. Obtenido de: <https://www.argentina.gob.ar/salud/coronavirus-COVID-19/sala-situacion>. Fecha consulta: 29/05/22
- Saaty, T.L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Serv. Sci.* 1, 83–98.
- McIntosh, B.S., Ascough, J.C., Twery, M., Chew, J., Elmahdi, A., Haase, D., Harou, J.J., Hepting, D., Cuddy, S., Jakeman, A.J., Chen, S., Kassahun, A., Lautenbach, S., Matthews, K., Merritt, W., Quinn, N.W.T., Rodriguez-Roda, I., Sieber, S., Stavenga, M., Sulis, A., Ticehurst, J., Volk, M., Wrobel, M., van Delden, H., El-Sawah, S., Rizzoli, A., Voinov, A., (2011). Environmental decision support systems (EDSS) development – challenges and best practices. *Environ. Model. Software* 26, 1389–1402. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.09.009>.
- Luna, D. R., Plazzotta, F. (2017). Obtenido de: <https://salud.gob.ar/dels/entradas/historia-clinica-electronica>.
- Thakur J. S., y Saraswathy, M. V. (2020). Development and impact of a healthcare decision support system on treatment outcomes of diabetes and hypertension. *Cochrane Central Register of Controlled Trials*. Obtenido de: <https://trialsearch.who.int/Trial2.aspx?TrialID=CTRI/2019/12/022435>
- Ríos, Mauro, Technological Neutrality and Conceptual Singularity (2013). Disponible en SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2198887> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2198887>
- HIMSS (2010). *Dictionary of Healthcare Information Technology Terms, Acronyms and Organizations*, 2nd Edition, 2010, Appendix B, p190.
- HIMSS (2013). *Dictionary of Healthcare Information Technology Terms, Acronyms and Organizations*, 3rd Edition, 2013, p. 75.
- López Benítez, Y. (2018). *Business Intelligence*. ADGG102PO. IC Editorial. 1º Edición. Andalucía – España. Vol. 1, 151 pág. Año 2018. ISBN: 978-84-9198-467-2.
- Ahumada Tello, E. y Perusquia Velasco, J. M. (2015). *Business intelligence: Strategy for competitiveness development in technology-based firms*. Disponible en: www.sciencedirect.com, marzo de 2019.
- Tovar, C. (2017). Investigación sobre la Aplicación de Business Intelligence en la Gestión de las PyMEs de Argentina. *Palermo Business Review*, 15, 79-97
- Palacios-Tapia, Juan & Medina, Edison & Ochoa-Crespo, Juan & Torres-Palacios, Mireya. (2020). Business Intelligence aplicado al sector Salud. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*. 5. 622. 10.35381/r.k.v5i3.914.
- Rajkomar, A., Dean, J., & Kohane, I. (2019). Machine Learning in Medicine. *New England Journal of Medicine*, 1347-1358. doi:10.1056/NEJMra1814259.
- Ministerio de Salud. Subsecretaría de Integración de los Sistemas de Salud y Atención Primaria. (2021). Disposición 1/2021. DI-2021-1-APN-SSISSYAP#MS. Obtenido de <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/249547/20210915>.
- Torres, D. R., Cardoso, G., Abreu, D., Soranz, D. R., & Oliveira, E. A. (2021). Applicability and potentiality in the use of Business Intelligence tools in Primary

Health Care. *Ciencia & saude coletiva*, 26(6), 2065–2074.
doi:<https://doi.org/10.1590/1413-81232021266.03792021>.

Orange (2020). Data Mining Fruitful and Fun. Fecha de actualización: 15/08/2020.
Fecha de consulta: 15/08/2020. Obtenido de: <https://orange.biolab.si/>.

KNOWAGE (2021). Knowage. Fecha de actualización: 2021. Fecha de consulta:
01/05/2021. Obtenido de <https://www.knowage-suite.com/site/>

IBM “Protocolos TCP/IP” (s.d.). Fecha de Consulta: 16/11/2021. Obtenido de
<https://www.ibm.com/docs/es/aix/7.2?topic=protocol-tcpip-protocols>

Arcovid (s.d.). Soporte de decisiones frente al COVID-19. Obtenido de:
<https://ivco19.github.io/>.

Kuperman GJ, Bobb A, Payne TH, Avery AJ, Gandhi TK, Burns G, et al. (2007).
"Medication-related clinical decision support in computerized provider order entry
systems: a review". *J Am Med Inform Assoc*. 2007;14(1):29-40.