



Título del trabajo de grado:

**TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN PROGRAMAS DE SALUD PÚBLICA BASADA EN
LA ADOPCIÓN DE TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y LA MEDICIÓN
DEL DESEMPEÑO INNOVADOR**

Juan José Victoria Escarria

Tesis doctoral presentada para optar al título de Doctor en Gestión de la Tecnología y la
Innovación

Directora

Ana Isabel Oviedo Carrascal, Doctor (PhD) en Ingeniería Electrónica

Universidad Pontificia Bolivariana

Escuela de Ingenierías

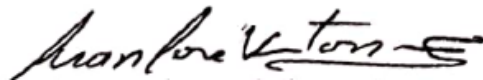
Doctorado en Gestión de la Tecnología y la Innovación

Medellín, Antioquia, Colombia

2023

JUAN JOSÉ VICTORIA ESCARRIA

“Declaro que este trabajo de grado no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o cualquier otra universidad” Art 92, parágrafo, Régimen Estudiantil de Formación Avanzada”.



JUAN JOSÉ VICTORIA ESCARRIA

FIRMA

DEDICATORIA

Primeramente, agradezco a Dios padre, Jesucristo hijo y al Espíritu Santo, a la virgen María, a la virgen de Guadalupe y a San Miguel Arcángel por todo lo brindado en esta vida y la oportunidad de permitirme avanzar solo con su voluntad.

A mi padre Eugenio Victoria Umaña (Q.E.P.D.), quien fue mi guía y el motivo para salir adelante en este mundo, a mi madre Luz Marina Escarria de Victoria quien me apoya siempre en mis decisiones de vida, a mi hermano German Andrés Victoria Escarria y a mi hermana Viviana María Victoria Escarria, y a Pinky, quienes siempre están presentes. A mi Tía Nora Victoria y Roberto Gómez (Q.E.P.D.), quienes me dieron la oportunidad de avanzar y lograr mis primeras metas de vida.

A toda mi familia, mi pareja, amigos y compañeros de trabajo, quienes creyeron en este proceso y que han estado presentes en los pasos que he dado para lograr el objetivo, solo gratitud por todos los momentos vividos durante el proceso.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Ana Isabel Oviedo, mi directora de tesis, gracias por la paciencia, la capacidad de orientación, y por haberme devuelto las ganas de confiar y finalizar este proceso, su apoyo se lo agradeceré por siempre.

A mi comité tutorial, la Dra. Lucelly López y al Dr. Juan Camilo Galvis, gracias por la colaboración, y la valiosa orientación para culminar este proceso.

A la Dra. Diana Patricia Giraldo y al Dr. Luciano Gallón Londoño, coordinadores del doctorado en GTI, por su excepcional y enriquecedor apoyo en el proceso de formación y orientación para el complemento académico e investigativo de mi formación doctoral.

A todos los docentes y administrativos del doctorado en GTI de la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín, por su calidad humana y siempre diligentes durante el proceso de formación y finalización del doctorado.

Al Programa Nacional de Control de Tuberculosis de Paraguay, a los programas de salud pública de las secretarías de salud departamental de Risaralda y Valle del Cauca, a los municipios de Pereira, Cali y San José de Cúcuta, por haber aceptado la participación en el estudio.

A todas las personas que hicieron parte de este arduo proceso y lograr este gran sueño, que Dios los bendiga hoy y siempre.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| RESUMEN | 17 |
| ABSTRACT | 18 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 19 |
| 2. FORMULACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 22 |
| 2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 22 |
| 2.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN | 23 |
| 2.3 HIPÓTESIS | 23 |
| 2.4 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN | 23 |
| 2.4.1 Objetivo General | 23 |
| 2.4.2 Objetivos Específicos | 23 |
| 3. ESTADO DEL ARTE | 25 |
| 3.1 MARCO TEÓRICO | 25 |
| 3.1.1 Salud Pública..... | 25 |
| 3.1.2 Transformación Digital | 27 |
| 3.1.3 Inteligencia Artificial | 28 |
| 3.1.4 Adopción de Tecnología | 29 |
| 3.1.5 Desempeño Innovador | 30 |
| 3.2 REVISIÓN LITERARIA | 31 |
| 3.2.1 Investigaciones relacionadas con transformación digital..... | 31 |
| 3.2.2 Investigaciones relacionadas con inteligencia artificial en salud pública | 33 |
| 3.2.3 Investigaciones relacionadas con adopción de tecnologías de la información | 37 |
| 3.2.4 Investigaciones relacionadas con métricas de desempeño innovador..... | 41 |
| 3.3 DISCUSIÓN DEL ESTADO DE ARTE..... | 47 |

| | |
|--|----|
| 4. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION..... | 54 |
| 4.1 CLASIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... | 54 |
| 4.2 DESCRIPCIÓN DE FUENTES DE DATOS | 54 |
| 4.3 MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE DATOS..... | 55 |
| 4.4 MÉTODOS DE MANEJO DE DATOS..... | 56 |
| 4.5 MÉTODOS DE COMUNICACIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .. | 58 |
| 5. RESULTADOS: METODOLOGÍA IADI PARA EL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN PROGRAMAS DE SALUD PÚBLICA | 60 |
| 5.1 FASE 1: DIAGNÓSTICO DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL | 68 |
| 5.2 FASE 2: MÉTODO PARA LA ADOPCIÓN DE TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN PROGRAMAS DE SALUD PÚBLICA..... | 70 |
| 5.2.1 P1: Identificar el conocimiento y los beneficios | 73 |
| 5.2.2 P2: Aptitudes para asimilar o aprender la IA | 73 |
| 5.2.3 P3: Bases de datos y los algoritmos de la IA a ser aplicados..... | 74 |
| 5.2.4 P4: Identificar el uso de la tecnología de IA | 74 |
| 5.2.5 P5: Aplicación de algoritmos de IA de salud pública | 74 |
| 5.2.5.1 Aprendizaje de máquinas | 77 |
| 5.2.5.2 Procesamiento de lenguaje natural..... | 81 |
| 5.2.5.3 Visión artificial..... | 83 |
| 5.2.5.4 Robótica | 85 |
| 5.2.6 P6: Análisis e interpretación de resultados | 85 |
| 5.2.7 P7: Análisis de la percepción, expectativas, beneficios percibidos | 86 |
| 5.2.8 P8: Aporte a la toma de decisiones para el cumplimiento de metas | 86 |
| 5.2.9 P9: Introducción al método para la medición del Desempeño Innovador (DI) teniendo en cuenta las variables y parámetros propuestos..... | 86 |
| 5.3 FASE 3: MÉTODO PARA LA MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO INNOVADOR EN UN PROGRAMA DE SALUD PÚBLICA..... | 87 |

| | |
|--|-----|
| 5.3.1 P1: Definir variables a incluir en las métricas de DI | 88 |
| 5.3.2 P2: Definición de parámetros para el DI en salud pública..... | 89 |
| 5.3.3 P3: Aplicar instrumento a expertos para validar los pesos de ponderación de variables 89 | |
| 5.3.4 P4: Evaluar la inclusión de otras variables para el DI | 92 |
| 5.3.5 P5: Aplicación de resultados de la fase 1 y la fase 2 a los ponderadores del DI | 92 |
| 5.3.6 P6: Tabla de resultados con los ponderadores de los resultados del instrumento..... | 93 |
| 5.3.7 P7: Generación de resultados y clasificación del DI..... | 93 |
| 5.3.8 P8: Clasificación del DI | 93 |
| 5.3.9 P9: Discusión de resultados con expertos | 94 |
| 5.4 FASE 4: APORTE A METAS DE INDICADORES EN SALUD PÚBLICA | 94 |
| 6. CASOS DE ESTUDIO EN LOS PROGRAMAS DE SALUD PÚBLICA DE TUBERCULOSIS | 95 |
| 6.1 CASO DE ESTUDIO EN EL PROGRAMA DE TUBERCULOSIS DEL MUNICIPIO DE PEREIRA | 106 |
| 6.1.1 Fase 1: Diagnóstico de la transformación digital en el municipio de Pereira..... | 106 |
| 6.1.2 Fase 2: Resultado del método de adopción de la inteligencia artificial en el programa de salud pública de tuberculosis de Pereira..... | 107 |
| 6.1.3 Fase 3: Resultados del método del desempeño innovador en el programa de salud pública de tuberculosis del municipio de Pereira..... | 109 |
| 6.1.4 Fase 4: Resultados del aporte en las metas de los indicadores del programa de salud pública y la aplicación de la metodología IADI en el municipio de Pereira..... | 110 |
| 6.2 CASO DE ESTUDIO EN EL PROGRAMA DE TUBERCULOSIS DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA | 112 |
| 6.2.1 Fase 1: Diagnóstico de la transformación digital en el programa de tuberculosis municipal de San José de Cúcuta | 112 |
| 6.2.2 Fase 2: Resultado del método de adopción de la inteligencia artificial en el programa de salud pública de tuberculosis de San José de Cúcuta..... | 114 |
| 6.2.3 Fase 3: Resultados del método del desempeño innovador en el programa de salud pública de tuberculosis del municipio de San José de Cúcuta | 116 |

| | |
|--|------------|
| 6.2.4 Fase 4: Resultados del aporte en las metas de los indicadores del programa de salud pública y la aplicación de la metodología IADI en el municipio de San José de Cúcuta. | 116 |
| 6.3 CASO DE ESTUDIO EN EL PROGRAMA DE TUBERCULOSIS DEL MUNICIPIO DE CALI..... | 118 |
| 6.3.1 Fase 1: Diagnóstico de la transformación digital en el programa de tuberculosis municipal de Cali | 118 |
| 6.3.2 Fase 2: Resultado del método de adopción de la inteligencia artificial en el programa de salud pública de tuberculosis de Cali | 120 |
| 6.3.3 Fase 3: Resultados del método del desempeño innovador en el programa de salud pública de tuberculosis del municipio de Cali | 122 |
| 6.3.4 Fase 4: Resultados del aporte en las metas de los indicadores del programa de salud pública y la aplicación de la metodología IADI en el municipio de Cali | 122 |
| 6.4 CASO DE ESTUDIO EN EL PROGRAMA DE TUBERCULOSIS DEL DEPARTAMENTO DE RISARALDA | 124 |
| 6.4.1 Fase 1: Diagnóstico de la transformación digital en el Departamento de Risaralda | 124 |
| 6.4.2 Fase 2: Resultado del método de adopción de la inteligencia artificial en el programa de salud pública de tuberculosis de Risaralda..... | 125 |
| 6.4.3 Fase 3: Resultados del método del desempeño innovador en el programa de salud pública de tuberculosis del departamento de Risaralda | 128 |
| 6.4.4 Fase 4: Resultados del aporte en las metas de los indicadores del programa de salud pública y la aplicación de la metodología IADI en el departamento de Risaralda | 128 |
| 6.5 CASO DE ESTUDIO EN EL PROGRAMA DE TUBERCULOSIS DEL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA..... | 130 |
| 6.5.1 Fase 1: Diagnóstico de la transformación digital en el programa de tuberculosis del departamento del Valle del Cauca..... | 130 |
| 6.5.2 Fase 2: Resultado del método de adopción de la inteligencia artificial en el programa de salud pública de tuberculosis del Valle del Cauca | 131 |
| 6.5.3 Fase 3: Resultados del método del desempeño innovador en el programa de salud pública de tuberculosis del departamento del Valle del Cauca. | 133 |
| 6.5.4 Fase 4: Resultados del aporte en las metas de los indicadores del programa de salud pública y la aplicación de la metodología IADI en el departamento el Valle del Cauca.. | 134 |

| | |
|---|-----|
| 6.6 CASO DE ESTUDIO EN EL PROGRAMA NACIONAL/INTERNACIONAL DE TUBERCULOSIS DE PARAGUAY..... | 136 |
| 6.6.1 Fase 1: Diagnóstico de la transformación digital en el programa Nacional/Internacional de tuberculosis de Paraguay | 136 |
| 6.6.2 Fase 2: Resultado del método de adopción de la inteligencia artificial en el programa nacional de control de tuberculosis (PNCT) de Paraguay | 138 |
| 6.6.3 Fase 3: Resultados del método del desempeño innovador en el PNCT de Paraguay | 140 |
| 6.6.4 Fase 4: Resultados del aporte en las metas de los indicadores del programa de salud pública y la aplicación de la metodología IADI en el PNCT de Paraguay | 141 |
| 7. ANALISIS DE RESULTADOS | 143 |
| 7.1 ANÁLISIS DEL DIAGNÓSTICO DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN SEIS PROGRAMAS DE SALUD PÚBLICA DE TUBERCULOSIS EN EL AÑO 2023 | 144 |
| 7.2. ANÁLISIS DE RESULTADO DEL MÉTODO DE ADOPCIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL | 158 |
| 7.3 ANÁLISIS DEL RESULTADO DEL MÉTODO DEL DESEMPEÑO INNOVADOR | 168 |
| 7.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL APORTE EN LAS METAS DE LOS INDICADORES DEL PROGRAMA DE SALUD PÚBLICA Y LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA IADI | 172 |
| 8. DISCUSIÓN..... | 175 |
| 9. CONCLUSIONES, TRABAJOS FUTUROS Y PRODUCTOS GENERADOS | 180 |
| 9.1 CONCLUSIONES..... | 180 |
| 9.2 TRABAJOS FUTUROS..... | 184 |
| 9.3 PRODUCTOS GENERADOS | 185 |
| 10. BIBLIOGRAFÍA..... | 186 |
| 11. ANEXOS..... | 198 |

Índice de tablas

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Análisis de investigaciones de transformación digital. | 47 |
| Tabla 2. Análisis de investigaciones de inteligencia artificial en salud pública..... | 48 |
| Tabla 3. Análisis de investigaciones en desempeño innovador. | 49 |
| Tabla 4. Análisis de investigaciones en adopción de tecnología..... | 50 |
| Tabla 5. Tabla resumen de la metodología..... | 58 |
| Tabla 6. Resumen del soporte bibliográfico utilizado para la construcción de los instrumentos | 67 |
| Tabla 7. Variables incluidas en las métricas de desempeño innovador y soporte de la revisión de literatura..... | 88 |
| Tabla 8. Variables que aportan al desempeño innovador, según el nivel de avance de la transformación digital..... | 89 |
| Tabla 9. Variables que aportan al desempeño innovador, según el nivel de avance de la adopción de la inteligencia artificial..... | 89 |
| Tabla 10. Clasificación del desempeño innovador..... | 94 |
| Tabla 11. Los tres indicadores mundiales de alto nivel de la estrategia fin a la TB y las metas e hitos correspondientes | 96 |
| Tabla 12. Participantes de los seis casos de estudio realizados a los programas de salud pública de tuberculosis | 97 |
| Tabla 13. Resultados del coeficiente de silhoutte del algoritmo de K-means..... | 102 |
| Tabla 14. Nivel de avance de la inteligencia artificial, la transformación digital y el desempeño innovador en seis programas de salud pública de tuberculosis. | 171 |

