

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y DE ADMINISTRACIÓN**

**TRABAJO FINAL PARA OBTENER EL TÍTULO DEL
DIPLOMA DE POSGRADO EN GESTIÓN DE SERVICIOS DE SALUD**

Título

Impacto de la tecnología aplicada en Uruguay a la gestión integral de medicamentos

por

**Dr. Federico Maeso
Cr. Daniel Monteiro
QF. Andrea Pereyra**

**TUTOR: Cr. Diego Guerrero
COORDINADORA: Cra. Mariela Rodriguez**

**Montevideo
URUGUAY
2024**

Página de Aprobación

El tribunal docente integrado por los abajo firmantes aprueba el Trabajo Final:

Título

.....
.....

Autor/es

.....
.....

Tutor

.....
.....

Posgrado

.....
.....

Puntaje

.....

Tribunal

Profesor.....
.....
(nombre y firma).

Profesor.....
.....
(nombre y firma).

Profesor.....
.....
(nombre y firma).

FECHA.....

Dedicatoria

Agradecimientos

Agradecemos a todas las instituciones que nos abrieron sus puertas para poder ver sus instalaciones.

Laboratorio Urufarma

Farmashop

Hospital de Clínicas

CEBIOBE, Facultad de Química

También a las distintas personas que también contribuyeron a este trabajo.

Dra. QF. Rosa Eiraldi, profesora libre de la Facultad de Química. Que nos ayudó con instituciones para visitarlas

Dr. QF. Manuel Ibarra, Dra QF. Cecilia Maldonado, Departamento CIENFAR de la Facultad de Química y a todos los integrantes del CEBIOBE y de la unidad de monitoreo de medicamentos por la excelente disposición y claridad en la visita para entender el funcionamiento de estas unidades.

QF. Andrea Contreras y equipo de Farmashop sucursal 57 por la excelente disposición en la visita.

A todo el equipo de Urufarma que nos recibió con excelente disposición.

A todo el equipo del Servicio de Farmacia del Hospital de Clínicas, que mostraron una gran disposición a mostrar y explicar las tareas.

Resumen:

La incorporación de tecnología en la gestión de medicamentos ha generado un cambio notable en la eficiencia y seguridad del sistema de salud. Este estudio explora la implementación de sistemas de automatización, trazabilidad y modelos predictivos en diversos entornos, como el laboratorio Urufarma, Farmashop y el Hospital de Clínicas. Estos avances tecnológicos mejoran la precisión en la dispensación de medicamentos, optimizan los procesos de inventario y reducen la incidencia de errores humanos, proporcionando así un entorno seguro tanto para el personal como para los pacientes. A través de la trazabilidad por RFID y la automatización en farmacias y laboratorios, se ha logrado un control exhaustivo del flujo de medicamentos, disminuyendo pérdidas y garantizando la disponibilidad en tiempo real. Además, el uso de modelos predictivos permite personalizar las dosis de ciertos tratamientos, incrementando la eficacia terapéutica y minimizando efectos secundarios, especialmente en pacientes críticos. A pesar de desafíos como los altos costos de inversión y la resistencia inicial del personal, la tecnología aporta una ventaja sostenida en la calidad del servicio y en la administración de recursos. Los beneficios de estas innovaciones posicionaría al sistema de salud uruguayo en sintonía con estándares internacionales, impulsando un modelo de atención más confiable, accesible y orientado a las necesidades actuales de la población.

Palabras clave:

Tecnología en salud, gestión de medicamentos, automatización, trazabilidad, modelos predictivos, Uruguay

Índice

1.	Introducción.....	pág 1
1.1	Planteamiento del problema.....	pág 1
1.2	Objetivos de la Tesis.....	pág 1
1.3	Justificación y relevancia del estudio.....	pág 1
2.	Marco Teórico.....	pág 2
2.1	Definición de términos clave.....	pág 2
2.2	Antecedentes y evolución de la tecnología en la gestión de medicamentos.....	pág 2
2.3	Impulsores e Hitos en Uruguay.....	pág 4
3.	Metodología.....	pág 7
3.1	Diseño de investigación.....	pág 7
3.2	Fuentes de datos.....	pág 6
4.	Casos de Investigación.....	pág 8
4.1	Exposición de lo relevado en las visitas.....	pág 8
4.1.1	Laboratorio Urufarma: nueva planta instalada en ruta interbalnearia.....	pág 8
4.1.2	Farmacia de primera categoría: Farmashop sucursal 57 para conocer el robot implementado para dispensación de medicamentos.....	pág 11
4.1.3	Farmacia de segunda categoría: Servicio de Farmacia del Hospital de Clínicas “Dr. Manuel Quintela”.....	pág 14
4.1.4	Cebiobe: Centro de Biodisponibilidad y Bioequivalencia de la Facultad de Química, Dpto CIENFAR. Ubicado en el Hospital de Clínicas “Dr. Manuel Quintela”.....	pág 15
5.	Conclusiones finales.....	pág 18
6.	Referencias Bibliográficas.....	pág 21
7.	Anexos fotográficos.....	pág 21

1. Introducción

1.1 Planteamiento del Problema

La gestión integral de medicamentos que involucra a diversos actores, como por ejemplo la industria farmacéutica, empresas de logística y distribución, instituciones de salud, farmacias comunitarias, droguerías; presenta múltiples desafíos, entre estos asegurar la calidad y seguridad de los medicamentos, que el medicamento correcto en la dosis correcta llegue al paciente correcto en el momento justo; todo esto cumpliendo con las regulaciones correspondientes y articulándose con una logística entre varios actores.

Mucho de lo mencionado anteriormente puede mejorarse a través de la implementación de tecnologías, pero se deben superar barreras tanto económicas como personales, que las personas involucradas vean esto como una herramienta y no una competencia.

1.2 Objetivos de la Tesis

1. Relevar las diferentes tecnologías aplicadas a la gestión de medicamentos que se están creando en el mundo y aplicando en Uruguay.
2. Identificar los beneficios y desventajas de la implementación de tecnología en la gestión de medicamentos en las distintas instituciones visitadas.

1.3 Justificación y Relevancia del Estudio

En el contexto mundial actual en el que se implementan distintos tipos de tecnología a diversas áreas, en la salud ocurre lo mismo. Si bien hay mucha tecnología aplicada a la salud, cada vez se incorporan más herramientas que hacen a la mejora de eficiencia de distintos procesos, buscando siempre procurar la seguridad del paciente.

La OMS en su Plan de Acción Mundial para la Seguridad del Paciente 2021-2030, hacia la eliminación de los daños evitables en la atención de la salud, define a la seguridad del paciente como “un marco de actividades organizadas que crea culturas, procesos, procedimientos, comportamientos, tecnologías y entornos en la atención de salud que disminuyen los riesgos de forma constante y sostenible, reducen la aparición de daños evitables, hacen que sea menos probable que se cometan errores y atenúan el impacto de los daños cuando se producen”.¹

En consonancia con este plan, vemos que en el Uruguay se han ido implementando paulatinamente diversas herramientas tecnológicas que no solo aseguren la seguridad del paciente sino optimicen procesos como se menciona anteriormente.

Este estudio busca mostrar diversas herramientas que se han implementado en los últimos años, que han impactado de diversas formas, en una de las puntas de la atención sanitaria que es la gestión de medicamentos.

¹ Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). *Global Patient Safety Action Plan 2021-2030*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240032705>

2. Marco Teórico

2.1 Definición de Términos Clave

- **Gestión Integral de Medicamentos:** Incluye todos los procesos relacionados con los medicamentos desde su adquisición, almacenamiento, distribución, hasta su administración a los pacientes.
- **Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC):** Herramientas y sistemas que facilitan la gestión de información y comunicaciones, incluyendo software de gestión hospitalaria, sistemas de dispensación automatizados, y tecnologías de seguimiento como RFID

2.2 Antecedentes y Evolución de la Tecnología en la Gestión de Medicamentos

La tecnología en la gestión de medicamentos ha evolucionado significativamente en las últimas décadas. En los años 90, la mayoría de los procesos eran manuales y propensos a errores.