Lista de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Esquema de propuesta de tesis doctoral..... | 21 |
| Figura 2. Modelo de Aceptación de Tecnología (TAM)..... | 37 |
| Figura 3. TAM2 - Extensión del modelo de aceptación de la tecnología (TAM1)..... | 38 |
| Figura 4. TAM3 - Extensión del modelo de aceptación de la tecnología (TAM2)..... | 38 |
| Figura 5. Modelo de teoría unificada de aceptación y uso de tecnología (UTAUT) | 39 |
| Figura 6. Modelo de utilización de las tecnologías de la información (UIT)..... | 39 |
| Figura 7. Modelo TOE (Technology-Organization-Environment) | 40 |
| Figura 8. Modelo de adopción de la tecnología de la información | 41 |
| Figura 9. Modelo de desempeño innovador a partir del conocimiento | 44 |
| Figura 10. Variables para tener en cuenta en el trabajo de tesis doctoral..... | 52 |
| Figura 11. Transformación digital actual (OMS, 2021) | 60 |
| Figura 12. Propuesta de procesos de Transformación Digital..... | 62 |
| Figura 13. Metodología IADI propuesta | 63 |
| Figura 14. Flujograma para la aplicación de la metodología IADI para salud pública..... | 65 |
| Figura 15. Instrumento para la caracterización de la Transformación Digital en programas de salud pública..... | 69 |
| Figura 16. Método para la adopción de técnicas de inteligencia artificial en programas de salud pública. | 71 |
| Figura 17. Primera parte del instrumento del método de adopción de técnicas de inteligencia artificial..... | 72 |
| Figura 18. Demostración con algoritmos de inteligencia artificial | 75 |
| Figura 19. Metodología CRISP-DM | 76 |
| Figura 20. Método para la medición del DI en programas de salud pública..... | 87 |
| Figura 21. Instrumento para la definición de parámetros de las variables para el cálculo del desempeño innovador | 90 |
| Figura 22. Ponderación de variables incluidas en la medición del DI | 91 |

| | |
|--|-----|
| Figura 23. Ponderación de los procesos de transformación digital para la medición del desempeño innovador en la variable de transformación digital | 91 |
| Figura 24. Cálculo del desempeño innovador en salud pública | 92 |
| Figura 25. Principales causas de defunción en los países de ingresos bajos | 95 |
| Figura 26. Pilares propuestos por la OMS en tuberculosis la investigación y la innovación intensificada..... | 96 |
| Figura 27. Herramienta Knime: Algoritmo de Random Forest para la predicción del egreso de los pacientes con tuberculosis en el departamento de Risaralda | 98 |
| Figura 28. Predicción del egreso de los pacientes con tuberculosis registrados en el departamento de Risaralda en los años 2015 – 2021 | 99 |
| Figura 29. Análisis generado a partir de los datos del programa de salud pública | 99 |
| Figura 30. Herramienta Knime: Algoritmo de Decisión Tree para la construcción de cohortes de pacientes con tuberculosis del departamento de Risaralda..... | 100 |
| Figura 31. Resultado de la aplicación del algoritmo de Decisión Tree para la construcción de cohortes de pacientes con tuberculosis del departamento de Risaralda. | 100 |
| Figura 32. Algoritmo de K-means para la predicción del egreso de los pacientes con tuberculosis en el departamento de Risaralda..... | 102 |
| Figura 33. Resultado de la cohorte de los casos de tuberculosis por cada uno de los clúster generados por el algoritmo K-means en el departamento de Risaralda | 102 |
| Figura 34. Centroides resultantes de la aplicación del algoritmo k-means a la información del programa de tuberculosis del departamento de Risaralda | 104 |
| Figura 35. Análisis gráfico a través de un Scatter Matrix para identificar patrones y clasificadores por variables y la condición de egreso, Departamento de Risaralda. | 104 |
| Figura 36. Predicción de los casos de tuberculosis del departamento de Risaralda con Arima de power BI..... | 105 |
| Figura 37. Análisis de la transformación digital por cada uno de sus componentes en el programa de salud pública de tuberculosis de Pereira..... | 106 |
| Figura 38. Análisis de la transformación digital por cada uno de sus componentes en el programa de salud pública de tuberculosis de San José de Cúcuta | 112 |
| Figura 39. Análisis de la transformación digital por cada uno de sus componentes en el programa de salud pública de tuberculosis de Cali | 119 |

| | |
|--|-----|
| Figura 40. Análisis de la transformación digital por cada uno de sus componentes en el programa de salud pública de tuberculosis de Risaralda..... | 125 |
| Figura 41. Análisis de la transformación digital por cada uno de sus componentes en el programa de salud pública de tuberculosis de la secretaria de salud departamental del Valle del Cauca | 130 |
| Figura 42. Análisis de la transformación digital por cada uno de sus componentes en el programa de salud pública de tuberculosis de Paraguay | 136 |
| Figura 43. Principales barreras y desafíos para lograr la transformación digital en programas de salud pública de tuberculosis en los próximos 3 años | 144 |
| Figura 44. Avance de la transformación digital en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados..... | 145 |
| Figura 45. Análisis de la gobernanza en los procesos de transformación digital en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados..... | 146 |
| Figura 46. Infraestructura tecnológica en los programas de salud pública encuestados | 146 |
| Figura 47. Desarrollo tecnológico en los programas de salud pública de tuberculosis..... | 147 |
| Figura 48. Resultado de los procesos de Interoperabilidad tecnológica en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados | 148 |
| Figura 49. Resultado de los procesos de estándares en los programas de salud pública encuestados..... | 149 |
| Figura 50. Resultado de los procesos de datos centralizados, confiables y de buena calidad en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados | 149 |
| Figura 51. Resultado de los procesos estandarizados de recopilación de datos en los programas de salud pública encuestados..... | 150 |
| Figura 52. Resultado de los procesos estandarizados de recopilación de datos en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados..... | 150 |
| Figura 53. Resultado de los procesos de divulgación de información en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados | 151 |
| Figura 54. Resultado de los procesos de análisis de información en los programas de salud pública encuestados | 152 |
| Figura 55. Resultado de los procesos de promoción de la investigación en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados | 152 |

| | |
|---|-----|
| Figura 56. Resultado de los procesos de análisis avanzado de información en los programas de salud pública encuestados..... | 153 |
| Figura 57. Análisis de la disponibilidad del recurso humano para la adopción de la inteligencia artificial en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados..... | 153 |
| Figura 58. Análisis del recurso humano con habilidades tecnológicas para impulsar la innovación | 154 |
| Figura 59. Análisis del desempeño innovador, los indicadores y las metas de salud pública en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados | 156 |
| Figura 60. Nivel de avance de la transformación digital en los programas de salud pública de tuberculosis que fueron encuestados. | 157 |
| Figura 61. Resultado del análisis de las aptitudes para asimilar o aprender la inteligencia artificial en los programas encuestados. | 160 |
| Figura 62. Intención de uso de la inteligencia artificial en los programas de salud pública encuestados..... | 161 |
| Figura 63. Intención de uso de la inteligencia artificial en los programas de salud pública encuestados..... | 161 |
| Figura 64. Percepción de la aplicación de la inteligencia artificial en el programa de salud pública de tuberculosis | 162 |
| Figura 65. Percepción de los logros de la aplicación de la inteligencia artificial en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados..... | 163 |
| Figura 66. Percepción de los logros de la aplicación de la inteligencia artificial en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados..... | 164 |
| Figura 67. Barreras que afectarían la aplicación de la inteligencia artificial en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados | 165 |
| Figura 68. Aporte de la aplicación de la inteligencia artificial a los programas de salud pública | 166 |
| Figura 69. Nivel de avance, apropiación e implementación de los algoritmos de inteligencia artificial en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados..... | 167 |
| Figura 70. Análisis de los resultados del desempeño innovador en los programas de salud pública de tuberculosis | 168 |
| Figura 71. Análisis de componentes principales para el desempeño innovador de los programas de salud pública de tuberculosis encuestados..... | 170 |

Figura 72. Análisis del aporte de la metodología IADI al cumplimiento de las metas de los indicadores de salud pública..... 172

Figura 73. Análisis de cómo podría influir la adopción de la Inteligencia artificial en las metas de los programas de salud pública..... 173

Figura 74. Análisis la adopción de la Inteligencia artificial en programas de salud pública influye en el desempeño innovador del sector salud 173

Figura 75. Análisis de cómo podría influir el desempeño innovador en las metas de los indicadores de los programas de salud pública a partir de la adopción de la inteligencia artificial 174

Figura 76. Análisis de la experiencia de la aplicación de la metodología IADI en el programa de salud pública de tuberculosis 174

Índice de acrónimos

| | |
|---------------|---|
| API | Interfaces de programación de aplicaciones |
| ASIS | Análisis de Situación de Salud |
| BI | Business inteligente / Inteligencia de negocios |
| BID | Banco Interamericano de Desarrollo |
| BPD | Bancos Públicos de Desarrollo |
| CAO | Capacidades de Aprendizaje Organizacional |
| IA | Inteligencia Artificial |
| I+D | Investigación y Desarrollo Experimental |
| OCDE | Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico |
| OMS | Organización Mundial de la Salud |
| PIB | Precio interno Bruto |
| OPS | Organización Panamericana de la Salud |
| ODM | Objetivos de Desarrollo del Milenio |
| ODS | Objetivos de Desarrollo Sostenible |
| PDSP | Plan Decenal de Salud Pública |
| SISPRO | Sistema Integral de Información de la Protección Social |
| TAM | Modelo de aceptación de tecnología |
| TB | Tuberculosis |
| TI | Tecnologías de la información |
| TOE | Technology Organization Environment |
| UIT | Utilización de las Tecnologías de la Información |
| UNFPA | Fondo de Población de las Naciones Unidas |
| UTAUT | Teoría unificada de la aceptación y el uso de la tecnología |
| VIH | Virus de inmunodeficiencia Humana |

RESUMEN

La transformación digital aporta en la toma de decisiones y genera un impacto positivo en los procesos de las organizaciones; sus principales estrategias se relacionan con infraestructura e interoperabilidad tecnológica, gestión y gobernanza, recurso humano, procesos estandarizados de manipulación y análisis de información, datos centralizados y confiables y promoción de la investigación.

Se ha tenido un avance importante en la transformación digital del sector salud, sin embargo, existen desafíos en el desarrollo de la salud digital con el Big Data, la inteligencia artificial, el aprendizaje automático, el procesamiento del lenguaje natural y la evaluación del impacto de estas tecnologías en los procesos en salud. Adicionalmente, para evaluar el desempeño innovador en diferentes sectores se han utilizado métricas centradas principalmente en el número de patentes, nuevos productos, nuevos procesos de fabricación, ventas de nuevos productos, gastos de innovación y eficacia o eficiencia. Sin embargo, estas métricas no son suficientes para el sector salud, puesto que existen diferentes factores, procesos, organizaciones, fuentes de información, indicadores y estrategias que se deben de tener en cuenta para la medición.

Con el objetivo de aportar a la transformación digital en salud pública, se desarrolló una metodología llamada IADI, basada en la adopción de la inteligencia artificial y la medición del desempeño innovador, validada en seis casos de estudio relacionados con programas de salud pública de tuberculosis.

Los principales resultados permitieron identificar el avance de la transformación digital y la medición del desempeño innovador en los seis programas de salud pública, identificando los programas potencialmente innovadores, con intención de innovar e innovadores en sentido estricto.

Palabras clave: Transformación Digital, Inteligencia artificial, Salud Pública, Desempeño innovador, adopción de tecnología.

ABSTRACT

Digital transformation contributes to decision-making and generates a positive impact on organizational processes; Its main strategies are related to technological infrastructure and interoperability, management and governance, human resources, standardized information manipulation and analysis processes, centralized and reliable data, and research promotion.

There has been significant progress in the digital transformation of the health sector, however, there are challenges in the development of digital health with Big Data, artificial intelligence, machine learning, natural language processing and the evaluation of the impact of these technologies in health processes. Furthermore, metrics focused mainly on the number of patents, new products, new manufacturing processes, sales of new products, innovation expenses and effectiveness or efficiency have been used to evaluate innovative performance in different sectors. However, these metrics are not sufficient for the health sector, since there are different factors, processes, organizations, sources of information, indicators and strategies that must be considered for measurement.

With the aim of contributing to the digital transformation in public health, a methodology called IADI was developed, based on the adoption of artificial intelligence and the measurement of innovative performance, validated in six case studies related to tuberculosis public health programs.

The main results allowed us to identify the progress of digital transformation and the measurement of innovative performance in the six public health programs, identifying potential innovative programs, with the intention of innovating and innovative in the strict sense.

Keywords: Digital Transformation, Artificial Intelligence, Public Health, Innovative performance, technology adoption.

1. INTRODUCCIÓN

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2019a), la transformación digital es un proceso de explotación de tecnologías digitales con la capacidad de crear nuevas formas de hacer las cosas, generando nuevos modelos de desarrollo, procesos y la creación de productos y servicios que generan valor a las organizaciones a partir de los datos. Según (Gómez & Caicedo, 2012), tener reglas, procedimientos claros y estandarizados que permitan la captura, transmisión, procesamiento, salida de información oportuna y políticas de protección de datos, hacen parte de los procesos de la transformación digital. La alfabetización digital en el sector salud es un factor importante para tener en cuenta con el fin de generar una apropiación y motivación hacia las nuevas tecnologías de la información.

Según PAHO/OPS (Pan American Health Organization, 2021), la transformación digital en el sector salud genera un impacto positivo en los procesos de las organizaciones del sector. Uno de los objetivos planteados por la OMS es incentivar la innovación por medio de la transformación digital, sus principales estrategias se relacionan con infraestructura e interoperabilidad tecnológica, gestión y gobernanza, recurso humano, procesos estandarizados de manipulación de la información, datos centralizados y confiables, promoción de la investigación teniendo en cuenta la legislación actual y la política de protección de datos. Según (Hesse, 2020), la transformación digital contribuye a la toma de decisiones y genera un impacto positivo en los procesos de las organizaciones. Disponer de información confiable de diferentes fuentes de los datos en el sector salud refleja la realidad de la situación y sus determinantes sociales, lo que permite identificar los problemas, planificar, seguir y evaluar estratégicamente y operativamente la gestión en salud (A. Flahault & Bar-Hen, 2016).

El avance de la transformación digital en Colombia ha sido lento en comparación con otros países, como se evidencia en la pérdida de posiciones en indicadores internacionales como el índice de desarrollo de gobierno electrónico (del puesto 31 en 2010 al 61 en 2018) y el Índice de Competitividad Digital (del puesto 49 en 2014 al 58 en 2019) (Ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones de Colombia, 2019). Se calcula que los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) invirtieron en promedio 8.8% del PIB en servicios de salud en 2018, cifra que no varía desde el 2013. Países como Estados Unidos y Suiza tienen el gasto en salud por encima del 12%, seguido de países como Alemania,

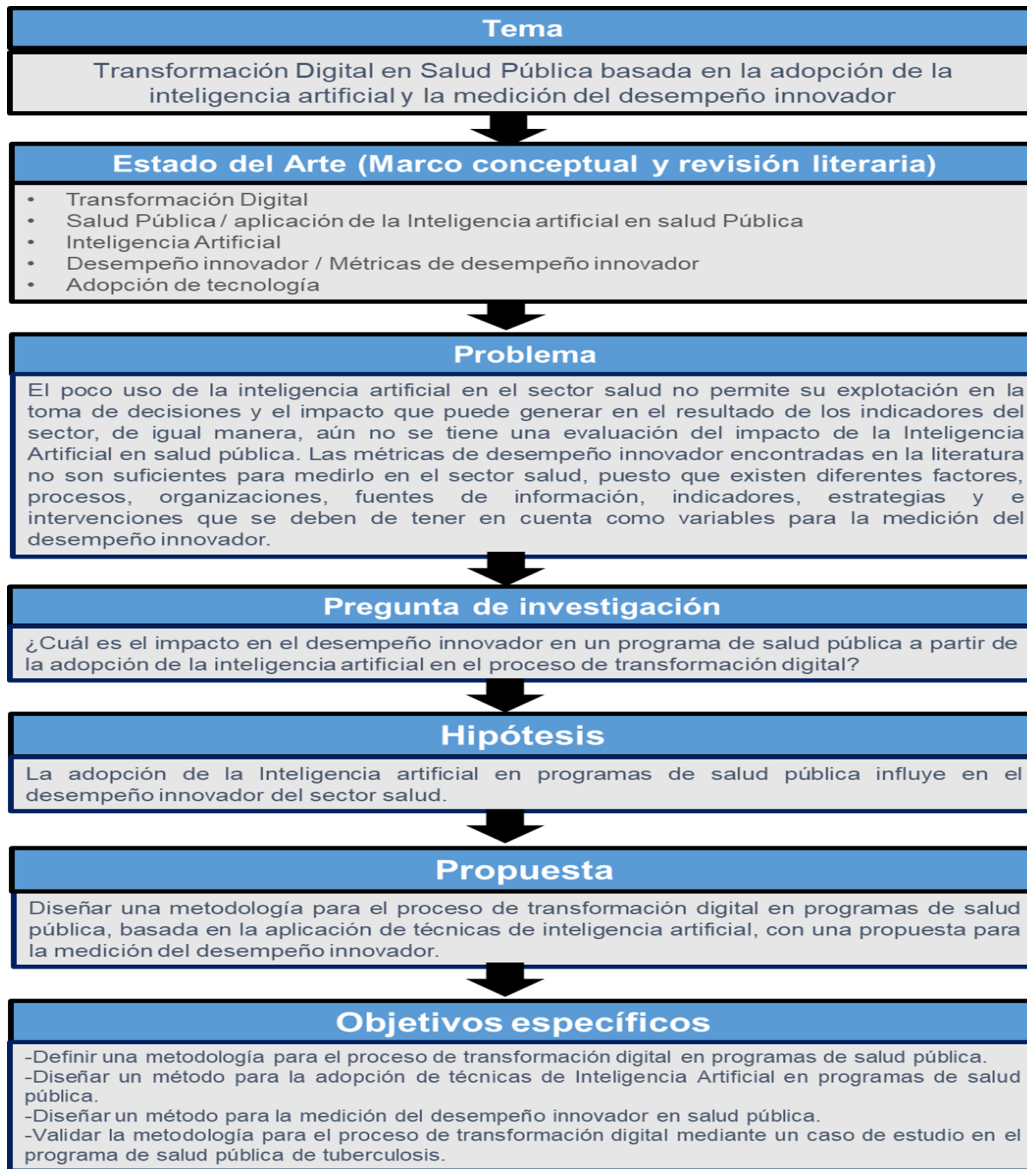
Francia, Suecia y Japón, que gastan cerca del 11% del PIB en salud. En el siguiente grupo se encuentran países como Australia, Nueva Zelanda, Chile y Corea, con un gasto en salud entre un 8% y 10%. Muchos países de Europa Central y del Este, así como países socios de la OCDE como Colombia, destinaron entre el 6% y el 8% del PIB a la salud. México, Letonia, Luxemburgo, entre otros gastaron menos del 6% de su PIB (OCDE, 2019b).

El futuro de la transformación digital en el sector salud se debe centrar en el fortalecimiento institucional en todos los niveles del flujo de la información, mediante la gestión de los procesos y herramientas que permitan integrar diferentes fuentes de información, gestionar el uso de técnicas avanzadas para el análisis de los datos con el fin de generar información relevante que aporte en la toma de decisiones oportunas y mejoren el cumplimiento de las metas estratégicas del sector (Pan American Health Organization, 2021).

En cuanto al desempeño innovador, el manual de Oslo del año 2018 define un marco para la medición de la innovación, a partir de un sector de interés, un área geográfica para la recopilación de los datos, fenómenos relevantes de interés para la comprensión de la innovación y estrategias de medición. A nivel de una sociedad, el impacto final de la innovación es la satisfacción de necesidades actuales y futuras a nivel individual o colectivo, para una empresa el resultado es la participación del mercado, en las ventas o las ganancias (OECD/Eurostat, 2018).

En la figura 1 se resume el contenido de la propuesta doctoral y las áreas en las cuales se aborda la temática propuesta, partiendo del tema de transformación digital en salud pública basada en la adopción de técnicas de inteligencia artificial y la medición del desempeño innovador, se realiza un estado del arte y se define el problema y las preguntas de investigación, lo que permite definir la hipótesis, la propuesta doctoral de diseñar una metodología para el proceso de transformación digital en programas de salud pública, basada en la adopción de técnicas de inteligencia artificial y la medición del desempeño innovador, seguida de los objetivos específicos.

Figura 1. Esquema de propuesta de tesis doctoral.



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta el desarrollo de la tesis de doctorado con la siguiente estructura. En el capítulo 2 se presenta la formulación del proyecto, en el capítulo 3 se presenta el estado del arte, en el capítulo 4 la metodología de la investigación, en el capítulo 5 se presentan los resultados con la propuesta de la metodología IADI, en el capítulo 6 se presentan casos de estudio para validar a metodología propuesta, en el capítulo 7 se presenta el análisis de resultados de los casos de estudio, en el capítulo 8 la discusión y se finaliza el capítulo 9 con conclusiones y trabajos futuros.

2. FORMULACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Según la OMS (OMS, 2019), la transformación digital en el sector salud ha avanzado de manera incipiente para generar intervenciones estratégicas con la información del sector, que conlleven a cumplir las metas de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Los procesos de transformación digital encontrados en el estado del arte se centran en:

- Infraestructura e interoperabilidad tecnológica.
- Gestión y gobernanza.
- Recurso humano con habilidades en herramientas tecnológicas.
- Procesos estandarizados de recopilación, sistematización y divulgación de información.
- Datos centralizados y confiables.
- Identificación de problemas, planificar, seguir, evaluar estratégica y operativamente la gestión.
- Promover la investigación teniendo en cuenta la política de protección de datos (OMS, 2021).

La aplicación de la inteligencia artificial en el sector salud es incipiente, teniendo en cuenta la disponibilidad y los avances tecnológicos para el análisis de los datos (Haneef et al., 2020), el poco uso de estas tecnologías en el sector salud no permite su explotación en la toma de decisiones y el impacto que puede generar en el resultado de los indicadores del sector. Según (Bhavnani et al., 2017) aún no se tiene una evaluación del impacto de la Inteligencia Artificial en salud pública, por lo tanto, se propone una metodología basada en la adopción de estas técnicas con el fin de facilitar la apropiación y uso de estas tecnologías en el sector salud.

En la revisión literaria se pueden encontrar metodologías para medir el desempeño innovador en diferentes áreas como lo refieren los siguientes autores, (Prajogo & Ahmed, 2006), (Molina-Morales et al., 2011), (Sexton et al., 2018), (Sexton et al., 2018), (Urgal et al., 2011), (Löf, 2002), (Birchall & Tovstiga, 2006), (Lafuente et al., 2019), (Souitaris, 2002), (Enrique et al., 2014), (Ahuja & Katila, 2001), (Hagedoorn & Cloudt, 2003), en el sector empresarial, el

comercial, el financiero, el productivo, entre otros. Estas metodologías existentes se caracterizan por medir el número de patentes, nuevos productos ingresados en el mercado, nuevos procesos de fabricación, ventas de nuevos productos, gastos de innovación, eficacia o eficiencia y recurso humano como capital humano (Tomé et al., 2013). Sin embargo, para el sector salud estas métricas no son suficientes para medir adecuadamente el desempeño innovador, puesto que existen diferentes factores, procesos, organizaciones, fuentes de información, indicadores, estrategias que intervienen en el sector salud que se deben de tener en cuenta como variables para la medición del desempeño innovador.

Se propone diseñar una metodología para el proceso de la transformación digital en programas de salud pública mediante la adopción de técnicas de inteligencia artificial y un método que permita medir el desempeño innovador planteando métricas con las variables propias del sector.

2.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el impacto en el desempeño innovador en un programa de salud pública a partir de la adopción de la inteligencia artificial en el proceso de transformación digital?

2.3 HIPÓTESIS

La adopción de la Inteligencia artificial en programas de salud pública influye en el desempeño innovador del sector salud.

2.4 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

2.4.1 Objetivo General

Diseñar una metodología para el proceso de transformación digital en programas de salud pública en Colombia, basada en la adopción de técnicas de inteligencia artificial y la medición del desempeño innovador.

2.4.2 Objetivos Específicos

- Definir una metodología para el proceso de transformación digital en programas de salud pública en Colombia.
- Diseñar un método para la adopción de técnicas de Inteligencia Artificial en programas de salud pública mediante la aplicación de técnicas de aprendizaje de máquinas y procesamiento de lenguaje natural.

- Diseñar un método para la medición del desempeño innovador en un programa de salud pública.
- Validar la metodología para el proceso de transformación digital mediante un caso de estudio en el programa de salud pública de tuberculosis.

3. ESTADO DEL ARTE

El estado del arte se aborda con el objetivo de aportar en el problema sobre el avance incipiente de la transformación digital para generar intervenciones estratégicas, el poco uso de la inteligencia artificial para la toma de decisiones con la información del sector, la poca evidencia de la evaluación del impacto de la inteligencia artificial en salud pública y las métricas insuficientes para medir el desempeño innovador en el sector salud. A continuación, se presenta el estado del arte en transformación digital, inteligencia artificial, adopción de tecnología, salud pública, métricas de desempeño innovador. Estas áreas se relacionan en este trabajo para responder a la pregunta de investigación ¿Cuál es el impacto en el desempeño innovador en un programa de salud pública a partir de la adopción de la inteligencia artificial en el proceso de transformación digital?

3.1 MARCO TEÓRICO

En esta sección se describen los términos y autores que han abordado las diferentes temáticas en el proyecto de tesis doctoral. A continuación, se presenta un marco teórico de las áreas de salud pública, transformación digital, inteligencia artificial, desempeño innovador y adopción de tecnología.

3.1.1 Salud Pública

De acuerdo con la Ley 1122 de 2007 en Colombia, la salud pública busca garantizar de manera integral la salud de la población a través de acciones de forma individual y colectiva puesto que los resultados se convierten en indicadores de las condiciones de vida, bienestar y desarrollo, estas acciones son realizadas con diferentes sectores y la comunidad.

El Ministerio de salud y protección social definió el Plan Decenal de Salud Pública (PDSP) 2012-2021 como la carta de navegación que plantea una línea de trabajo para dar respuesta a los desafíos en salud pública con el fin de planear, ejecutar, seguir y evaluar las intervenciones en salud, de acuerdo a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), en el PDSP se definieron diez dimensiones prioritarias que representan aspectos fundamentales para el bienestar y la calidad de vida de las personas y sus comunidades; salud ambiental, vida saludable y condiciones no transmisibles, convivencia social y salud mental, seguridad

alimentaria y nutricional, sexualidad, derechos sexuales y reproductivos, vida saludable y enfermedades no transmisibles, salud pública en emergencias y desastres, salud y ámbito laboral, gestión diferencial de poblaciones vulnerables y fortalecimiento de la autoridad sanitaria para la gestión de la salud.

Cada una de estas dimensiones definió indicadores y metas estratégicas proyectadas a 10 años para ser intervenidas y cumplirlas a través del sistema de monitoreo y evaluación del plan decenal de salud pública y que se apoya en la toma de decisiones a partir de los resultados del análisis de situación de salud, y otras fuentes de información disponibles para aportar a la toma de decisiones en el sector salud.

El objetivo principal del componente de monitoreo y evaluación es realizar el seguimiento al cumplimiento de las metas propuestas en cada una de las dimensiones del PDSP. Para lograr este objetivo se requiere monitorear la gestión de los planes territoriales de salud a través de indicadores de seguimiento que proporcionen información y evidencia de los cambios en la situación de salud y los efectos en la prestación de los servicios, para orientar la formulación de los planes y programas de cada dimensión. (Ministerio de salud y protección social & UNFPA, 2016). En la actualidad se está realizando la revisión del nuevo plan decenal de salud pública 2022 al 2031, con el fin de generar nuevas metas de los indicadores a proponer por cada dimensión del plan.

Así mismo plantea estrategias de intervención colectiva e individual que involucra al sector salud y la articulación con otros sectores (Gómez & Caicedo, 2012). Uno de los componentes del plan decenal de salud pública es el análisis de situación de salud (ASIS) que hace una descripción global de las características demográficas de la población en el contexto de determinantes sociales de salud y el bienestar de la población, describe el perfil de morbilidad, discapacidad y mortalidad por las principales causas, identificando las razones por las cuales la población se enferma, fallece y la exposición a varios factores que condicionan el estado de salud (Ministerio de Salud y Protección Social. Análisis de Situación de Salud, Colombia, 2021).

El ASIS resume la situación de salud en Colombia con diferentes fuentes de información como son los registros individuales de prestación de servicios, el sistema de vigilancia en salud pública, la información del censo, los registros de estadísticas vitales, entre otras fuentes de información que son integradas en el SISPRO (Sistema Integral de Información de la Protección Social). Es importante mencionar que dentro del plan Estratégico de la OPS (Organización

Panamericana de la Salud, 2014-2019) se estableció la estrategia para el acceso universal a la salud y la cobertura universal de salud, incluyendo el fortalecimiento de los sistemas nacionales de información para monitorear y evaluar la estrategia a partir de la medición de los resultados en salud, así mismo, en (Morgenstern et al., 2021), se aborda el impacto de la inteligencia artificial en la práctica de salud pública, incluyendo temas de macro datos, mejora en las intervenciones, barreras de adopción de la inteligencia artificial, la capacidad limitada, la mala calidad de los datos y los riesgos en los sesgos.

3.1.2 Transformación Digital

La transformación digital según Morakanyane et al. (2017) es “un proceso evolutivo que aprovecha las capacidades digitales y tecnologías para permitir que los modelos de negocio, los procesos operativos y las experiencias del cliente creen valor”. La computación en la nube, las redes sociales, la inteligencia artificial, el internet de las cosas, el big data, el machine learning, la computación cuántica, la tecnología móvil, la web interactiva, las interfaces de programación de aplicaciones (API), entre otros desarrollos tecnológicos, aportan a la transformación digital en los diferentes sectores, ofrecen nuevas oportunidades y beneficios para abordar problemáticas específicas en las organizaciones (Fernández et al., 2020).