Con la llegada y evolución de las TIC, se han desarrollado sistemas más avanzados como los sistemas de gestión de inventarios, la dispensación automatizada y las historias clínicas electrónicas. Estos avances han mejorado la precisión, eficiencia y seguridad en la gestión de medicamentos.

Primera Fase: Manual y Tradicional

Antes de la adopción masiva de la tecnología, la gestión de medicamentos en los hospitales y farmacias era un proceso manual y tradicional. La administración de inventarios, el seguimiento de la distribución y la dispensación de medicamentos dependían en gran medida del trabajo humano. Estos métodos eran propensos a errores, tanto en la contabilidad de los medicamentos como en la administración a los pacientes. Las principales limitaciones de esta fase incluían:

- **Errores Humanos:** Los errores de transcripción y de administración eran comunes, lo que podía resultar en errores de medicación, pudiendo los mismo ser fatales.
- **Eficiencia Limitada:** El proceso manual era lento y laborioso, lo que limitaba la eficiencia operativa de las farmacias y los hospitales.
- **Dificultad en el seguimiento:** Era difícil rastrear el uso y la ubicación de los medicamentos, lo que podía resultar en pérdidas y desperdicio.

Segunda Fase: Introducción de Sistemas Informáticos Básicos

Con el avance de la tecnología en la década de 1980, se introdujeron los primeros sistemas informáticos en la gestión de medicamentos. Estos sistemas comenzaron a automatizar algunas de las tareas manuales y proporcionaron una mejor forma de gestionar los inventarios y las órdenes de medicamentos. Los beneficios de esta fase incluyen:

- **Mejora en la precisión:** La introducción de sistemas de registro electrónico redujo los errores humanos y mejoró la precisión de la gestión de inventarios.
- **Mayor Eficiencia:** Los sistemas informáticos permitieron una gestión más rápida y eficiente de las órdenes de medicamentos y del inventario.
- **Mejor Trazabilidad:** Los sistemas informáticos facilitaron la trazabilidad de los medicamentos desde la adquisición hasta la administración a los pacientes.

Tercera Fase: Integración de Tecnologías Avanzadas

A partir de la década de 2000, la integración de tecnologías avanzadas como los sistemas de dispensación automatizada, la identificación por radiofrecuencia (RFID) y las historias clínicas electrónicas (HCE) revolucionaron la gestión de medicamentos. Estas tecnologías no solo automatizaron los procesos, sino que también mejoraron significativamente la seguridad y la eficiencia. Los avances clave en esta fase incluyen:

- **Sistemas de Dispensación Automatizada:** Estos sistemas permiten la dispensación precisa y controlada de medicamentos, reduciendo el riesgo de errores y mejorando la eficiencia operativa. Un ejemplo es el uso de robots dispensadores en farmacias hospitalarias.
- **RFID y Seguimiento Electrónico:** La tecnología RFID permite el seguimiento en tiempo real de los medicamentos, mejorando la trazabilidad y reduciendo las pérdidas y el desperdicio. Esta tecnología facilita la gestión de inventarios y asegura que los medicamentos estén disponibles cuando y donde se necesiten.
- **Historias Clínicas Electrónicas (HCE):** Las HCE integran la información del paciente en un sistema centralizado, permitiendo un acceso fácil y seguro a los datos clínicos. Esto facilita la coordinación del cuidado y asegura que los medicamentos se administren de acuerdo con las necesidades clínicas del paciente.

Cuarta fase: Aplicación de la robotización con aplicación de la inteligencia artificial y otras tecnologías actuales.

La automatización de las farmacias comunitarias: un cambio tecnológico y una mejora en la eficiencia

La automatización de las farmacias comunitarias ha tenido un impacto significativo en el manejo y dispensación de medicamentos. Aunque la tecnología robótica tradicionalmente se limitaba a las farmacias hospitalarias, ahora se utiliza en farmacias

comunitarias de todo el mundo con un enfoque principal en la gestión de medicamentos. Esta tecnología mejora la seguridad de la dispensación y el almacenamiento de medicamentos.

La robótica en las farmacias comunitarias

La robótica en las farmacias ha introducido una serie de innovaciones que han cambiado las prácticas tradicionales. Los robots, creados especialmente para la gestión de medicamentos, se han convertido en una herramienta clave para optimizar los procesos dentro de las farmacias. Estas máquinas generalmente están diseñadas para almacenar y entregar medicamentos de manera precisa y rápida, respondiendo a las órdenes del personal de la farmacia.

Robots Farmacéuticos: Características

Los robots que se utilizan en farmacias tienen una serie de características que los hacen extremadamente eficientes y confiables. Se destacan entre ellas:

1. Rapidez en la entrega: Los robots pueden entregar medicamentos en un promedio de 3 a 5 segundos, lo que mejora significativamente la eficiencia en la atención al cliente.
2. Fácil de Operar: El proceso de entrega de medicamentos es simple y requiere pocos pasos. Un técnico de farmacia puede ordenar la entrega de medicamentos, que el robot ejecuta de manera autónoma. Según el modelo, las cajas de medicamentos se pueden depositar en bandejas o cintas transportadoras.
3. Almacenamiento Inteligente: Los robots también tienen sistemas que les permiten actualizar automáticamente el inventario cuando se le agregan nuevos medicamentos, lo que optimiza la gestión del inventario y reduce la posibilidad de errores humanos.
4. Software Intuitivo: El software que opera estos robots es simple de usar, lo que lo hace fácil de incorporar a las operaciones diarias de la farmacia. Además, para garantizar la continuidad del servicio, los robots están preparados para operar manualmente en caso de un corte de energía eléctrica.

2.3 Impulsores e Hitos en Uruguay

En Uruguay, la adopción de TIC en la gestión de medicamentos ha sido promovida por iniciativas nacionales como el programa Salud.uy, destacándose en áreas como la Historia Clínica Electrónica Nacional (HCEN) y otras tecnologías de salud digital. Los hitos importantes incluyen:

- **Implementación de la HCEN:** Permite la interoperabilidad entre distintos prestadores de salud, asegurando que la información clínica de los pacientes esté disponible en línea de manera segura y oportuna. Ha mejorado la coordinación del cuidado y reduciendo errores en la administración de medicamentos.

- **Sistemas de Gestión Hospitalaria:** Integran funciones de inventario, dispensación y administración de medicamentos, mejorando la eficiencia operativa y la precisión en la gestión de medicamentos.
- **Uso de RFID:** La tecnología RFID mejora la trazabilidad de los medicamentos y reduce pérdidas y desperdicios, asegurando la disponibilidad de medicamentos críticos.

Beneficios de la Evolución Tecnológica

- **Mejora en la Seguridad del Paciente:** La tecnología reduce significativamente los errores de medicación, asegurando la administración precisa y controlada de medicamentos.
- **Eficiencia Operativa:** La automatización de procesos mejora la eficiencia operativa en farmacias y hospitales, reduciendo el tiempo y los recursos necesarios para gestionar medicamentos.
- **Mejor Trazabilidad y Control de Inventarios:** La tecnología RFID y otros sistemas de seguimiento mejoran la trazabilidad, reducen pérdidas y aseguran la disponibilidad de medicamentos críticos.

Sistemas de Gestión Hospitalaria

En varios hospitales y centros de salud en Uruguay se han adoptado sistemas de gestión hospitalaria que integran múltiples funciones relacionadas con la administración de medicamentos:

- **Gestión de Inventarios:** Permiten un control riguroso del inventario, incluyendo seguimiento de existencias, identificación de lotes y fechas de caducidad, y gestión de pedidos y recepciones.
- **Dispensación Automatizada:** Reducen el tiempo de preparación y dispensación de medicamentos, minimizando errores humanos.
- **Registro Electrónico de Medicamentos (REM):** Herramienta que registra electrónicamente todos los movimientos de medicamentos, mejorando la trazabilidad y facilitando auditorías.

Uso de Tecnologías de Identificación por Radiofrecuencia (RFID)

La tecnología RFID ha sido adoptada en varias instituciones de salud para mejorar la gestión y seguimiento de medicamentos:

- **Trazabilidad de Medicamentos:** Permite rastrear cada unidad de medicamento desde su recepción hasta su administración al paciente.
- **Reducción de Pérdidas y Desperdicios:** Ayuda a reducir las pérdidas por caducidad o extravío de medicamentos, con sistemas que alertan sobre medicamentos próximos a caducar.
- **Mejora en la Seguridad del Paciente:** Contribuye a mejorar la seguridad del paciente y reducir errores de medicación al asegurar una administración correcta y oportuna.

Telemedicina y Prescripción Electrónica

Estas tecnologías permiten a los pacientes acceder a servicios de salud y recibir prescripciones sin necesidad de desplazarse físicamente:

- **Telemedicina:** Facilita la consulta remota entre médicos y pacientes, especialmente útil en áreas rurales y durante emergencias sanitarias como la pandemia de COVID-19.
- **Prescripción Electrónica:** Permite a los médicos enviar recetas directamente a las farmacias, mejorando la eficiencia del proceso y reduciendo errores de transcripción.

La adopción de estas tecnologías ayuda a:

- **Reducción de Errores Médicos:** La digitalización de procesos ha reducido significativamente los errores médicos, evitando la administración incorrecta de medicamentos por error en interpretación de la prescripción.
- **Mejora en la Eficiencia Operativa:** La automatización y la integración de sistemas han mejorado la eficiencia, permitiendo al personal de salud dedicar más tiempo a la atención directa de pacientes.
- **Optimización de los Recursos:** Los sistemas de gestión de inventarios y seguimiento de medicamentos permiten una mejor planificación y uso de los recursos, reduciendo costos y mejorando la disponibilidad de medicamentos esenciales.

Desafíos y Áreas de Mejora

A pesar de los avances, existen desafíos significativos:

- **Resistencia al Cambio:** La adopción de nuevas tecnologías puede encontrar resistencia por parte del personal de salud, especialmente aquellos acostumbrados a métodos tradicionales.
- **Inversión en Infraestructura:** Requiere una inversión considerable en infraestructura tecnológica, necesitando apoyo financiero y recursos adecuados.
- **Seguridad y Privacidad de los Datos:** Es esencial implementar medidas robustas de seguridad para proteger los datos de los pacientes y cumplir con normativas de privacidad.
- **Codificación:** En Uruguay, no existe una normativa que obligue a los fabricantes a incluir información mediante códigos QR en sus envases. Esta situación, debido al costo que implicaría su implementación, ha llevado a que en gran medida la industria opte por no utilizar estos sistemas de trazabilidad. Sin embargo, la falta de estos códigos en los envases tiene implicancias significativas en la cadena de suministro, afectando a hospitales y farmacias, especialmente a lo que hace a la trazabilidad automatizada. No obstante lo

anterior es importante destacar que la implementación de codificación de códigos QR tiene un costo asociado que podría afectar el precio final de los medicamentos

Proyectos y Políticas Gubernamentales

El gobierno uruguayo ha implementado varias iniciativas y políticas para promover el uso de tecnología en el sector salud:

- **Programa Salud.uy:** Tiene como objetivo integrar las TIC en el sistema de salud uruguayo, incluyendo la HCEN, la telemedicina y la prescripción electrónica.
- **Iniciativas de Salud Digital:** El Ministerio de Salud Pública (MSP) ha promovido diversas iniciativas de salud digital, como el desarrollo de aplicaciones móviles para la gestión de la salud.
- **Regulaciones y Normativas:** Establecen estándares de calidad y seguridad para la implementación de tecnologías en salud, incluyendo la protección de datos y la interoperabilidad de sistemas.

3. Metodología

3.1 Diseño de Investigación

El presente trabajo es un estudio de campo descriptivo, donde se visitarán distintos actores de los mencionados anteriormente como involucrados en toda la gestión del medicamento.

Abordaremos este tema, viendo la cadena de suministro de medicamentos y sus distintas etapas.

Se tratará de visitar al menos un eslabón de los nombrados seguidamente en las figuras 1 y 2, para mostrar los distintos tipos de tecnología que han implementado.

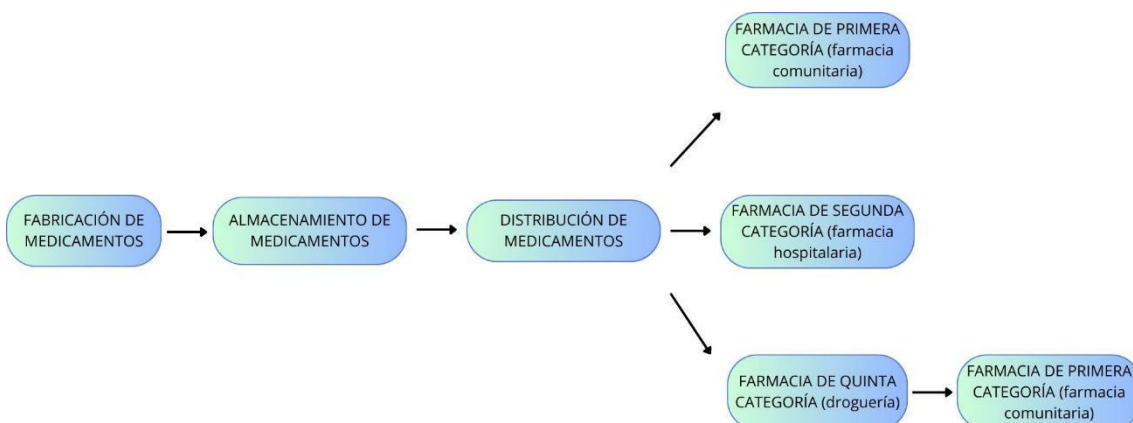


Figura 1. Esquema de cadena de distribución de medicamentos

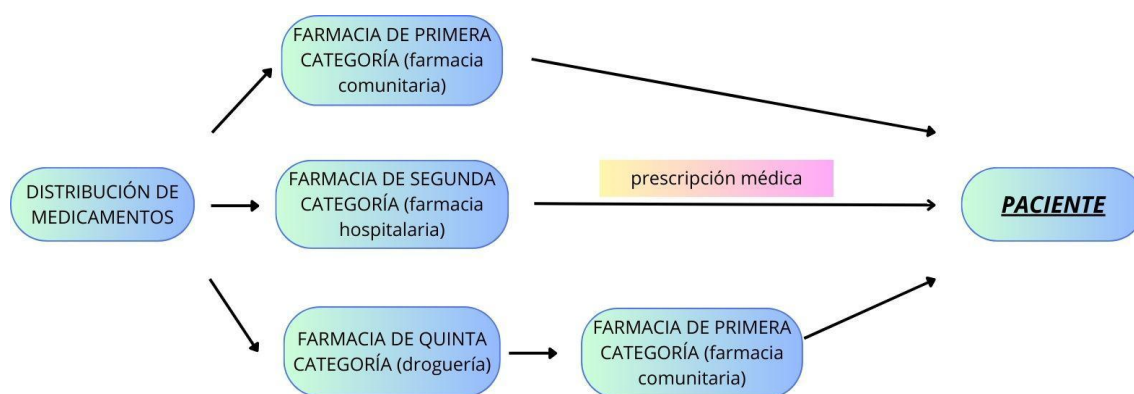


Figura 2. Continuación del esquema de figura 1

3.2 Fuentes de Datos

- Documentación y Literatura Existente: Revisión de artículos académicos, informes gubernamentales y estudios previos.
- Entrevistas con distintos actores de la cadena: químicos farmacéuticos, médicos.

4. Casos de investigación

Se visitaron:

Laboratorio Urufarma: nueva planta instalada en ruta interbalnearia

Farmacia de primera categoría: Farmashop sucursal 57 para conocer el robot implementado para dispensación de medicamentos.