Según (Sapta et al., 2020), la transformación digital se define como una evolución empresarial que aprovecha las nuevas tecnologías, el capital humano y el capital social para generar ventaja competitiva, concluyendo que el factor tecnológico no tiene un efecto sobre la transformación digital, si no interviene el factor humano y la sinergia con todos los actores de la organización. De igual manera, se debe tener en cuenta la situación actual de las tecnologías de la información para mejorar la base digital, el contexto y las dificultades en su implementación.

En la conferencia “De la evolución de los sistemas de información para la Salud (IS4H) a la transformación digital del sector salud” de (OMS, 2021), se definieron las siguientes líneas estratégicas para orientar el futuro de la transformación digital en el sector salud: La gestión y gobernanza de los sistemas de información; el fortalecimiento institucional; formulación de políticas fundamentadas en los componentes de los sistemas de información con énfasis en la rectoría y el uso de las tecnologías de la información; la gestión y el procesamiento de los datos; la infraestructura para el acceso a internet; la formulación de normas y estándares para el desarrollo y adopción de aplicaciones informáticas; el desarrollo de capacidades y la

actualización de la legislación.

La línea estratégica de la gestión de los datos y tecnologías de la información lo componen los instrumentos tecnológicos y normativos, estándares para los registros electrónicos del sector salud, la infraestructura tecnológica, la clasificación e integración de fuentes de los datos estructuradas y no estructuradas, la línea estratégica de información y la gestión del conocimiento, la sociedad civil, los productores y usuarios de la información (OMS, 2021).

3.1.3 Inteligencia Artificial

La inteligencia artificial según (Kaplan & Haenlein, 2019), es definida como la capacidad de un sistema para interpretar datos externos, aprender de los datos y utilizar el aprendizaje para lograr metas y tareas específicas a través de la adaptación. El aprendizaje automático es una parte esencial de la inteligencia artificial puesto que permite percibir datos como lenguaje natural, procesamiento o reconocimiento de imágenes, o para manipular objetos basados en información aprendida. Según (Devia, 2019) define la inteligencia artificial como la simulación realizada por máquinas o sistemas informáticos de procesos o de actividades realizadas por la inteligencia humana.

La Inteligencia artificial se basa en el reconocimiento de patrones que permiten explicar la relación entre las variables a ser analizadas. Las aplicaciones se pueden dividir en diferentes etapas evolutivas: la inteligencia artificial estrecha, que se utiliza para tareas específicas como el reconocimiento facial en redes sociales, reconocimiento de voz y el desarrollo de coches autónomos; la inteligencia artificial general es capaz de razonar, planificar y resolver problemas de manera autónoma; y la súper inteligencia artificial, capaz de aplicarse a cualquier área y tener creatividad científica, habilidades sociales y sabiduría en general (Kaplan & Haenlein, 2019).

Según (Mayer-Schönberger, 2013), anteriormente la consecución de la información era escasa, costosa, difícil de conseguir y con la expectativa de obtener una buena calidad de la información para tomar decisiones asertivas, según (Grable & Lyons, 2018), hoy en día la consecución de la información es mucho más fácil de adquirir y con mayor detalle, el valor radica en la forma como se relacionan datos masivos para descubrir patrones antes no imaginados, entregando información más precisa sobre patrones, tendencias y asociaciones ocultas.

Para crear modelos de inteligencia artificial y aprendizaje automático se realizan una serie de pasos: 1) Recolectar los datos a partir de las diferentes fuentes de información; 2) Realizar

un preprocesamiento de los datos asegurando que todos tengan el formato adecuado para alimentar el algoritmo del aprendizaje; 3) Realizar un análisis de los datos para visualizar datos faltantes, valores atípicos o encontrar patrones que faciliten la construcción del modelo; 4) Realizar el entrenamiento del algoritmo de aprendizaje para realizar las predicciones; 5) evaluar el algoritmo a través de pruebas de la información y del conocimiento que se genera (Rojas, 2020).

Uno de los algoritmos es el machine learning o aprendizaje automático que aporta al descubrimiento de conocimiento para la toma de decisiones de manera automática (Philip Chen & Zhang, 2014). Las técnicas de aprendizaje automático se utilizan para predecir, clasificar o agrupar información (Mueller & Massaron, 2016). Las técnicas más utilizadas de aprendizaje automático son: k-means, redes bayesianas, máquina de soporte vectorial, redes neuronales, entre otras (Amato et al, 2018).

Entre los lenguajes de programación que trabajan estas herramientas se encuentra el lenguaje de programación R que es orientado al análisis estadístico y a la representación gráfica de los resultados obtenidos, según (Perkins, 2014), es un software libre multiplataforma, las características del lenguaje de programación R están relacionadas con la gran cantidad de herramientas estadísticas, algoritmos de clasificación y agrupación, integración con diferentes bases de datos, posibilita la creación de gráficos basados en LaTeX, es orientado a objetos, tiene un potencial en las funcionalidades relacionadas con la manipulación, visualización de gráficos y disponibilidad de algoritmos de aprendizaje automático.

En cuanto a la inteligencia de negocios o business inteligente (BI), según (Roldán et al., 2012), integran diferentes sistemas de información con el propósito de convertir datos en información y está en conocimiento, mejorando procesos y la toma de decisiones, Los sistemas de BI facilitan la gestión de conocimiento y el proceso de creación de conocimiento.

3.1.4 Adopción de Tecnología

Según (Rogers, 1962), define el proceso de adopción como un proceso individual que consiste en la aceptación y la decisión de usar o no una innovación por parte del individuo, este proceso se desarrolla en cinco etapas: el conocimiento, el individuo se expone a la Innovación; la persuasión, el individuo se forma una opinión sobre la innovación que puede ser favorable o desfavorable; decisión, el individuo rechaza o acepta (adopción) la tecnología, por lo general la

decisión de adoptar se hace basándose en un periodo de prueba; implementación, el individuo ya está utilizando la innovación, esta etapa termina cuando la innovación se convierte en una parte integral de la vida del adoptante o la innovación es rechazada ya que es percibida como algo inútil; confirmación, el individuo confirma o revoca la decisión tomada en la etapa anterior.

Según (Venkatesh et al., 2012), la adopción de tecnología es un proceso por el cual los potenciales usuarios de la tecnología aprenden a usarla y la adquieren como propia, incorporándola a sus procesos de trabajo tal y como se había previsto en su desarrollo, La adopción tecnológica tiene que ver con integrarla en los procesos diarios, en explotarla y en conseguir que la nueva tecnología menore la calidad de los resultados.

3.1.5 Desempeño Innovador

El manual de Oslo del año 2018 define un marco para la medición de la innovación, a partir de un sector de interés, un área geográfica para la recopilación de los datos, fenómenos relevantes de interés para la comprensión de la innovación y estrategias de medición. A nivel de una sociedad, el impacto final de la innovación es la satisfacción de necesidades actuales y futuras a nivel individual o colectivo, para una empresa el resultado es la participación del mercado, en las ventas o las ganancias (OECD/Eurostat, 2018).

En el manual de Oslo del año 2018 (OECD/Eurostat, 2018) se aborda la medición de desempeño innovador en el ámbito empresarial, teniendo en cuenta cuatro dimensiones de la innovación: 1) El conocimiento, el cual se refiere a la comprensión de la información y la capacidad de utilizarla para diferentes propósitos a través de la investigación y desarrollo experimental (I+D). 2) La novedad, que surge del desarrollo de nuevas ideas, modelos, métodos o prototipos que pueden hacer parte de las innovaciones y que tienen un factor diferenciador a partir del aprendizaje y las experiencias anteriores. 3) Para considerarse una innovación se requiere que las organizaciones implementen y usen las nuevas ideas, modelos, métodos o prototipos y realicen seguimiento y mejoras a la innovación o innovaciones radicales. 4) La creación de valor es un objetivo implícito de la innovación, que requiere ser medido puesto que los resultados son inciertos, heterogéneos y solo pueden ser evaluados después de su implementación. El valor de una innovación también puede evolucionar en el tiempo y proporcionar diferentes tipos de beneficios, por lo tanto, las medidas relacionadas con el valor son importantes para comprender los impactos de la innovación.

Dentro de las directrices entregadas en el manual de Oslo, está la medición estadística de la innovación a través de la recopilación de datos de una población objetivo, definir un enfoque temático centrado en las actividades de innovación de una empresa, compatibilidad con censos o encuestas representativas, tener en cuenta las necesidades de los usuarios e incluir indicadores que permitan visibilizar la gestión. Existe un interés en comprender lo que impulsa a las empresas, comunidades e individuos para innovar de igual manera la construcción de sistemas para medir indicadores, reportar, y analizar a profundidad la innovación con el fin de posibilitar el análisis del impacto de la innovación.

Medir el grado de la innovación tiene en cuenta la productividad, las ganancias, el empleo, el impacto social y ambiental. Se pueden medir directa o indirectamente a través de las actividades de la innovación, productos y sobre resultados externos. Una estrategia para medir la innovación es la recolección de datos cuantitativos y cualitativos, las diferentes fuentes de datos, calidad de los datos y el enfoque basado en sujetos (actores responsables de los fenómenos) o en un enfoque basado en objetos (recopila datos de un fenómeno de interés), estos dos enfoques se pueden combinar a través de encuestas generales sobre estrategias de innovación y las prácticas de innovación, seguidas de preguntas centradas en una única innovación (OECD/Eurostat, 2018).

3.2 REVISIÓN LITERARIA

En la revisión literaria se incluyeron variables de transformación digital, inteligencia artificial y sus diferentes herramientas en la intervención de programas de salud pública, la adopción de tecnología y las metodologías para medir el desempeño innovador en las diferentes organizaciones.

3.2.1 Investigaciones relacionadas con transformación digital

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) encontró que todos los Bancos Públicos de Desarrollo (BPD) cuentan con diferentes niveles de avance en procesos estratégicos de transformación digital. Se identificó que los BPD requieren apoyo para el aprovechamiento de la digitalización para aumentar la participación en segmentos sub atendidos, mejorar la atención al cliente, promover estándares de conducta y gobernanza corporativa; adicionalmente mejorar la integridad y transparencia mediante la rendición de cuentas, la gestión y uso de la información, conocer el impacto en la intermediación del sector financiero, mejorar la eficiencia en los diferentes procesos del sector e innovar en el diseño de programas que incentiven la inversión en

nuevas tecnologías (Fernández et al., 2020).

Según (Ngereja et al., 2020), la transformación digital en las organizaciones requiere del abordaje de diferentes factores, el hallazgo principal sugiere que aunque el compromiso de la alta dirección es un factor crítico para impulsar e implementar la transformación digital, se debe comprender cuál es el impacto de la transformación sobre cargas de trabajo y procesos en los usuarios finales del sistema, el estudio propone una interconexión entre varios factores de digitalización y el impacto en la interconectividad.

Según (Bhavnani et al., 2017), la transformación de la atención médica ha evolucionado rápidamente con innovaciones tecnológicas, esto incluye: salud digital con dispositivos portátiles, teléfonos inteligentes y sensores, big Data, análisis con inteligencia artificial, aprendizaje automático y procesamiento del lenguaje natural, Aunque se ha tenido un avance importante, se tienen desafíos en el desarrollo de estas innovaciones, de igual manera sigue habiendo una falta de evaluación y el impacto de los resultados y la calidad de la atención.

En el estudio de (Hesse, 2020) se realizó una revisión de la literatura sobre tecnologías de salud digital en la medicina del comportamiento para la creación de conocimiento, la colaboración y la administración de la salud pública, los resultados aportan a identificar que las plataformas digitales ofrecen un apalancamiento para acelerar la ciencia, facilitar la colaboración y promover la salud pública, como conclusión la transformación digital no tiene que ver con dominar la última tecnología si no tener adherencia a los entornos de información que cambia rápidamente.

La OMS ha venido adelantando el proceso de transformación digital en el sector salud, en la (29.^a Conferencia Sanitaria Panamericana de 2017), los Estados Miembros aprobaron el Plan de acción para el fortalecimiento de los sistemas de información para la salud.

Entre el 2016 y el 2018, la OPS adoptó un marco conceptual sobre sistemas de información para la salud con el fin de avanzar hacia el establecimiento de sistemas de información interoperables que aporten a la transformación digital. Esta iniciativa surge porque la mayor parte de los sistemas de información para la salud se han centrado en el desarrollo de software y la adopción de soluciones tecnológicas aisladas sin una interoperabilidad que permita la toma de decisiones de manera integral para la salud de los pacientes. Otro aspecto para tener en cuenta es la necesidad de contar con datos desagregados, de calidad y con oportunidad; mejorar la capacidad analítica de los países para abordar las causas de los problemas que afectan

a los diferentes grupos de la población.

Según (OMS, 2019), los elementos claves para tener en cuenta en la transformación digital es determinar el nivel de madurez de los sistemas de información para determinar las brechas y las necesidades, establecer mecanismos claves de gobernanza para la gestión de los datos y las tecnologías de información, desarrollo de capacidades de recurso humano y de infraestructura para la gestión de los sistemas de información y el análisis de los datos, disponer sistemas de información con registros nominales de manera rutinaria que permita la integración de los datos e interoperabilidad. Los países de la región deben estar preparados para la implementación de nuevas innovaciones tecnológicas como el internet de las cosas, la inteligencia artificial, la computación en la nube, entre otras, teniendo en cuenta el crecimiento exponencial de los datos en los últimos años se han generado retos en la implementación de sistemas de información con el fin de mejorar la calidad, disponibilidad y utilización de la información en la toma de decisiones y generar políticas y estrategias para la acción en salud (Pan American Health Organization, 2021).

3.2.2 Investigaciones relacionadas con inteligencia artificial en salud pública

Es fundamental desarrollar capacidades en el sector salud en el uso de los datos, según (Paschal, et al., 2008), se identificó que pocos hospitales tienen habilidades para utilizar e interpretar los datos de una manera que les permita evaluar, detectar, tratar y monitorear de manera efectiva las enfermedades infecciosas en las comunidades, teniendo en cuenta las capacidades para utilizar la tecnología, acceder y distribuir la información actualizada y medir los resultados. Como lo plantea (Sundararaman & Pargunarajan, 2016), la gestión en la salud pública comprende tres funciones, la evaluación de las necesidades en salud, el desarrollo de políticas y la administración de servicios teniendo como herramienta los sistemas de información sanitarios que juegan un papel importante en la eficacia de cada una de estas funciones.

Según (Neill, 2012), el papel de la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y cómo estas tecnologías pueden ayudar a la vigilancia en salud pública mediante la detección temprana y automática de brotes y otros patrones relevantes en la población a partir de datos detallados de una mayor cantidad de fuentes de información, incorporando la inteligencia artificial, aprendizaje automático y minería de datos para dar respuestas a las necesidades de análisis de información que aporten a la toma de decisiones. En (Wiemken & Kelley, 2019),

describen el aprendizaje automático para el modelado de los datos epidemiológicos, identificando que tienen un potencial para mejorar la comprensión, identificar brechas, oportunidades y proponer intervenciones en salud pública.

Según (Williams et al., 2016), las entidades del sector salud han incorporado las tecnologías de la información para mejorar la calidad y disminuir costos de atención. En el estudio identificaron que existe poca información disponible sobre la evaluación de las aplicaciones de los sistemas de información en salud. Los principales resultados fue la identificación de características organizativas y tecnológicas a tener en cuenta en el desarrollo de la innovación, (A. Flahault & Bar-Hen, 2016), proporciona una breve descripción de los desafíos científicos para aprovechar el uso de los datos y como responden a las necesidades en las ciencias de la salud y la epidemiología, como conclusiones se tiene que los datos provienen de diferentes fuentes de información como son los registros clínicos, la facturación en el sector, la atención, el uso de medicamentos, entre otros, siendo la explotación de la información muy relevante para la investigación en salud pública.

En el artículo de (Bhavnani et al., 2017), se plantea una hoja de ruta sobre la transformación de la atención médica en la era de la salud digital, abordando el futuro de la prestación y desarrollo de nuevos modelos basados en la evidencia y servicios centrados en el paciente, incluyendo la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y técnicas de procesamiento del lenguaje natural para el abordaje de los riesgos y determinantes individuales de la población, planteando la falta de la evaluación del impacto de la implementación de estas tecnologías en los resultados de los indicadores en salud y la calidad de la prestación médica, dentro de los principales desafíos se encuentran el uso eficaz de los datos y la aplicación de estos adecuadamente en los enfoques del sector salud, Impulsar la innovación centrada en el paciente, apoyar la investigación de nuevas innovaciones, medir el impacto de nuevas innovaciones en salud.

La minería de datos aplicada a registros médicos es una oportunidad para brindar mejores y rápidos servicios de salud, diseñar planes de tratamiento médico a partir de datos estructurados y no estructurados con información de historias clínicas, pronosticar eventos de interés en salud pública y combinar información para mejorar la toma de decisiones. Los desafíos para aplicar la minería de datos al sector salud incluye la explotación de los datos a nivel social y la creación de nuevos métodos para el análisis de información masiva con técnicas de inteligencia artificial

(Gupta & Kumari, 2017). En la vigilancia en salud pública sigue siendo un tema importante para el abordaje desde los sistemas de información, trascendiendo al uso de la inteligencia artificial para la extracción de nuevo conocimiento a partir de redes sociales y diferentes fuentes de información que aportan a la investigación de brotes y epidemias (Thiébaut & Thiessard, 2017).

En el estudio de (Benke & Benke, 2018), se exponen los desafíos del big data y la inteligencia artificial en el campo médico y cómo estas tecnologías podrían ser más comprendidas, adaptadas y aprovechadas en la toma de decisiones clínicas, como lo exponen (Cornejo et al., 2020), que a partir del avance de la ingeniería robótica y biomédica brinda un soporte a la salud pública en el proceso de control, seguimiento de la calidad y seguridad en el diagnóstico, tratamiento, monitoreo y prevención de discapacidades, enfermedades infecciosas para evitar riesgos en la población.

En el estudio de (Pastorino et al., 2019), se propone adaptar el diseño y desempeño para alcanzar el máximo potencial innovador de las tecnologías de información y la innovación en salud, tener la apertura a la transformación digital y nuevos enfoques para procesar grandes cantidades de datos y convertirlos en información significativa para la atención médica. El estudio concluye que la ciencia y la tecnología ofrecen nuevas herramientas para convertir los datos en un activo corporativo.

En (Thiébaut & Cossin, 2019), se analizan la inclusión de diferentes fuentes de información como las redes sociales para la vigilancia en salud pública de enfermedades transmitidas por alimentos en tiempo real que aportan en la investigación y en la toma de acciones para la intervención oportuna a través del aprendizaje automático.

Según (Valle-Cruz, et al., 2019), la explotación de la inteligencia artificial en el sector privado ha servido para el impulso de la implementación de estas tecnologías en el sector público, los principales resultados identificaron que hasta el momento solo se ha trabajado desde el marco normativo, exploratorio y que se tienen muchos desafíos en esta área, puesto que los resultados de la implementación de la inteligencia artificial son desconocidos e inesperados en el gobierno, como conclusión se considera que la inteligencia artificial tiene potencial en la salud pública, gestión pública, personalización de servicios, análisis de grandes cantidades de datos, entre otros.

Según (Odone et al., 2019), la aplicación de herramientas digitales a la salud pública para superar los desafíos en el cumplimiento de las metas del sector, conlleva a beneficios y ventajas en la prestación de los servicios de salud a través de la precisión, la automatización, la predicción,

el análisis e interacción de los datos de las diferentes fuentes de información en salud pública, además del compromiso político, un marco normativo, la infraestructura técnica, la educación, investigación, seguimiento y evaluación.

En la revisión de (Schwalbe & Wahl, 2020), se plantea una serie de preguntas de como los avances en la inteligencia artificial puede ayudar a acelerar el abordaje de los problemas relacionados con salud y el cumplimiento de las metas de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) teniendo en cuenta las herramientas, los métodos y la protección de datos para la toma de decisiones basadas la evidencia en salud. La implementación de diferentes algoritmos de la inteligencia artificial ha comenzado a implementarse en enfermedades transmisibles incluidas la malaria y la tuberculosis, con métodos de aprendizaje automático, estas intervenciones se han implementado en diagnóstico, morbilidad del paciente o evaluación del riesgo, predicción, vigilancia de brotes de enfermedades, políticas y planificación en salud.

En el estudio (Araiza-Garaygordobil et al., 2020), se aborda la inteligencia artificial y la medicina digital como un concepto emergente para mejorar la práctica clínica y la optimización de la calidad de la atención, para los autores es claro que la medicina digital transformará los sistemas de salud en el mundo en los próximos años.

En el estudio de (Haneef et al., 2020), se realizó una encuesta para explorar la utilización de las diferentes fuentes de información y la inteligencia artificial en la salud pública. Se encontró que el uso de la inteligencia artificial para estimar indicadores de salud no es frecuente en los institutos nacionales de salud pública. Los mayores obstáculos para vincular de manera rutinaria estas técnicas a la vigilancia y la investigación son la falta de recurso humano, las habilidades en el manejo de herramientas de inteligencia artificial y los problemas con la gobernanza de los datos.

En (Morgenstern et al., 2021), se aborda el impacto de la inteligencia artificial en la práctica de salud pública a partir de un estudio descriptivo cualitativo, entrevistando a 15 expertos en salud pública e inteligencia artificial que trabajaron en Norteamérica y Asia incluyendo temas de macro datos, mejora en las intervenciones, barreras de adopción de la inteligencia artificial, la capacidad limitada, la mala calidad de los datos y los riesgos en los sesgos. Como conclusiones perciben barreras sustanciales en la falta de experiencia en el manejo de herramientas de inteligencia artificial en el sector.

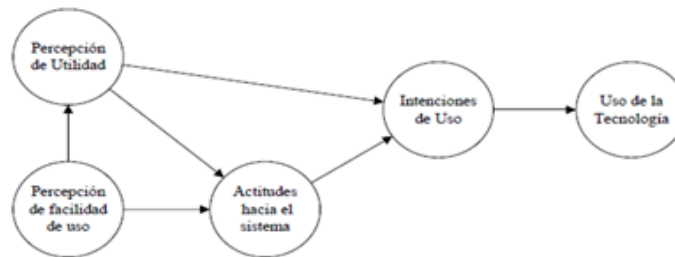
3.2.3 Investigaciones relacionadas con adopción de tecnologías de la información

En la literatura se encuentran modelos de adopción de tecnología para las organizaciones y para los usuarios finales (Palos et al. 2019). Por lo tanto, se pueden encontrar modelos de adopción de tecnología a nivel organizacional y otros a nivel individual.

Modelos de adopción de tecnología a nivel individual

Modelo de Aceptación de Tecnología (TAM) de (Davis, 1989), que busca explicar la relación entre la aceptación, adopción, la intención de uso, y demuestra empíricamente que la percepción de utilidad y de facilidad de uso de los usuarios son factores críticos en la adopción y uso de las tecnologías.

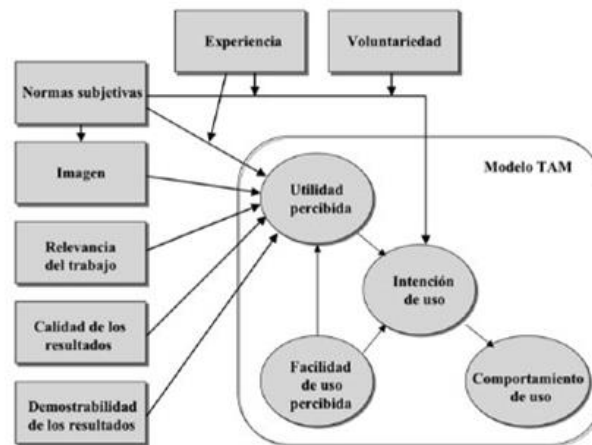
Figura 2. Modelo de Aceptación de Tecnología (TAM)



Fuente: Modelo TAM original tomado de (Davis, 1989)

(Venkatesh y Davis, 2000) desarrollaron el modelo denominado TAM2, Modelo de Aceptación de la Tecnología 2. El núcleo del nuevo modelo es el TAM, buscándose a partir de las variables que pueden tener influencia sobre las intenciones de uso, bien directamente o a través de su efecto en la utilidad percibida.

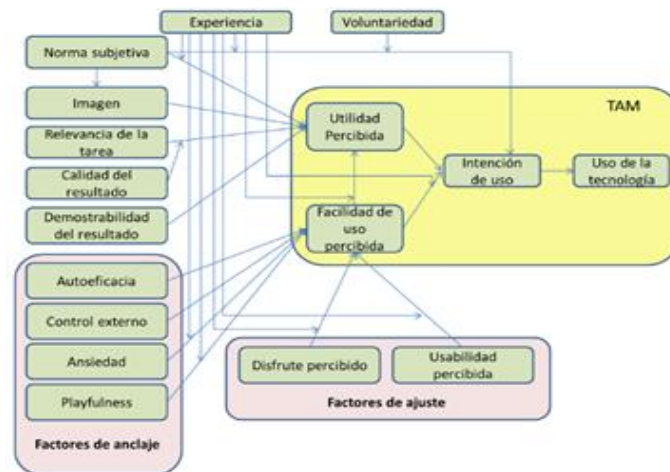
Figura 3. TAM2 - Extensión del modelo de aceptación de la tecnología (TAM1)



Fuente: (Venkatesh y Davis, 2000)

El modelo TAM3 se construyó a partir del modelo TAM2, incluyendo la explicación de la facilidad de uso percibida de la tecnología, en este modelo se incluye la variable de la experiencia en el uso del sistema como una variable moderadora entre los factores de ajuste y la facilidad de uso percibida por los usuarios (Venkatesh y Davis, 2000).

Figura 4. TAM3 - Extensión del modelo de aceptación de la tecnología (TAM2)

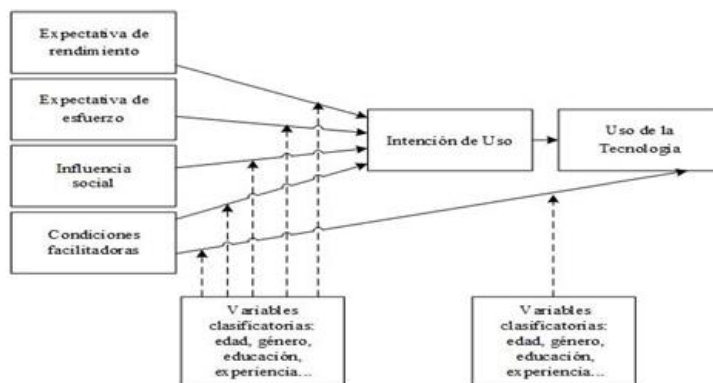


Fuente: Tomado del modelo TAM3 (Venkatesh y Bala, 2008)

El modelo de la teoría unificada de la aceptación y el uso de la tecnología (UTAUT) (Venkatesh et al., 2003), explica la aceptación, la intención de uso y el uso de la tecnología a nivel individual. Se estudian cuatro variables que son: 1) la expectativa del rendimiento en el trabajo; 2) la expectativa de esfuerzo que se define como la facilidad asociada al uso de la tecnología; 3) la influencia social a partir del cómo ve el individuo a sus referentes sociales para

utilizar nuevas tecnologías; y 4) las condiciones facilitadoras como las personas consideran que existe una infraestructura técnica y organizacional para apoyar el uso del sistema. Este modelo ha tenido una mejora al incluirle tres variables más, la edad, el sexo y la experiencia (UTAUT 2) (Venkatesh et al., 2012).

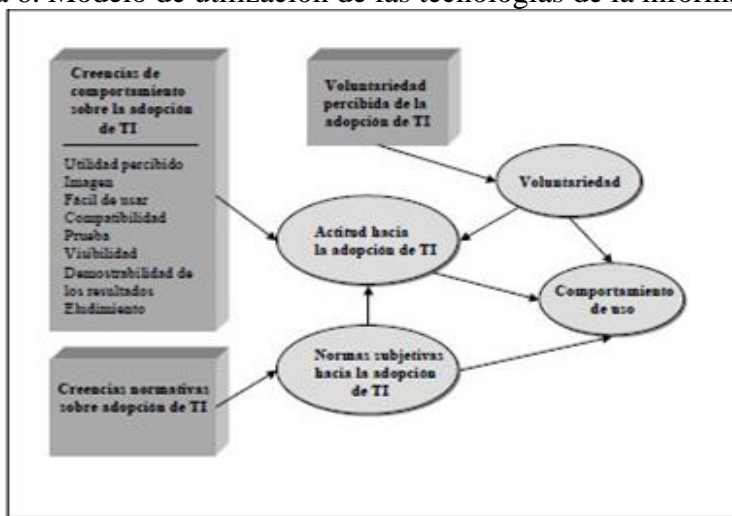
Figura 5. Modelo de teoría unificada de aceptación y uso de tecnología (UTAUT)



Fuente: Tomado de (Venkatesh et al., 2012)

(Moore y Benbasat 1991, 1996) desarrollaron el modelo de utilización de las tecnologías de la información (UIT) basado en la actitud hacia el uso de la tecnología por los usuarios, identificando y midiendo las características y beneficios percibidos de las innovaciones que son consideradas determinantes en la decisión de adoptar o rechazar la innovación.

Figura 6. Modelo de utilización de las tecnologías de la información (UIT)

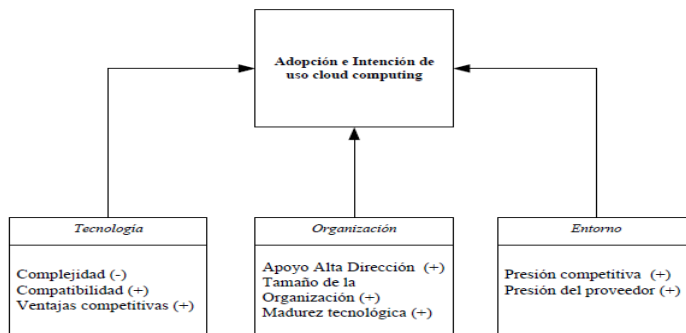


Fuente: (Moore y Benbasat, 1991; 1996)

Modelos de adopción de tecnología a nivel organizacional

El Modelo TOE (Technology-Organization-Environment), de (Tornatzky y Fleischer, 1990) propone la adopción de tecnología a nivel organizacional a partir del contexto tecnológico, los recursos y sus características internas, examina la adopción en las tecnologías de información, proporcionando una imagen global en el impacto de las actividades de la cadena de valor.