Farmacia de segunda categoría: Servicio de Farmacia del Hospital de Clínicas “Dr. Manuel Quintela”

Cebiobe: Centro de Biodisponibilidad y Bioequivalencia de la Facultad de Química, Dpto CIENFAR. Ubicado en el Hospital de Clínicas “Dr. Manuel Quintela”.

4.1 Exposición de lo relevado en las visitas

4.1.1: Laboratorio Urufarma: nueva planta instalada en ruta interbalnearia

La visita al laboratorio Urufarma permitió la observación de los procesos productivos y de gestión de recursos, especialmente en la manipulación y control de materias primas y productos finales en el contexto de medicamentos. A continuación, se detallan los aspectos más relevantes para la gestión de RRMM en este entorno:

1. Desafíos en la Mezcla de Ingredientes Activos:

Uno de los mayores retos que enfrenta Urufarma es lograr una distribución uniforme de los ingredientes activos en dosis extremadamente pequeñas (microgramos), esto sucede principalmente en la elaboración de anticonceptivos orales. Para superar este desafío, el laboratorio validó previamente un proceso de disolución de sólidos en mezcla de solventes, es decir realizó el procedimiento y midió ciertos parámetros como tiempo de mezclado, la uniformidad de contenido y una vez que se llega a un óptimo proceso el mismo queda validado para ser utilizado; disuelve los activos en soluciones antes de mezclarlos, garantizando así una homogeneidad que sería difícil de obtener con métodos secos. Este proceso incluye la utilización de molinos que refinan la mezcla y secadores de lecho fluido que aseguran una correcta evaporación de los solventes de la mezcla. De esta manera, se obtienen partículas de tamaño óptimo para que la mezcla final de todos los componentes puedan procesarse como forma farmacéutica sólida (comprimidos), lo que es esencial para asegurar la eficacia y seguridad de los productos. Además, cada etapa está diseñada para minimizar la pérdida de material y evitar la dispersión de partículas en el ambiente, lo cual contribuye a un entorno de producción seguro y controlado.

2. Normativas de Seguridad y Control de Contaminación:

Las instalaciones están construidas con estándares de diseño estrictos para evitar la contaminación cruzada entre diferentes productos. Los pisos y paredes cuentan con zócalos sanitarios de acero inoxidable, es decir, son curvos para facilitar la limpieza y reducir la acumulación de polvo o residuos. El uso de acero inoxidable es una elección estratégica, dado que es un material inerte y no reactivo, minimizando así la posibilidad de que partículas contaminantes afecten la pureza de los medicamentos. Además, el flujo de aire se controla rigurosamente mediante exclusas y diferencias de presiones en las distintas áreas, asegurando que el aire entre en las habitaciones pero no salga, lo cual es vital para impedir que el polvo de los medicamentos se disperse hacia otras áreas de la planta. Las puertas de los cuartos están sincronizadas para que solo una pueda abrirse a la vez (sistema de exclusas), evitando así que los productos se expongan a contaminantes externos o a otros productos.

3. Automatización y Control de Calidad:

Urufarma utiliza maquinaria avanzada para el control de calidad, como compresores alemanes de alta velocidad que miden el peso de cada comprimido de manera individual. Si alguno se encuentra fuera del rango establecido, es automáticamente descartado, garantizando así la consistencia en la dosificación de los activos. El laboratorio ha reemplazado parcialmente la supervisión humana en estos procesos para reducir el margen de error y aumentar la eficiencia. Los controles de temperatura, humedad y presión son monitoreados en tiempo real, y cualquier desviación activa una alarma que debe ser confirmada por el operario, lo que permite una intervención inmediata y documentada. Este enfoque automatizado asegura que las condiciones ambientales estén siempre en parámetros óptimos, minimizando riesgos para los

productos y para el personal.

4. Sistemas de Trazabilidad y Código de Barras:

Aunque actualmente no se utiliza un sistema de códigos QR para la trazabilidad completa (lotes, fechas de vencimiento, etc.), el laboratorio implementa códigos de barras que identifican los productos de manera genérica.

En mercados internacionales, algunos productos importados requieren códigos QR con información de trazabilidad más detallada, y aunque Urufarma tiene la tecnología para implementarlo, la incorporación de estos sistemas encarecería el costo final de los medicamentos.

5. Recubrimiento y Diferenciación de Comprimidos:

El recubrimiento estético de los comprimidos para la identificación visual (de los operarios pero también de las mujeres que utilizan estos medicamentos) de diferentes tipos de productos, como activos y placebos, especialmente en la producción de anticonceptivos es crucial. Esto evita errores que podrían llevar a consecuencias graves, como la falla terapéutica del tratamiento. Cada comprimido se recubre de manera uniforme en una máquina especializada, y los colores intensos ayudan a los operarios y a las máquinas de control de calidad a distinguirlos de manera precisa. En el caso que venimos mencionando, un error en el recubrimiento se considera crítico (su presencia determina el descarte del producto por no aceptación del mismo), y debido a esto es que el laboratorio ha implementado una máquina que puede detectar en el producto ya en su envase primario, si cumple la secuencia de colores (recubrimiento) de los comprimidos.

6. Optimización de Recursos y Costos:

Urufarma enfrenta un dilema en cuanto a la implementación de tecnologías avanzadas para mejorar la trazabilidad y el control de calidad, ya que estos procesos aumentan significativamente los costos de producción. La automatización de procesos de control de calidad, como el etiquetado y la verificación de códigos de barra, representa un alto costo inicial, aunque ayuda a garantizar la calidad del producto final. Para productos de alto valor o exportaciones, la inversión en trazabilidad es viable; sin embargo, para productos de bajo costo destinados al mercado local, implementar estos sistemas encarece innecesariamente el producto final, haciendo que muchos pacientes no puedan acceder a ellos. Urufarma busca equilibrar estos factores, manteniendo los estándares de calidad sin comprometer la accesibilidad de los medicamentos.

7. Calibración y Mantenimiento Preventivo:

La planta realiza calibraciones anuales de todos los instrumentos críticos en el proceso de producción y empaque, asegurando así que cada equipo funcione conforme a los estándares requeridos. Por ejemplo, el ajuste de los compresores y de las balanzas asegura que cada comprimido y blister contenga la cantidad exacta de componentes (mezcla uniforme de principio activo y excipientes). Además, los filtros HEPA, que evitan la dispersión de partículas en el ambiente, son reemplazados de manera regular para mantener la seguridad del entorno de

trabajo. Este enfoque preventivo permite a Urufarma reducir el riesgo de fallas y asegura la consistencia en cada lote de producción.

4.1.2 Farmacia de primera categoría: Farmashop sucursal 57 para conocer el robot implementado para dispensación de medicamentos.

1. Máquina dispensadora automática para medicamentos

Durante la visita a Farmashop, se explicó el funcionamiento de un equipo automatizado que se encarga de la dispensación de medicamentos. Este sistema representa una mejora significativa en la gestión del stock, minimizando los errores y optimizando tanto el control de fechas de vencimiento como la rapidez en la dispensación.

- **Funcionamiento:** La máquina escanea el código de barras de cada producto y registra la fecha de vencimiento, además de medir el tamaño de la caja para determinar su ubicación en el almacén. En caso de que el tamaño de la caja cambie, el sistema lo detecta y ajusta su ubicación. Una luz en la máquina indica al operador dónde debe colocarse el producto. Si la caja es más grande o más pequeña de lo esperado, el sistema solicita una nueva medición. Después de que el producto se escanea y se mide, el brazo robótico lo almacena automáticamente.

Si, por ejemplo, el operador tiene varios productos iguales (por ejemplo 10 cajas del medicamento X) , el sistema permite agruparlos todos juntos y así quedan todos guardados juntos; pero como la colocación de las cajas es dependiente del factor humano, se prefiere almacenar uno a uno para así evitar posibles errores (cajas de un mismo laboratorio de tamaño y estética similar pero distinto medicamento por ejemplo). Al realizar la dispensación, el sistema siempre selecciona primero los productos con fechas de vencimiento más próximas. Además, puede ajustarse para dispensar productos a través de diferentes bocas de salida.