Figura 7. Modelo TOE (Technology-Organization-Environment)

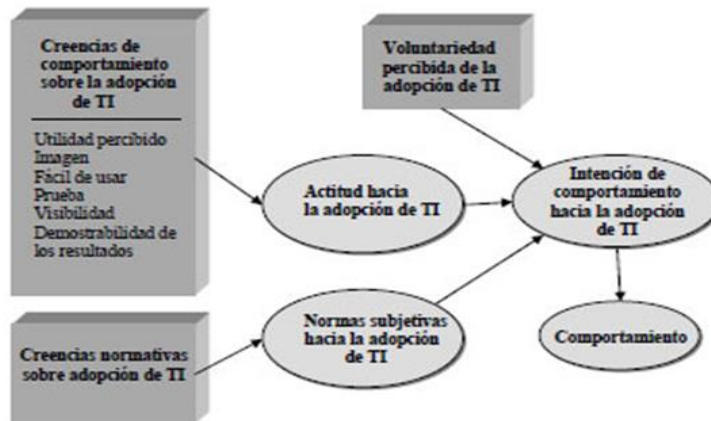


Fuente: Tomado de (Tornatzky y Fleischer, 1990)

(Karahanna, Straub y Chervany, 1999) aportaron evidencias empíricas sobre el Modelo de Utilización de la Tecnologías de las Información (UIT). Incluyeron características percibidas de las innovaciones definidas por (Moore y Benbasat, 1996) y la medida de voluntariedad percibida, en la que compararon las creencias antes de realizar la adopción (evaluaciones de pre-adopción) con otras que se hicieron una vez que se llevó a cabo la adopción (evaluaciones de postadopción).

La variable principal dependiente fue la intención de continuar con el uso de la tecnología y los antecedentes claves de las actitudes hacia los sistemas a adoptar y las actitudes hacia la continuación del uso de la tecnología.

Figura 8. Modelo de adopción de la tecnología de la información



Fuente: (Karahanna Straub y Chervany, 1999)

Los modelos de adopción, aceptación y uso de la tecnología propuestos en el estado del arte aportan hacia la adaptación de estos modelos en la infraestructura técnica y organizacional del sector salud, como lo son las secretarías de salud, ministerios de salud, entre otros, donde el recurso humano juega un papel importante en los procesos de adopción, aceptación y uso de la inteligencia artificial con los datos generados en salud pública.

3.2.4 Investigaciones relacionadas con métricas de desempeño innovador

La literatura aporta diferentes medidas del desempeño innovador, sin embargo, no existe un acuerdo sobre cuál es la más adecuada. Autores como (Griffin & Page, 1993, 1996), (Huang et al., 2004), (Molina-Castillo & Munera-Aleman, 2009a, 2009b) y (Blindenbach-Driessen et al., 2010) se centran en la medida de los resultados del desarrollo de nuevos productos. Por otra parte (Prajogo & Ahmed, 2006), definen una medida del desempeño de la innovación a nivel de producto y de procesos. Según (Birchall & Tovstiga, 2006), una medida adecuada del desempeño de la innovación debe incluir el impacto en la responsabilidad social. En el trabajo de (Grupp & Mogge, 2004) proponen la creación de un indicador que sintetice y capture las distintas dimensiones relevantes para medir los resultados de la innovación.

La mayor parte de los autores concuerdan con la naturaleza multidimensional del desempeño innovador y el uso de escalas multi–ítem para definir las dimensiones de la medición dependiendo de la organización. Por ejemplo, (Hooley et al., 2005) y (Chen et al., 2006) miden el desempeño a nivel de empresa, (Brentani & Kleinschmidt, 2004), (Atuahene-Gima et al., 2006) y (Lichtenthaler, 2009) lo hacen a nivel de programa, y (Kusunoki, et al., 1998), (Lee, 2003) y (Blindenbach-Driessen et al., 2010) lo realizan a nivel de proyecto. La definición de

indicadores subjetivos basados en la opinión de los directivos permite evaluar el desempeño de los procesos de innovación en curso, los logros intermedios y los resultados finales.

Diferentes autores incluyen la eficacia o eficiencia como dos medidas que aportan al desempeño innovador. En (Ahuja & Katila, 2001), se utiliza un único indicador definido como el número de patentes registradas y (Souitaris, 2002), emplea 7 indicadores para la medición del desempeño innovador que son 1- Número de productos incrementalmente innovadores introducidos en los últimos tres años, 2- Número de productos radicalmente innovadores introducidos en los últimos tres años. 3- Número de procesos de fabricación introducidos en los últimos tres años. 4- Porcentaje de ventas corrientes debidas a productos incrementalmente innovadores introducidos en los últimos tres años. 5- Porcentaje de ventas corrientes debidas a productos radicalmente innovadores introducidos en los últimos tres años. 6- Ratio de gastos para innovación en los últimos tres años sobre ventas corrientes. 7- Número de patentes adquiridas en los últimos tres años, (Hagedoorn & Cloudt, 2003) utiliza cuatro indicadores, 1- Gastos de I+D, 2- Número de patentes, 3- Citas de patentes, 4 - Nuevos productos anunciados.

En el estudio de (Löf, 2002), se aplican métodos econométricos a datos sobre innovación y actividades innovadoras, los resultados muestran que el capital de conocimiento es un factor significativo que contribuye en el desempeño de las empresas, el capital de conocimiento aumenta con la aportación de innovación a empresas intensivas en conocimiento y son más innovadoras que las empresas intensivas en trabajo o capital, la rigidez organizativa en los proyectos de innovación y la falta de inversión para actividades innovadoras tiene un impacto negativo en la productividad.

En el trabajo (Prajogo & Ahmed, 2006) se emplean nueve ítems agrupados en dos dimensiones:

- Desempeño en innovación de producto: 1- Novedad de los nuevos productos. 2- Uso de las últimas innovaciones tecnológicas en el desarrollo de nuevos productos. 3- Velocidad de desarrollo de nuevos productos. 4- Número de nuevos productos introducidos en el mercado. 5- Número de nuevos productos que son primeros en el mercado.
- Desempeño en innovación de proceso: 6- Competitividad tecnológica. 7- Novedad de la tecnología usada en los procesos. 8- Velocidad de adopción de las últimas innovaciones tecnológicas en los procesos. 9- Ratio de cambio en procesos, técnicas y tecnología.
- Desempeño centrado en los efectos relativos al producto, al proceso y a la responsabilidad social: en (Birchall & Tovstiga, 2006) agrupan 27 ítems en 5 factores a través del análisis de

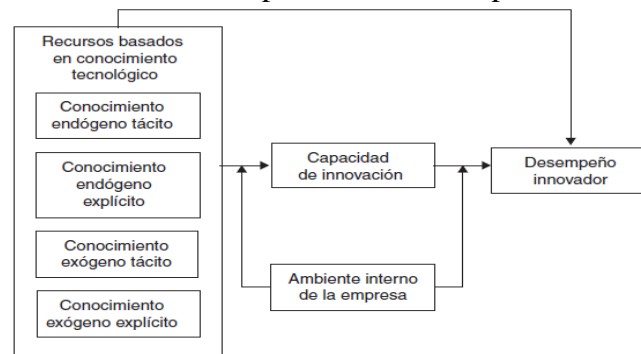
componentes principales de esta manera: 1- un enfoque de futuro, 2- el Impacto en el mercado, -3 Capacidades e imagen, 4- Procesos, y 5- Sostenibilidad y proceso de eficacia global. La investigación y Desarrollo (I+D) desempeña un papel fundamental en la afectación positiva en el desempeño de la innovación en la empresa, (Zhang et al., 2009) demuestra que el desempeño de la innovación está estrechamente relacionado con las mejoras de las capacidades de I+D, el número de patentes y la intensidad de los insumos del desarrollo experimental y el recurso humano en I+D.

Las organizaciones más exitosas realizan análisis avanzados, tienen disponibilidad para el acceso, integración de los datos y uso de la información. Calzada concluye que, a través de la cultura, procesos, habilidades e infraestructura necesaria para la gestión de la información y la inteligencia de negocios, se logra obtener un mejor desempeño en toda la organización en términos financieros (Calzada & Abreu, 2009).

En (Molina-Morales et al., 2011), Se emplean ocho ítems: 1- Número de nuevos materiales desarrollados o introducidos 2- Número de nuevos productos intermedios desarrollados o introducidos. 3- Número de nuevos componentes desarrollados o introducidos. 4- Número de atributos de nuevos productos desarrollados o introducidos. 5- Número de nuevos equipos desarrollados o introducidos. 6- Mejoras en los niveles de automatización. 7- Número de nuevos métodos de organización de las actividades productivas. 8- Uso de nuevas fuentes de energía.

En el estudio de (Urgal et al., 2011), hacen la diferencia entre Conocimiento tecnológico, capacidad de innovación y desempeño innovador como lo muestra la figura 11., se consideran únicamente los recursos basados en conocimiento por su mayor valor estratégico, distinguiendo entre el conocimiento endógeno y exógeno, el tácito y explícito. Así mismo, separamos claramente los conceptos de recurso y capacidad.

Figura 9. Modelo de desempeño innovador a partir del conocimiento



Tomado de (Urgal et al., 2011)

El resultado de la investigación propone incorporar la capacidad de innovación entendida como un resultado del proceso de innovación (adoptar e implementar nuevas ideas, procesos o productos con éxito), como una variable mediadora entre los recursos y el desempeño innovador.

En el estudio de (Tomé et al., 2013), se construyó un indicador que sintetiza los posibles efectos de las actividades de innovación en los productos, procesos y la responsabilidad social de la organización a través de los análisis de correspondencia, de igual forma se incluyeron variables para los efectos en productos como ampliación de la gama de bienes o servicios, penetración de nuevos mercados, y mayor calidad de los bienes y servicios, en cuanto al efecto en los procesos se incluyó: mayor flexibilidad en la producción o prestación de los servicios, mayor capacidad de producción, menor coste laboral. Los efectos sobre la responsabilidad social: Menor impacto medio ambiental o mejora en la salud y la seguridad, alcance de mejoras y cumplimiento de requisitos normativos. Las limitaciones del estudio no permiten estimar con rigor estadístico los efectos de los distintos factores sobre el desempeño innovador en las organizaciones, en segundo lugar, no se tiene en cuenta organizaciones que solo hacen innovación en procesos, como es el caso del sector salud.

Según (Tomé et al., 2013), los gestores tecnológicos necesitan conocer el desempeño innovador de las organizaciones porque permite detectar oportunidades y necesidades existentes aportando al desarrollo de estrategias para mejorar la competitividad, aporta a la gestión y los resultados de estas actividades con el fin de lograr los objetivos de la organización. El desempeño innovador ha sido abordado desde diferentes sectores, teniendo en cuenta indicadores y variables planteadas en los diferentes métodos, sin embargo, no son suficientes para generar una métrica adecuada para medirlo en salud pública.

En el estudio de (Enrique et al., 2014), relación entre el desempeño innovador y madurez de capacidades de conocimiento y competencias, se aplicaron cuestionarios y se construyeron tablas de contingencia que describen la relación entre desempeño innovador, la madurez de capacidades de innovación a través de lo estratégico y tecnológico a partir del direccionamiento de la investigación y la captura, almacenamiento y acceso a los datos e información, además se deben intervenir variables blandas como la estrategia y la cultura, los resultados aportan a la caracterización del desempeño innovador y las capacidades que soportan los resultados en la innovación de producto. Las dos capacidades de innovación que más sobresalen son el direccionamiento de la investigación y extracción de información relevante, otras capacidades de innovación identificadas es la formulación de estrategias de desarrollo o adquisición de tecnología, la gestión de conocimiento tácito, la gestión de competencias, la captura, almacenamiento, acceso a la información, y la colaboración entre redes externas.

En la encuesta de innovación comunitaria realizada en Republica Checa, Noruega y Reino Unido, se analizaron los datos utilizando micro datos, según (Srholec, 2014), los resultados indican que lo más importante para la producción de innovación son los vínculos internos/externos, y los vínculos externos/externos, puesto que conducen a un desempeño innovador superior.

En el estudio (Leonardi & Casal, 2016), se construyó un índice para definir el desempeño innovador (IDI), considerando las acciones llevadas a cabo por la empresa para incorporar actividades de innovación, en el IDI se incluyen nueve indicadores cualitativos y cuantitativos. La metodología utilizada es la definida en el manual de Oslo teniendo en cuenta la mejora de producto, mejora de procesos productivos y mejora en la gestión, se incluyen variables estructurales como el tamaño de la empresa, la antigüedad, el mercado, el entorno y la relación con otras instituciones. Los resultados permitieron identificar que las empresas hacen cambios marginales menores en innovación, las acciones innovadoras giran en torno a las mejoras en los procesos de producción y en menor medida a la introducción de nuevos productos.

El desarrollo de capacidades de innovación en procesos es insuficiente para mejorar el desempeño innovador y es necesario complementar con el desarrollo de capacidades de innovación en productos (Arias et al., 2015), de este modo, resulta importante establecer conexiones entre las capacidades de innovación de producto y de proceso para obtener un mayor desempeño innovador. Dentro de las capacidades de innovación de procesos definidos en el

estudio se encuentran: Dominar e incorporar tecnologías básicas y claves para el negocio, desarrollar y gestionar tecnologías interrelacionadas, integrar las actividades de gestión de la producción, el conocimiento para innovar en los procesos tecnológicos, el conocimiento de los mejores procesos y sistemas para la organización del trabajo y ofrecer procesos amigables con el medio ambiente.

En la investigación de (Carvache & Gutierrez, 2018), se examinó la relación de las actividades de innovación y el desempeño innovador, utilizando la encuesta nacional de actividades de innovación de 2015 de Ecuador, se realizó un análisis cuantitativo con un diseño no experimental y transversal, los resultados aportan evidencia sobre la combinación de la investigación y desarrollo interna y la adquisición de tecnología como actividades importantes para el aporte positivo en el desempeño innovador.

Según (Sexton et al., 2018), en su tesis de doctorado, aborda una serie de vacíos teóricos relacionados con el desempeño innovador como variable dependiente final, que están inmersos en tres campos de estudio: La estrategia, la gestión de sistemas de información y la innovación abierta. En su investigación propone como líneas de investigación futura, el efecto directo de los procesos de Innovación abierta sobre todos los aspectos del desempeño innovador en procesos de marketing y organizacional, también propone explorar la mediación de variables como la capacidad de absorción en la relación entre Innovación abierta y desempeño innovador en pymes.

En el estudio realizado por (Lafuente et al., 2019), donde se analiza la relación entre las capacidades de aprendizaje organizacional (CAO) y el desempeño innovador en contextos organizacionales a través de un modelo de regresión lineal y entrevistas cualitativas, encontrando que las CAO impactan positivamente en el desempeño innovador y concluyen que la relación es más fuerte en organizaciones donde la creación y explotación de conocimiento constituyen una ventaja competitiva.