- **Gestión del stock:** La máquina organiza los productos de forma aleatoria, pero prioriza los medicamentos más vendidos para facilitar el acceso rápido a ellos. El sistema también permite a los operadores consultar la ubicación exacta de cada medicamento, la fecha de vencimiento y otros detalles relevantes. Esto es especialmente útil para productos que necesitan ser retirados por problemas de lote o vencimiento.

Para cargar el stock, los operadores escanean el producto y lo colocan en la luz correspondiente según el tamaño de la caja. Una vez colocado correctamente, el sistema lo almacena automáticamente en su ubicación asignada. Al momento de la visita, el robot tiene una capacidad del 85% ocupada, con 13,215 cajas almacenadas y 2,498 referencias (distintos productos o presentaciones). Sin

embargo, algunos productos, como frascos grandes o muy pequeños, no pueden ser almacenados debido a las limitaciones de las pinzas del robot.

- **Capacidad y limitaciones:** Aunque el sistema tiene una gran capacidad de almacenamiento, ciertos productos como frascos grandes o envases demasiado pequeños no pueden ser manejados por el robot. Estos productos deben ser almacenados de forma manual. Por ejemplo, los frascos con una sola pata o aquellos que no son compatibles con la pinza del robot no pueden ser procesados automáticamente. Aun así, el sistema es capaz de manejar la mayoría de los productos básicos de la farmacia.
- **Mantenimiento:** El sistema automatizado requiere un mantenimiento preventivo cada seis meses. Este mantenimiento implica vaciar todos los estantes para limpiar el polvo acumulado. Farmashop está evaluando la adquisición de una aspiradora automatizada que limpiaría los estantes sin necesidad de vaciarlos completamente. El mantenimiento correctivo también se realiza en caso de fallos técnicos, pero hasta ahora el equipo ha demostrado ser bastante confiable.
- **Optimización del tiempo:** El robot prioriza las ventas en la farmacia física por encima de las tareas de almacenamiento o preparación de pedidos. Si el sistema está ocupado en una venta, cualquier otra tarea queda en espera hasta que el brazo robótico se libere. Esto asegura que los clientes en la farmacia reciben su medicación de manera rápida y eficiente.

2. Software de gestión de delivery e inventario

Farmashop también utiliza un software desarrollado por terceros, que se encarga de gestionar tanto el delivery como el seguimiento del inventario en las sucursales.

- **Geolocalización y stock:** El software utiliza la geolocalización del cliente para asignarlo a la sucursal más cercana. Esto mejora significativamente la experiencia del cliente, ya que no solo se considera el stock de una única sucursal, sino también el de sucursales cercanas o del centro de distribución. De esta manera, se asegura una mayor disponibilidad de productos para el cliente.

Si el centro de distribución tiene stock disponible, el sistema ajusta los tiempos de entrega para que el pedido llegue al domicilio del cliente al día siguiente. Si la sucursal más cercana no tiene el producto, el sistema busca otras alternativas, como el stock de una sucursal de desborde o del centro de distribución.

- **Asignación y ruteo de cadetes:** Dicho software también es responsable de la asignación de los cadetes encargados de hacer las entregas. Optimiza las rutas para asegurar que los pedidos lleguen en el menor tiempo posible. A cada cadete le aparece la asignación en su aplicación, y el sistema ajusta las rutas según las circunstancias, como el tráfico o las condiciones climáticas.

Los cadetes pueden ser empleados de Farmashop (por ejemplo, aquellos que utilizan bicicletas eléctricas) o tercerizados (motos). Cada cadete tiene una

aplicación en la que ve los pedidos que debe recoger y entregar, así como los tiempos de entrega. Si un cadete está retrasado, el sistema lo marca en rojo, indicando que está fuera del tiempo previsto.

- **Monitoreo del delivery:** El software permite hacer un seguimiento detallado del estado de cada entrega. Los clientes pueden ver en la aplicación el estado de sus pedidos, y los cadetes también pueden monitorear sus rutas y tiempos. Además, el sistema registra la hora de entrega exacta, lo que permite hacer ajustes si es necesario.
- **Métricas y análisis:** Se generan métricas y reportes que permiten a Farmashop analizar el rendimiento de sus sucursales y cadetes. Estas métricas incluyen el porcentaje de entregas completadas a tiempo, las rutas más eficientes y las zonas con mayor demanda de productos. Los supervisores pueden visualizar el rendimiento diario de cada sucursal y ajustar la cantidad de cadetes necesarios para cubrir los picos de demanda.

El software también permite realizar análisis por día de la semana, para prever la cantidad de pedidos y ajustar el personal necesario para cubrir la demanda. Esto es especialmente útil para los días con mayor carga de trabajo, como los lunes, cuando la cantidad de pedidos tiende a ser mayor.

A modo de conclusión de la visita:

La empresa Farmashop ha optado por la incorporación de tecnologías como máquinas dispensadoras automáticas y software de gestión de inventario y delivery, que le ha permitido no solo incrementar la eficiencia operativa, sino que también reforzar la precisión y trazabilidad en la dispensación de medicamentos, aspectos fundamentales para garantizar la seguridad del paciente.

La automatización en la dispensación de medicamentos permite minimizar el margen de error al eliminar la manipulación de medicamentos por parte de los funcionarios, logrando una mayor fiabilidad en la entrega del medicamento correcto al paciente correcto, aspecto crítico en la atención de salud. Esta automatización no elimina aún la interpretación de la receta por parte del personal de farmacia, esto podría mejorarse de lograr incorporar receta electrónica.

Por otro lado, el uso de software avanzado para gestionar el inventario y la logística de entrega asegura que los medicamentos lleguen a tiempo y en la cantidad necesaria, lo que fortalece la accesibilidad y disponibilidad para los pacientes. La capacidad de optimizar rutas de entrega y asignar pedidos a las sucursales más cercanas también reduce tiempos de espera y costos, lo que contribuye a un sistema más ágil y con mejor respuesta a las demandas del cliente.

En conjunto, estas tecnologías no solo mejoran la eficiencia interna de las farmacias y centros de distribución, sino que también demuestran cómo la adopción de procesos

tecnificados y automatizados en un sector impacta positivamente en toda la cadena de suministro de medicamentos, desde el almacenamiento hasta la dispensación. Estos avances fortalecen la cadena de abastecimiento, optimizan recursos y contribuyen a un sistema más seguro y efectivo.

4.1.3 Farmacia de segunda categoría: Servicio de Farmacia del Hospital de Clínicas “Dr. Manuel Quintela”

La farmacia del Hospital de Clínicas “Dr. Manuel Quintela” es un componente esencial de esta prestigiosa institución de salud, desempeñando un papel vital en el abastecimiento de medicamentos para pacientes internados y, en menor medida, para pacientes ambulatorios.

El Servicio de Farmacia cuenta con un depósito de medicamentos, por donde entra toda la medicación que abastece luego a la farmacia externa (dispensa medicación al paciente ambulatorio y las altas de piso), y a la farmacia interna (se encarga de abastecer a toda la internación).

La gran mayoría de los pacientes que se atienden en el Hospital de Clínicas son usuarios de ASSE, es por esto que existe hace años un acuerdo entre ambas instituciones que toda la medicación necesaria durante la internación del usuario será provista por el Hospital de Clínicas, y posteriormente 15 días de medicación al alta, facilitando la transición hasta que los pacientes puedan obtener sus tratamientos a través de sus prestadores habituales.

El hospital gestiona un alto volumen de pacientes, contando con unas 320 camas en total, lo cual representa un 80% del presupuesto de la farmacia destinado al suministro de medicación para la internación. Esta actividad se complementa con la atención de policlínicas especializadas, que presentan un reto logístico y financiero al prescribir medicamentos que, en muchos casos, no se encuentran en la red de atención primaria. Esto ha llevado a que la farmacia externa del hospital también tenga que suplir la medicación indicada en estas policlínicas, ampliando su cobertura más allá de lo previsto inicialmente.