En el estudio de (Sonia, 2019), analizaron los resultados de innovación en 51 proyectos tecnológicos en diferentes zonas geográficas de Colombia, el estudio utiliza componentes principales para construir un indicador compuesto de innovación y tecnología, definiendo 48 variables que provienen de encuestas y entrevistas a profundidad realizadas por la Dirección Nacional de Planeación del Gobierno Nacional en el año 2018. El estudio concluye que debería financiarse actividades concretas de innovación tecnológica y no mezclarse con las actividades propias de la generación de conocimiento científico.

3. DISCUSIÓN DEL ESTADO DE ARTE

Teniendo en cuenta las características del desempeño innovador y de la transformación digital en el sector salud, a continuación, se resumen las investigaciones encontradas en el estado del arte, identificando las ventajas y desventajas y las características de cada una de ellas.

Tabla 1. Análisis de investigaciones de transformación digital.

| Citación | Descripción | Características | ventajas | Desventajas |
|--|--|---|--|--|
| (Bhavani et al., 2017) | Describe los componentes necesarios para la Transformación Digital en el sector de la salud y se realizaron entrevistas a expertos sobre la temática. | Describe la TD con dispositivos portátiles, teléfonos inteligentes y sensores, big Data, análisis con inteligencia artificial, aprendizaje automático y procesamiento del lenguaje natural. | Plantea una hoja de ruta sobre la transformación de la atención médica en la era de la salud digital | Se plantea la falta de una verdadera evaluación del impacto de la implementación de las tecnologías de Inteligencia artificial en los resultados de los indicadores en salud y la calidad de la prestación médica. |
| (Sapta et al., 2020) | Se aplicaron encuestas a empresarios para establecer como el capital social puede incidir positivamente en la adquisición de información | Concluye que solo el factor tecnológico no es capaz de darle un papel a la transformación digital si no interviene el factor humano y la sinergia con todos los actores de la organización. | Permite identificar la importancia del factor humano y la sinergia de todos los actores de la organización y las tecnologías de información. | No se tienen en cuenta el impacto en los resultados en la organización. |
| (Ngereja et al., 2020) | Describe la importancia de la alta dirección en procesos de TD y deja el interrogante de cuál es el impacto de en diferentes procesos de la organización | El estudio busca identificar y presentar un análisis retrospectivo de los factores blandos que han contribuido a los desafíos de digitalización en el sector de la salud | Permite identificar la necesidad del abordaje de diferentes factores para la digitalización del sector salud. | No se tiene en cuenta cual es el impacto y los resultados de la digitalización del sector salud. |
| (Hesse, 2020) | Realizó una revisión de la literatura sobre tecnologías de salud digital en la medicina del comportamiento. | Aporta desde la creación de conocimiento, la colaboración y la administración de la salud pública. | Los resultados permiten identificar el aporte de la TD para acelerar los resultados en la ciencia. | No se identifican métricas que faciliten el análisis y la comprobación del dominio de las últimas tecnologías y la innovación. |
| (Fernández et al., 2020) | Describe los procesos estratégicos de la TD y la necesidad de participación de diferentes sectores. | Describen las tecnologías que aportan a la TD | Da una amplia descripción de las tecnologías que hacen parte de la TD y permite identificar lecciones aprendidas | No se describe específicamente como la Inteligencia Artificial aporta a la TD con resultados. |
| Conferencia de la OMS sobre "De la evolución de los Sistemas de Información para la Salud (IS4H) a la transformación digital del sector salud" | Se definen líneas estratégicas e indicadores para el seguimiento de la TD en el sector salud. | Se tienen definidos los procesos que conllevan a la TD. | Permite visualizar una hoja de ruta de la TD en el sector salud. | No se enfatiza el abordaje de la inteligencia artificial en la TD y su aporte a la innovación del sector salud. No se describe cómo medir el impacto en el desempeño innovador del sector. |

Tabla 2. Análisis de investigaciones de inteligencia artificial en salud pública.

| Citación | Metodología | Características | Ventajas | Desventajas |
|----------------------------|--|---|---|--|
| (Neill, 2012) | Se realizó entrevista a expertos sobre los aportes de las tecnologías de la información. | Describe el aporte de la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y la minería de datos en la vigilancia en salud pública | Permite identificar la detección temprana y automática de brotes y patrones relevantes en la vigilancia en salud pública. | Solo se aborda la aplicabilidad de la Inteligencia artificial a vigilancia en salud pública, no a todo en el sector salud. |
| (Flahault & Bar-Hen, 2016) | Se aplicó una encuesta a expertos sobre el uso y los beneficios del big data en el sector salud. | Aborda las diferentes fuentes de información del sector salud para el análisis de la información. | Se abordan diferentes fuentes de datos del sector salud y se describen los desafíos del análisis de grandes volúmenes de datos | No se identifica el impacto de la aplicación de estas técnicas en los sistemas de información del sector salud. |
| (Pastorino et al., 2019) | Se realizó una revisión de los desafíos del Big data en el sector salud. | Aborda los beneficios y desafíos del big data en la salud para crear nuevo conocimiento, mejorar la atención clínica y simplificar la vigilancia de la salud pública. | Ofrece alternativas para mejorar el desempeño y los resultados en la atención medica | Falta de oportunidad y la inclusión de nuevos enfoques para el análisis de información con nuevas herramientas que permitan profundizar en el análisis de los datos. |
| (Valle-Cruz et al., 2019) | Se realizó una revisión de la implementación de la inteligencia artificial en el sector privado. | Aborda la explotación de la inteligencia artificial en el sector privado y sus futuras áreas de implementación. | La implementación de la inteligencia artificial en el sector privado sirve de guía para una implementación en otros sectores | Solo se ha trabajado hasta el marco normativo y exploratorio, los resultados de la implementación de la inteligencia artificial hasta el momento son desconocidos en la parte gubernamental. |
| (Odone et al., 2019) | Revisa el potencial de aplicar herramientas digitales a la salud pública. | Revisa los desafíos claves en el cumplimiento de metas a través de la precisión, la automatización, la predicción, el análisis e interacción de los datos de las diferentes fuentes de información en salud pública | Las principales características encontradas en el artículo son la precisión, la automatización, la predicción, el análisis e interacción de los datos de las diferentes fuentes de información en salud pública. | No se aborda desde la perspectiva del porte a la innovación y el impacto en el desempeño de indicadores y metas de los indicadores en salud pública. |
| (Haneef et al., 2020) | Se realizó una encuesta en países europeos para explorar las prácticas actuales de la utilización de las diferentes fuentes de información y la inteligencia artificial en la salud pública. | Aborda la estimación de indicadores en salud a través de la inteligencia artificial, | Se identifica la importancia del valor que tiene la aplicación de la inteligencia artificial en la implementación en programas gubernamentales, específicamente de salud pública. | El uso de la inteligencia artificial para estimar indicadores de salud no es frecuente en los institutos nacionales de salud pública, la falta de recurso humano, las habilidades y problemas con la gobernanza de los datos. |
| (Schwalbe & Wahl, 2020) | Se realiza una revisión sistemática | Se revisa como la inteligencia artificial podría ayudar a acelerar el logro de los problemas relacionados con salud y el cumplimiento de las metas de los objetivos de desarrollo sostenible. | Da un marco de como la inteligencia artificial aporta en el abordaje de los problemas de salud pública y el aporte en la toma de decisiones e identifica la necesidad de pautas, desarrollo e investigaciones que aporten a la implementación de estas intervenciones | Las intervenciones en salud impulsadas por la Inteligencia artificial siguen siendo incipientes y no se tiene identificado la magnitud de la mejoría de los resultados en salud. |
| (Morgenstern et al., 2021) | Se realizaron entrevistas a 15 expertos en salud pública e inteligencia artificial | Se incluyó macro datos, mejora en intervenciones, barreras de adopción de la inteligencia artificial, mala calidad de los datos y riesgos en los sesgos | Aborda el impacto de la inteligencia artificial en la práctica de salud pública. | El estudio de se realiza desde lo expresado por los expertos en términos cualitativos sin embargo es necesario tener en cuenta la aplicabilidad de estas técnicas de inteligencia artificial y observar los aportes que puede ofrecer. |

Tabla 3. Análisis de investigaciones en desempeño innovador.

| Citación | Metodología | Características | ventajas | Desventajas |
|-------------------------------|---|--|---|--|
| (Souitaris, 2002) | Se proponen diferentes indicadores. | Propone 7 indicadores, Productos incrementalmente innovadores, productos radicalmente innovadores, procesos de fabricación, ventas corrientes debidas a productos incrementalmente innovadores, ventas corrientes debidas a productos radicalmente innovadores, gastos para innovación y Patentes adquiridas | Abordaje el desempeño innovador de diferentes procesos e indicadores. | Estos indicadores no son suficientes para la aplicación en el sector salud porque las diferentes fuentes de información aportan a los diferentes procesos estratégicos en la toma de decisiones, |
| (Hagedoorn & Cloodt, 2003) | En los indicadores se incluyen diferentes variables que permiten obtener los indicadores propuestos. | utiliza cuatro indicadores, 1- Gastos de I+D, 2- Patentes, 3- Citas de patentes, 4 - Nuevos productos anunciados | Incluye indicadores de gasto de I+D. | No es aplicable al sector salud porque se enfoca en 3 indicadores con relación a patentes y a productos. |
| (Grupp & Mogee, 2004) | Formula un indicador a partir de diferentes variables que permite medir el desempeño innovador. | Propone un indicador que sintetice y capture las distintas dimensiones relevantes para medir los resultados de la innovación. | Permite identificar la formulación de un indicador con métricas para el desempeño innovador. | En el sector salud tiene diferentes dimensiones, procesos y variables que se deben tener en cuenta para crear indicadores que permitan medir el resultado de la innovación. |
| (Prajogo & Ahmed, 2006), | Se definen métricas, variables y procesos para medir el desempeño innovador. Análisis componentes principales | Definen una medida del desempeño de la innovación de producto, proceso y en los efectos relativos al producto, al proceso y a la responsabilidad social. | Incluyen métricas para medir el desempeño en los procesos de las organizaciones. | No es aplicable al sector salud porque las variables y fuentes de información son diferentes |
| (Molina-Morales et al., 2011) | Se proponen ocho ítems: | Nuevos desarrollos de materiales, Nuevos productos desarrollados o Nuevos productos introducidos al mercado Nuevos equipos desarrollados o introducidos Mejoras en automatización Nuevos métodos Nuevas fuentes de energía | Incluye diferentes variables en el modelo para generar un indicador de desempeño innovador | Son insuficientes para medir el desempeño innovador en el sector salud |
| (Tomé et al., 2013) | Se realiza analisis de correspondencia | se construyó un indicador que sintetiza los posibles efectos de las actividades de innovación en los productos, procesos y la responsabilidad social de la organización | Incluye la responsabilidad social en las metricas de desempeño innovador | La responsabilidad social a nivel de empresa es diferente al sector salud, teniendo en cuenta que se incluyen diferentes variables. |
| (Arias et al., 2015) | Analizan la innovación de procesos y productos | Aborda el desarrollo de capacidades en la innovación de procesos y su complemento con la innovación en producto. | Incluye las capacidades como un factor en el desempeño innovador | Aporta como una variable para incluir en el estudio, sin embargo por si sola es insuficiente el objetivo de la medición en el sector |
| (Carvache & Gutierrez, 2018), | se realizó un análisis cuantitativo con un diseño experimental y transversal | Estudia la relacion de actividades de innovación y el desempeño innovador | Aportan evidencia sobre la combinación de la investigación y desarrollo interna y la adquisición de tecnología como actividades importantes para el aporte positivo en el desempeño innovador | No relaciona el resultado de las actividades de innovación y el desempeño innovador |
| (Lafuente et al., 2019) | Se aborda el impacto en el desempeño innovador desde la creación y explotación de conocimiento | Las capacidades de aprendizaje organizacional impactan positivamente en el desempeño innovador y concluyen que la relación es más fuerte en organizaciones donde la creación y explotación de conocimiento constituyen una ventaja competitiva | Concluyen que las capacidades de aprendizaje organizacional impactan positivamente en el desempeño innovador | Es necesario incluir otras variables que den respuesta al sector salud. |

Tabla 4. Análisis de investigaciones en adopción de tecnología.

| Citación | Metodología | Características | Ventajas | Desventajas |
|--------------------------------|---|--|--|---|
| (Davis, 1989) | El Modelo de Aceptación Tecnológica TAM establece cuál es el grado de aceptación de una sociedad ante la introducción de las nuevas tecnologías. | Explica la relación entre la aceptación, adopción, la intención de uso, y demuestra empíricamente que la percepción de utilidad y de facilidad de uso son factores críticos en la adopción y uso de las tecnologías | Aborda la utilidad percibida y la facilidad de uso de la tecnología | No se ha probado en la utilidad percibida y la facilidad de uso de la inteligencia artificial |
| (Moore y Benbasat, 1991; 1996) | Modelo de utilización de las tecnologías de la información (UIT) | Modelo de utilización de las tecnologías de la información (UIT) basado en la actitud hacia el uso de la tecnología, identificando y midiendo las características y beneficios percibidos de las innovaciones que son consideradas determinantes en la decisión de adoptar o rechazar la innovación. | Aborda la actitud del uso de la tecnología, mide las características y beneficios percibidos de las innovaciones | La adopción de tecnología depende de la cultura organizacional y del recurso humano, tiene en cuenta los beneficios percibidos para adoptar o rechazar la innovación |
| Venkatesh y Davis (2000) | Modelo TAM2, Modelo de Aceptación de la Tecnología 2. El núcleo del nuevo modelo es el TAM, basándose a partir de las variables que pueden tener influencia sobre las intenciones de uso o a través de su efecto en la utilidad percibida | Este modelo complementa el TAM en variables como la experiencia, la facilidad de uso percibida, la calidad y demostrabilidad de los resultados y el comportamiento de uso | Además de las variables que se incluyen en el TAM, incorpora la demostrabilidad de los resultados y el comportamiento de uso | No tiene en cuenta la disponibilidad de la tecnología y el aporte que da el modelo a la toma de decisiones con los resultados de la aplicación de modelo |
| (Venkatesh y Bala; 2008) | TAM3 Extensión del modelo de aceptación de la tecnología TAM 2 | Este modelo complementa el TAM2 en el disfrute percibido, la autoeficacia, la usabilidad percibida | además de las variables que se incluyen en el TAM1 y TAM2, se tiene en cuenta el disfrute percibido, la autoeficacia y la usabilidad percibida | No se miden los efectos de la adopción de la tecnología en los resultados empresariales, que es un factor que puede influir directamente en la adopción de la tecnología, de igual forma no ha sido aplicado en el sector salud. Al igual que el TAM1 y TAM2 su limitado poder explicativo y predictivo, la trivialidad, y la carencia de cualquier valor práctico que genere en la empresa |
| (Venkatesh et al., 2012) | Modelo de teoría unificada de aceptación y uso de tecnología (UTAUT) | Al igual que el TAM3, incluye la intención de uso, el uso de la tecnología, las condiciones facilitadoras. En este modelo incluye variables clasificadoras como la edad el género, la educación entre otras que aportan a la clasificación. | Incluye variables clasificadoras como la edad, el género y la educación | Al igual que los otros modelos, este modelo no tiene en cuenta los efectos y la aplicabilidad de la adopción en los sistemas de información y de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial |

Cabe resaltar los temas comunes en las variables estudiadas, como es el caso de (Bhavnani et al., 2017), que describe la inteligencia artificial como uno de los componentes necesarios para la transformación digital, (Neill, 2012) describe el aporte de la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y la minería de datos en la vigilancia en salud pública y (Moore y Benbasat, 1991; 1996) en su modelo de utilización de las tecnologías (UIT) basado en la actitud hacia el uso de la tecnología, identificando y midiendo las características y beneficios percibidos de las innovaciones que son consideradas determinantes en la decisión de adoptar o rechazar la innovación en la información, encaminado a lo que propone (Tomé et al., 2013) sobre la

construcción de un indicador que sintetice los posibles efectos de las actividades de innovación en los procesos y la responsabilidad social de la organización.