Un aspecto destacable es la implementación de sistemas tecnológicos como el SIGAME (Sistema Integrado de Gestión y Administración de Medicamentos), que permite a los médicos prescribir electrónicamente, registrar la información de prescripciones y facilitar la preparación y distribución de los medicamentos. Sin embargo, se observó que este sistema aún está en proceso de integración completa con el sistema de stock de la farmacia (Webfarma).

La farmacia también se destaca por su sistema de dosis unitaria, ampliamente validado y demostrado como una práctica segura para los pacientes. Este sistema personalizado permite una revisión exhaustiva de las prescripciones por parte del equipo farmacéutico, identificando posibles errores o redundancias en las medicaciones antes de ser entregadas. Este proceso asegura que las dosis preparadas para los pacientes sean

precisas y adaptadas a las indicaciones médicas. La farmacia cuenta con personal técnico y auxiliar entrenado, lo que contribuye a la seguridad y eficiencia del proceso.

Otro punto notable es el reenvasado de medicamentos en dosis unitaria y la preparación de fraccionamientos pediátricos, los cuales se realizan siguiendo procedimientos que cuentan con la validación de la estabilidad del producto final por parte de la Facultad de Química. Por ejemplo, se elaboran dosis adaptadas a las necesidades específicas de cada paciente pediátrico, tomando en cuenta factores como peso y condición clínica, lo que resulta esencial en casos de patologías que requieren un control riguroso. Este tipo de preparaciones permite un seguimiento estrecho y ajustado de los tratamientos, con modificaciones que pueden realizarse en intervalos cortos para reflejar cambios en las condiciones del paciente.

En cuanto a la infraestructura y el equipamiento, se observó que el hospital está en proceso de modernizar algunas de sus prácticas mediante la adquisición de nuevas tecnologías que permitan automatizar procesos de preparación de medicación y etiquetado. Esto contribuirá a reducir las horas de trabajo manual y aumentar la eficiencia general del sistema.

En síntesis, la farmacia del Hospital de Clínicas Dr. Manuel Quintela es un ejemplo de esfuerzo continuo por balancear la excelencia en la atención al paciente con las limitaciones operativas y tecnológicas propias de un entorno hospitalario complejo. Su enfoque en la tecnologización de procesos y en la seguridad del paciente resalta su compromiso con la mejora constante y la adaptación a las necesidades cambiantes del sector de la salud.

4.1.4 Cebiobe: Centro de Biodisponibilidad y Bioequivalencia de la Facultad de Química, Dpto CIENFAR. Ubicado en el Hospital de Clínicas “Dr. Manuel Quintela”.

La visita al centro de bioequivalencia del Hospital de Clínicas reveló cómo las metodologías avanzadas y las tecnologías aplicadas son esenciales para garantizar la eficacia y seguridad de medicamentos producidos en distintas condiciones. A continuación, se exponen los aspectos más relevantes:

1. Evaluación de la Variabilidad en Medicamentos:

Uno de los enfoques del centro es evaluar cómo los medicamentos con el mismo principio activo, pero producidos en diferentes plantas o por distintas marcas, pueden mostrar diferencias significativas en su rendimiento. Estas variaciones pueden deberse a diferencias en excipientes, condiciones de fabricación, e incluso en el personal y el equipamiento de cada laboratorio. Por ejemplo, la disolución del principio activo, la liberación controlada y la biodisponibilidad pueden verse afectadas según los procesos específicos de cada fábrica. Este análisis es particularmente crítico en medicamentos de **estrecho margen terapéutico**, como los inmunosupresores en trasplantes, donde un mínimo

cambio en la concentración puede ser la diferencia entre la eficacia y la toxicidad. Para asegurar que los medicamentos genéricos sean equivalentes en eficacia y seguridad a los productos originales, el centro realiza estudios exhaustivos de bioequivalencia, considerando la farmacocinética y farmacodinámica de cada fármaco en condiciones controladas.

2. **Uso de Modelos Farmacométricos Avanzados:**

La implementación de modelos matemáticos de farmacometría representa una revolución en la personalización del tratamiento. Estos modelos permiten anticipar cómo variarán los niveles de un fármaco en el cuerpo según las características únicas de cada paciente, tales como peso, edad, función renal, y polimorfismos genéticos que afectan la metabolización del medicamento. Por ejemplo, en el caso del **tacrolimus**, un inmunosupresor fundamental en trasplante renal, estos modelos ayudan a ajustar la dosis para mantener un nivel estable en sangre, evitando tanto el rechazo del órgano (por subdosificación) como la nefrotoxicidad (por sobredosificación). Los modelos permiten a los profesionales de la salud predecir la trayectoria del medicamento en el organismo (absorción, distribución, metabolismo, excreción), y ajustan de manera dinámica las dosis necesarias para cada paciente, reduciendo la exposición a efectos adversos. Además, estos modelos pueden adaptarse con cada nuevo dato del paciente, lo que permite afinar la predicción y realizar ajustes con base en el comportamiento farmacocinético específico de cada individuo, mejorando así la precisión y seguridad de los tratamientos.

3. **Aplicaciones Clínicas y Tecnológicas en Pacientes Críticos:**

En la práctica, el centro aplica estos modelos a pacientes que requieren tratamientos de alta precisión, como aquellos que reciben inmunosupresores después de un trasplante renal o antibióticos específicos en contextos críticos. Los inmunosupresores, como el tacrolimus, presentan una **alta variabilidad interindividual**, lo que significa que la misma dosis puede producir efectos muy distintos en diferentes pacientes. Estos modelos permiten realizar ajustes de dosificación que mantienen los niveles del fármaco dentro de un rango terapéutico seguro y efectivo. En el caso de los antibióticos de uso hospitalario, como la vancomicina, el modelo predictivo ayuda a evitar tanto la subdosificación (que incrementa el riesgo de resistencia bacteriana) como la toxicidad renal, que es común en tratamientos prolongados con antibióticos potentes. Esta precisión es especialmente valiosa en el tratamiento de infecciones severas en unidades de cuidados intensivos, donde las dosis inapropiadas pueden comprometer la salud y recuperación del paciente, al mismo tiempo que aumentan los costos y la duración de la hospitalización.

4. **Impacto en la Gestión de RRMM y Optimización de Recursos:**

La precisión en la dosificación personalizada impacta de manera directa en la eficiencia de la gestión de recursos médicos y farmacológicos. Al evitar la sobreexposición o la subexposición a medicamentos de alto costo, el centro contribuye a reducir las desviaciones en el tratamiento, optimizando así el uso de los recursos hospitalarios y mejorando los resultados clínicos. La administración de dosis correctas desde el inicio disminuye la necesidad de monitoreos repetidos y ajustes constantes, lo que reduce los costos asociados y mejora la

satisfacción del paciente. Para la cadena de gestión de recursos materiales, esto representa un ahorro significativo, especialmente en contextos de tratamientos prolongados y en pacientes con alta demanda de atención, como los pacientes renales y aquellos en terapia antibiótica intensiva. La precisión en la dosificación permite además una gestión de inventarios más eficiente, ya que se evita el desperdicio de medicamentos y se asegura su disponibilidad para otros pacientes.

5. Desarrollo de una Plataforma Digital para el Monitoreo y la Personalización de Dosis:

Una de las innovaciones tecnológicas destacadas en el centro es el desarrollo de una plataforma digital, en conjunto con la Facultad de Ingeniería, que integra los datos clínicos del paciente con los modelos predictivos, facilitando la toma de decisiones por parte de los profesionales de salud. Esta plataforma conecta automáticamente con la historia clínica del paciente, extrayendo datos relevantes como peso, edad y resultados de análisis previos, y genera recomendaciones de dosis basadas en las características individuales del paciente. Esta herramienta no solo optimiza el tiempo en la toma de decisiones, sino que también reduce el riesgo de error al proporcionar información detallada y personalizada. Con cada monitoreo y ajuste de dosis, el modelo predictivo se ajusta aún más a la situación específica del paciente, creando un sistema adaptativo que aumenta la precisión del tratamiento con el tiempo. En el contexto hospitalario, donde la rapidez y la exactitud son esenciales, esta plataforma permite a los médicos y farmacéuticos disponer de una interfaz intuitiva que facilita la administración segura y eficiente de medicamentos en tratamientos críticos.

A modo de conclusión de la visita:

El centro de bioequivalencia, junto con la unidad de monitoreo de medicamentos, ha logrado un impacto notable en el Hospital Universitario, en particular en la prescripción de medicamentos. La integración de tecnología avanzada con prácticas de personalización en los tratamientos contribuye de forma sustancial a mejorar tanto la seguridad como la eficiencia en el sector salud.

Uno de los aportes más importantes es la capacidad de minimizar los riesgos asociados con la variabilidad en la respuesta de los pacientes a los fármacos. Gracias a los estudios de bioequivalencia y al ajuste individual de las dosis, se consigue un nivel de precisión que reduce la probabilidad de efectos adversos, especialmente en aquellos medicamentos que exigen un manejo muy específico de las dosis, como los inmunosupresores. Esta personalización, facilitada por modelos predictivos, asegura que el tratamiento sea seguro y efectivo, adaptándose a las características de cada paciente.

Además, la precisión en el uso de medicamentos genera un impacto positivo en el manejo de recursos dentro de los hospitales. Al evitar ajustes innecesarios en la dosificación y optimizar el uso de los fármacos, el sistema de salud puede destinar más recursos a otros pacientes y disponer de un inventario más eficiente. Esto, a su vez, ayuda a reducir los costos derivados de los efectos secundarios y de las estancias prolongadas en el hospital.

La utilización de modelos predictivos y plataformas digitales que se integran con la historia clínica de los pacientes permite a los profesionales médicos tomar decisiones informadas y adaptar las dosis de manera más precisa. Este enfoque, apoyado en datos individuales, ayuda a anticiparse a posibles complicaciones y favorece un proceso de atención más ágil y confiable, reforzando la confianza de los pacientes en el sistema de salud.

Asimismo, el centro contribuye a la sostenibilidad del sistema al reducir la necesidad de controles repetitivos y la carga económica que generan los tratamientos inadecuados. Gracias a estos avances, se liberan recursos que pueden emplearse en mejorar la atención en otros servicios. Al optimizar la administración de medicamentos, se logra también una gestión más eficiente de los inventarios, lo que permite una respuesta oportuna a las necesidades de tratamientos especializados y de alto costo sin comprometer la calidad ni la accesibilidad.

Por último, la implementación de tecnología avanzada en el manejo de medicamentos posiciona a Uruguay como líder en el uso de modelos predictivos en la región. Esto no solo fortalece la atención al paciente, sino que también abre puertas a colaboraciones e investigaciones futuras que permitan seguir mejorando y adaptando el sistema de salud a los desafíos actuales.

5. Conclusiones finales

La incorporación de tecnología en la gestión de medicamentos ha mejorado los procesos en el sistema de salud en Uruguay, logrando notables avances en términos de eficiencia, seguridad y sostenibilidad. Este análisis muestra cómo las herramientas avanzadas de automatización, trazabilidad y modelos predictivos ofrecen soluciones concretas a problemas crónicos en la administración de medicamentos. Los resultados de este estudio sugieren que el sistema de salud avanza hacia un modelo más confiable, accesible e integrado, donde la tecnología desempeña un rol clave en cada paso de la cadena de suministro.

Uno de los descubrimientos más destacados es la disminución de errores en la dispensación y administración de medicamentos a través de sistemas automatizados, como los robots dispensadores de Farmashop y los sistemas avanzados de gestión en los laboratorios. Estas herramientas no solo reducen la intervención humana en tareas repetitivas, sino que también aumentan la precisión y minimizan riesgos asociados a la dispensación manual. Esta precisión beneficia no solo a los pacientes en cuanto a seguridad, sino que también permite una utilización más eficaz de los recursos en farmacias y centros de salud, al evitar pérdidas de medicamentos y optimizar los tiempos de atención.

Además, el uso de tecnologías de trazabilidad, tales como los códigos de barras y RFID, permite un control en tiempo real del inventario en todas las etapas. El monitoreo de cada lote y producto no solo mejora el manejo del stock, sino que permite realizar

retiros selectivos en caso de problemas de calidad, reduciendo así el impacto de los “recalls” y garantizando la seguridad del paciente. Esta tecnología resulta especialmente útil en hospitales y laboratorios, donde la precisión en el manejo de medicamentos es fundamental. A pesar del costo inicial, la inversión en estas tecnologías resulta muy valiosa por la mejora significativa en la seguridad y en la capacidad de respuesta ante incidentes.

En cuanto a los modelos predictivos y la bioequivalencia, los hallazgos señalan un claro avance hacia la personalización de los tratamientos, ajustando las dosis según las necesidades individuales de cada paciente. Estos modelos permiten prever cómo un medicamento actuará en función de factores como edad, peso y salud general, además de características genéticas que pueden influir en la metabolización de los fármacos. Los centros de bioequivalencia, como el CEBIOBE, demuestran el compromiso con una medicina de precisión que reduce efectos adversos y mejora la eficacia terapéutica. Esta adaptación de dosis es especialmente valiosa para pacientes de alto riesgo, como los que reciben inmunosupresores, y en contextos críticos como la terapia intensiva, donde una dosificación exacta es crucial.

Otro aporte al sistema de salud es la optimización de la logística y entrega de medicamentos, lograda mediante software de gestión de inventarios y delivery, como el utilizado en Farmashop. La capacidad de coordinar la distribución de productos en función de la ubicación del cliente y optimizar rutas de entrega permite a las farmacias asegurar una mayor disponibilidad y ofrecer un mejor servicio. Esta optimización responde a las expectativas actuales de los pacientes, quienes buscan tiempos de entrega más rápidos y una disponibilidad constante de medicamentos esenciales. La tecnología no solo mejora el servicio en farmacias, sino que también hace que el sistema de salud sea más adaptable a las necesidades de la población.

Otro aspecto que destaca es el impacto económico de la implementación de estas tecnologías. Aunque la inversión inicial en automatización, trazabilidad y modelos predictivos puede ser significativa, los beneficios a largo plazo en ahorro de costos, reducción de desperdicios y optimización de recursos justifican ampliamente estos gastos. Al disminuir la necesidad de correcciones en las dosis y los errores de administración, el sistema de salud logra una reducción en los costos operativos asociados al manejo de complicaciones y tratamientos de efectos adversos.

Las implicaciones para la gestión de medicamentos son amplias y alentadoras. Los avances tecnológicos permiten a las instituciones de salud en Uruguay un control y uso de recursos más efectivos, un acceso más seguro a medicamentos y una atención centrada en la calidad del servicio. En el caso de los sistemas de dispensación automatizada, el impacto se ve reflejado en la reducción de tiempos de entrega y en una mayor precisión en la medicación, aspectos que aumentan la calidad de la atención y refuerzan la confianza en el sistema de salud.

Durante la visita a la farmacia del Hospital de Clínicas Dr. Manuel Quintela, se destacó su enfoque en tecnología y seguridad para la gestión de medicamentos. La implementación del sistema SIGAME facilita la prescripción electrónica y la preparación de medicamentos, aunque aún debe integrarse completamente con el

sistema de stock Webfarma para optimizar la gestión.. El sistema de dosis unitaria, validado por su eficacia, garantiza revisiones detalladas y una administración precisa, mientras que los fraccionamientos pediátricos permiten un control riguroso adaptado a pacientes con necesidades específicas.

Finalmente, el uso de plataformas digitales integradas con modelos predictivos asegura un enfoque basado en datos que fortalece la toma de decisiones. Esto permite a los profesionales de la salud contar con herramientas confiables para adaptar tratamientos a las particularidades de cada paciente, resultando en un tratamiento más efectivo y seguro. Estas plataformas representan un avance hacia un sistema de salud digitalizado en el que la tecnología no solo mejora la organización interna, sino que también fortalece la relación con el paciente.

En conclusión, el impacto de la tecnología en la gestión integral de medicamentos en Uruguay es evidente: estas herramientas no solo optimizan procesos internos y reducen costos operativos, sino que también elevan la calidad y seguridad de los servicios de salud. A medida que el sistema de salud uruguayo continúe adoptando estas tecnologías, se espera que aumente su competitividad y sostenibilidad, garantizando una atención más segura y eficiente para toda la población.

6. Referencias Bibliográficas

<https://kwfoundation.org/blog/2022/07/22/blockchain-en-pharma-tecnologia-aplicada-al-proceso-de-trazabilidad-de-medicamentos>

<https://www.paho.org/es/temas/medicamentos-tecnologias-sanitarias>

<https://www.revistafarmaciahospitalaria.es//es-nuevas-tecnologias-aplicadas-al-proceso-articulo-S1130634310000681>

<https://tecnofarma.com/utilizar-la-tecnologia-en-la-farmacia/>

<https://aetsu.org.uy/ops-apoya-el-desarrollo-y-fortalecimiento-de-la-evaluacion-de-tecnologias-sanitarias-en-uruguay/>

SALUD DIGITAL URUGUAY ACCESIBILIDAD E INTEROPERABILIDAD – MSP 2023

ESTÁNDAR DE BUENAS PRÁCTICAS DE FARMACIA HOSPITALARIA – AQFU-OPS 2022

<https://www.gub.uy/agencia-gobierno-electronico-sociedad-informacion-conocimiento/politicas-y-gestion/proyectos/iniciativas-de-saluduy>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). Global Patient Safety Action Plan 2021-2030. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240032705>

7. Anexos Fotográficos.

1. Laboratorio Urufarma



A. Toma aérea de la planta física.



B. Recorrida por el interior de la planta. Sector de producción de medicamentos hormonales.



2. Farmashop Sucursal 57

A. Fachada de dispositivo robótico de dispensación.



3. Farmacia de segunda categoría: Servicio de Farmacia del Hospital de Clínicas “Dr. Manuel Quintela”

A. Sistema de envasado de dosis unitaria del H.C



B. Vista externa de la Farmacia del H.C



4. CEBIOBE: Centro de Biodisponibilidad y Bioequivalencia de la Facultad de Química, Dpto CIENFAR. Ubicado en el Hospital de Clínicas “Dr. Manuel Quintela”.

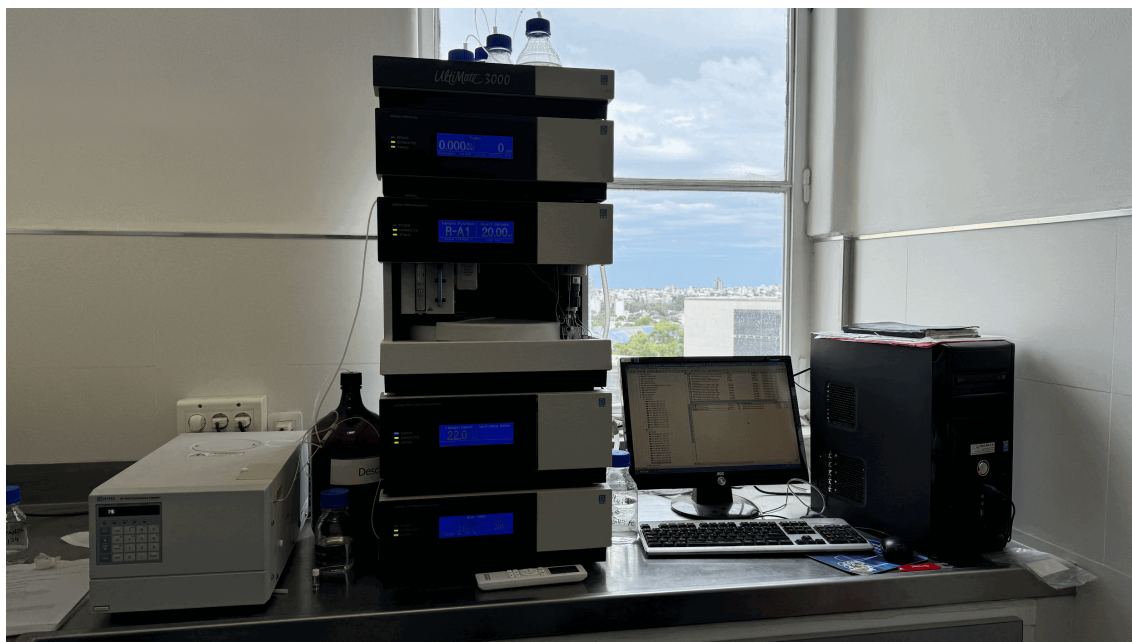
A. Equipo de laboratorio de la marca SOTAX, que se utiliza para realizar pruebas de disolución de medicamentos.



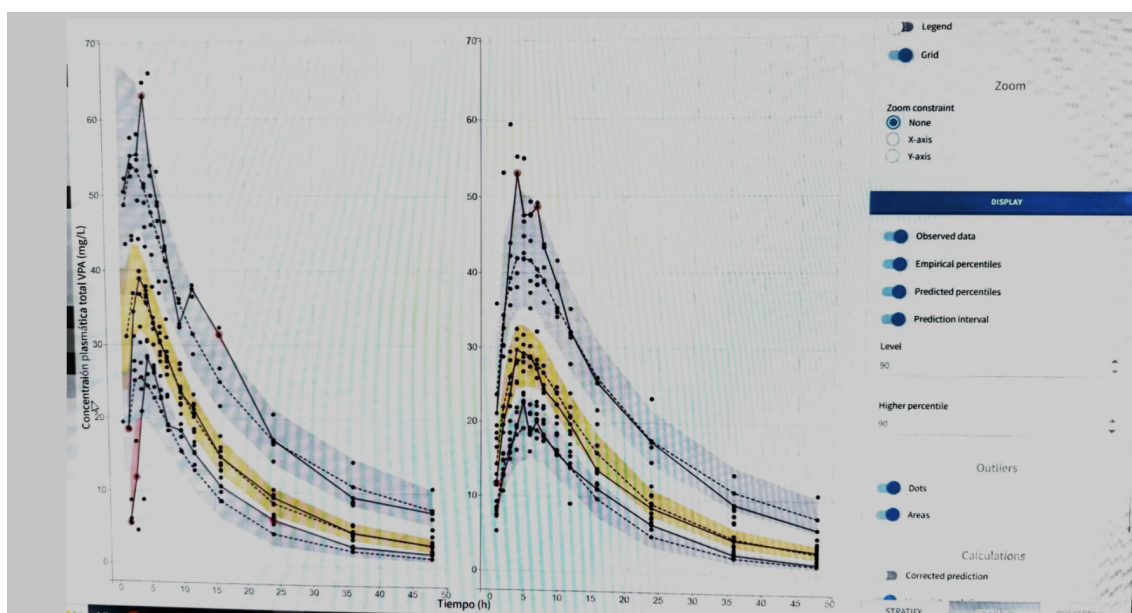
B. Equipo Distek 2100B. Sistema de prueba de disolución con 7 posiciones de recipiente incorporadas con regulación de velocidad de agitación entre 25-250 rpm.



C. Equipo de HPLC (high performance liquid chromatography). Equipo utilizado para el análisis de las muestras y detección de los principios activos en estudio.



D. Ejemplo de aplicación clínica de la curva de farmacodinamia de un fármaco antiepiléptico.



E. Equipo **ARCHITECT** para análisis clínico utilizado en laboratorios para realizar pruebas automatizadas de química clínica