(Sapta et al., 2020) concluye que solo el factor tecnológico no es capaz de darle un papel a la transformación digital si no interviene el factor humano y la sinergia con todos los actores de la organización, acorde a lo que plantea (Venkatesh y Davis 2000) donde complementa el modelo TAM en variables como la experiencia, la facilidad de uso percibida, la calidad y demostrabilidad de los resultados y el comportamiento de uso de la tecnología, y donde (Arias et al., 2015) la aborda con el impacto en el desempeño innovador desde la creación y explotación de conocimiento.

(Hesse, 2020) aporta desde la creación de conocimiento, la colaboración y la administración de la salud pública, en concordancia con lo que plantea (Valle-Cruz et al., 2019) sobre la explotación de la inteligencia artificial en el sector privado y sus futuras áreas de implementación teniendo en cuenta el recurso humano y que debería ir alineado con el modelo de (Venkatesh y Bala; 2008) que complementa el TAM2 en el disfrute percibido, la autoeficacia, la usabilidad percibida y (Prajogo & Ahmed, 2006), donde define una medida del desempeño de la innovación de proceso y a la responsabilidad social.

El trabajo presentado en (Schwalbe & Wahl, 2020) también aborda la idea de que la inteligencia artificial aporta en el abordaje de los problemas de salud pública y en la toma de decisiones. En el trabajo se identifica la necesidad de pautas, desarrollo e investigaciones que aporten en la implementación de estas tecnologías.

Adicionalmente, (Morgenstern et al., 2021) refiere la existencia de barreras en la adopción de la inteligencia artificial, como la mala calidad de los datos y los riesgos en los sesgos de los modelos. Para aportar a la adopción de la Inteligencia Artificial en salud pública, el trabajo presentado en (Valle-Cruz et al., 2019) sustenta la oportunidad de la implementación de la inteligencia artificial a partir de los avances obtenidos en el sector privado, de tal manera que dicha experiencia sirva de guía para una implementación en otros sectores.

Se identificaron diferentes estudios con la aplicación de técnicas de inteligencia artificial en el sector salud en la parte clínica, programática, de vigilancia en salud pública, en los procesos de diagnóstico por laboratorio e imágenes diagnósticas, entre otras aplicaciones. Sin embargo, no se ha logrado la apropiación y uso de estas tecnologías en el sector salud de manera generalizada.

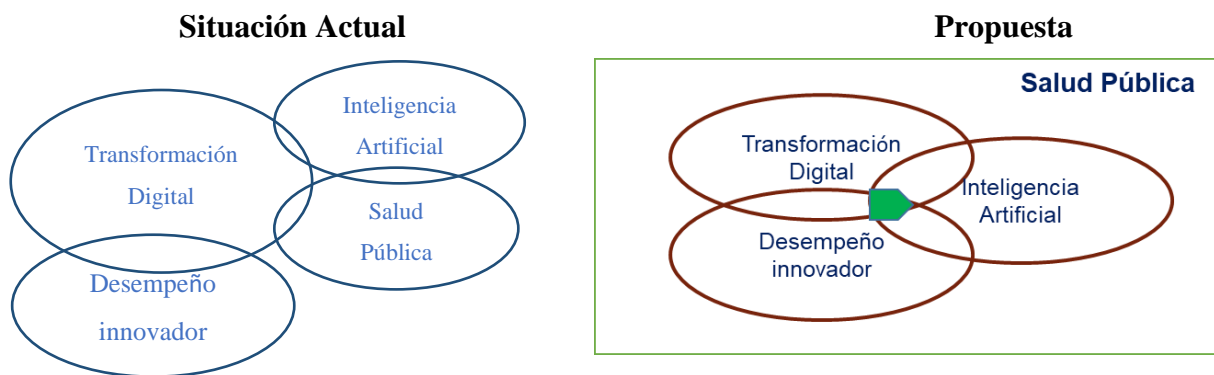
El uso de la inteligencia artificial para estimar indicadores de salud no es frecuente en los institutos nacionales de salud pública. Los mayores obstáculos se presentan en la falta de recurso humano, las habilidades en el manejo de herramientas de inteligencia artificial y los problemas con la gobernanza de los datos que no permite su explotación para la toma de decisiones y el impacto que genera en el resultado de los indicadores del sector (Haneef et al., 2020).

Cómo conclusión de la revisión de la literatura se encontró una falta de adopción de la inteligencia artificial en el sector salud, como refiere (Haneef et al., 2020). Además se encuentra que la falta de adopción de inteligencia artificial genera una afectación negativa en los indicadores del sector salud, debido a que no se aprovechan las ventajas del análisis de datos y su explotación para la toma de decisiones.

Las métricas de desempeño innovador encontradas no son suficientes para medir el desempeño innovador en el sector salud, puesto que existen factores, procesos, organizaciones, fuentes de información, indicadores, intervenciones sociales y estrategias que se deben tener en cuenta como insumo para la medición del desempeño innovador en el sector.

Al proponer una metodología basada en la adopción de la inteligencia artificial que aporte al proceso de la transformación digital en programas de salud pública y a su vez a la toma de decisiones en el sector salud, facilitará la generación de nuevo conocimiento y la intervención estratégica en el sector.

Figura 10. Variables para tener en cuenta en el trabajo de tesis doctoral



Fuente: Elaboración propia

Al adoptar estas tecnologías en el sector salud, se generan nuevas formas de abordaje a la población, nuevas intervenciones sociales, aporta a la innovación social y a la innovación en los procesos, entre otros. De este modo, se incorpora el concepto del desempeño innovador en el sector salud, teniendo en cuenta las diferentes variables, procesos y resultados del sector, que

pueden hacer parte de la definición del concepto y de las métricas de los indicadores del desempeño innovador del sector.

Hasta el momento no son suficientes las definiciones, variables y métricas del desempeño innovador encontradas en la literatura para ser aplicados al sector salud. Aportar a métricas del desempeño innovador en salud con variables e indicadores que permitan identificar programas de salud pública con un desempeño innovador alto, medio, bajo o nulo es importante, por ejemplo, estudiar la relación entre un desempeño innovador alto y el cumplimiento de las metas estratégicas permite motivar a la generación de procesos sociales innovadores, el aprovechamiento de los recursos, entre otros beneficios para el sector. Si bien se ha estudiado el aporte de los sistemas de información al desempeño innovador, este no ha sido estudiado específicamente en con el aporte de la inteligencia artificial.

Los resultados de aplicar una metodología basada en la adopción de la inteligencia artificial en los procesos de salud pública, aporta a la toma de decisiones asertivas con el fin de generar un impacto positivo en las metas estratégicas del sector, estas variables servirán de insumo para ser incluidos en las métricas de desempeño innovador que se definirán a partir de la revisión de las variables propuestas en el método definido en esta tesis doctoral.

4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

A continuación, se describe la metodología para cada uno de los objetivos formulados.

4.1 CLASIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo específico 1. Definir una metodología para el proceso de transformación digital en programas de salud pública en Colombia. Se utilizará un enfoque cualitativo y cuantitativo. La investigación tendrá un alcance correlacional teniendo en cuenta las diferentes variables del estudio.

Objetivo Específico 2. Diseñar un método para la adopción de técnicas de Inteligencia Artificial en programas de salud pública mediante la aplicación de técnicas de aprendizaje de máquinas y procesamiento de lenguaje natural. Se utilizará el enfoque cualitativo y cuantitativo. La investigación tendrá un alcance correlacional teniendo en cuenta las diferentes variables del estudio.

Objetivo Específico 3. Diseñar un método para la medición del desempeño innovador en un programa de salud pública. Se utilizará un enfoque cuantitativo y cualitativo teniendo en cuenta la revisión sistemática sobre indicadores de desempeño innovador que en la actualidad se encuentran propuestos. La investigación tendrá un alcance correlacional para evaluar las diferentes variables planteadas, las entrevistas a expertos y la construcción de métricas que aporten al método.

Objetivo Específico 4. Validar la metodología para el proceso de transformación digital mediante un caso de estudio en el programa de salud pública de tuberculosis. Se utilizará un enfoque cuantitativo y cualitativo, se plantearán diferentes estrategias para la aplicación de técnicas de inteligencia artificial en las fuentes de información y las variables del sector, se realizará un análisis de los procesos, las estrategias, las brechas para el cumplimiento de las metas establecidas en los programas de salud pública, entre otros definidos en el estudio, el diseño será un estudio de caso en programas de salud pública de tuberculosis.

4.2 DESCRIPCIÓN DE FUENTES DE DATOS

Objetivo específico 1. Definir una metodología para el proceso de transformación digital en programas de salud pública en Colombia. Se realizará una búsqueda sistemática de referencias

bibliográficas sobre los procesos de transformación digital y se generará una base de datos, se realizarán entrevistas a expertos en transformación digital.

Objetivo Específico 2. Diseñar un método para la adopción de técnicas de Inteligencia Artificial en programas de salud pública mediante la aplicación de técnicas de aprendizaje de máquinas y procesamiento de lenguaje natural. A través de las entrevistas semi-estructuradas realizadas a expertos de programas de salud pública, se recogerá información sobre los procesos, estrategias, sistemas de información y variables que aporten al diseño del método. Se utilizarán las bases de datos de vigilancia en salud pública, en las cuales se realiza sistemáticamente la recolección, análisis, interpretación y divulgación de datos de salud pública. Se incluirán las bases de datos de los programas de promoción y prevención en salud pública, donde se registra el seguimiento de los pacientes que han sido diagnosticados y reportados al sistema de vigilancia en salud pública.

Objetivo Específico 3. Diseñar un método para la medición del desempeño innovador en un programa de salud pública. Se propone generar una base de datos de la búsqueda sistemática de las referencias bibliográficas sobre indicadores y las diferentes propuestas de la forma del cálculo del desempeño innovador, de igual manera se generará una base de datos con el resultado de las entrevistas a los expertos y las bases de datos de los programas de salud pública con el fin de identificar las variables y los procesos que contribuyan al planteamiento de los indicadores de desempeño innovador.

Objetivo Específico 4. Validar la metodología para el proceso de transformación digital mediante un caso de estudio en el programa de salud pública de tuberculosis. Se tomarán la base de datos con el resultado de las entrevistas a los expertos y las bases de datos de los programas de salud pública para aplicar los métodos definidos de transformación digital con inteligencia artificial y el método para plantear el cálculo de los indicadores del desempeño innovador, esta información será obtenida de los diferentes programas de salud pública de tuberculosis del orden departamental, municipal, nacional o internacional.

4.3 MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE DATOS

Objetivo específico 1. Definir una metodología para el proceso de transformación digital en programas de salud pública en Colombia. Se propone generar una base de datos de la búsqueda sistemática de las referencias bibliográficas sobre procesos de transformación digital y

entrevistas a expertos para la definición de la metodología.

Objetivo Específico 2. Diseñar un método para la adopción de técnicas de Inteligencia Artificial en programas de salud pública mediante la aplicación de técnicas de aprendizaje de máquinas y procesamiento de lenguaje natural. Se propone realizar una búsqueda sistemática en diferentes bases de datos bibliográficas tanto del área de la inteligencia artificial y la salud pública, que permita plantear la metodología de inteligencia artificial teniendo en cuenta los algoritmos, las plataformas utilizadas y su aplicabilidad en los programas de salud pública que aporte al diseño de la metodología propuesto. Se realizarán entrevistas semi-estructuradas a expertos de programas de salud pública del orden departamental, municipal, nacional o internacional que serán contactados a través de correo electrónico, los resultados de las encuestas serán sistematizadas y analizadas en conjunto con los datos del programa de salud pública de tuberculosis.

Objetivo Específico 3. Diseñar un método para la medición del desempeño innovador en un programa de salud pública. Se propone generar una base de datos de la búsqueda sistemática de las referencias bibliográficas sobre indicadores y la forma de medición de desempeño innovador, de igual manera se generará una base de datos con el resultado de las entrevistas a los expertos y se utilizarán las bases de datos de los programas de salud pública para el análisis de la información del programa, y de vigilancia en salud pública, esta información será obtenida del programa de salud pública de tuberculosis del orden departamental, municipal, nacional o internacional, los datos serán incluidos en el método para el cálculo de las métricas de desempeño innovador.

Objetivo Específico 4. Validar la metodología para el proceso de transformación digital mediante un caso de estudio en el programa de salud pública de tuberculosis. Se gestionará la participación de los programas de salud pública de tuberculosis del orden municipal, departamental, nacional o internacional que intervendrán en el estudio teniendo en cuenta la información de las bases de datos de los pacientes con tuberculosis, de igual manera las encuestas realizadas a los expertos del programa de tuberculosis.

4.4 MÉTODOS DE MANEJO DE DATOS

Objetivo específico 1. Definir una metodología para el proceso de transformación digital en programas de salud pública en Colombia. La información recolectada en las bases de datos

será analizada y aportará a definir la metodología.

Objetivo Específico 2. Diseñar un método para la adopción de técnicas de Inteligencia Artificial en programas de salud pública mediante la aplicación de técnicas de aprendizaje de máquinas y procesamiento de lenguaje natural. La información recolectada en las bases de datos será analizada con software para inteligencia artificial como Knime, Python, weka, R o power BI, aplicando los diferentes algoritmos en las diferentes fuentes de información, se aplicarán los pasos del método propuesto y se documentarán los resultados.

Objetivo Específico 3. Diseñar un método para la medición del desempeño innovador en un programa de salud pública. Se propondrá los pasos a seguir para diseñar el método de la medición del indicador propuesto, se analizará la información recolectada en las bases de datos teniendo en cuenta las variables y procesos definidos, se aplicarán diferentes técnicas estadísticas según la literatura y teniendo en cuenta los resultados de la aplicación de la inteligencia artificial, de igual manera se propondrá una escala para medir el desempeño según la literatura.

Objetivo Específico 4. Validar la metodología para el proceso de transformación digital mediante un caso de estudio en el programa de salud pública de tuberculosis.

Se realizará una correlación de variables para realizar el cálculo del indicador del desempeño innovador a partir de los resultados de las entrevistas y el análisis de las diferentes variables y procesos del programa y vigilancia en salud pública del evento de tuberculosis con diferentes técnicas de la inteligencia artificial utilizando el software Knime, Python, weka, R, o power BI se valorará el grado del desempeño innovador del programa en estudio a partir de los datos analizados.

En la siguiente tabla se describe la metodología por cada uno de los objetivos.

Tabla 5. Tabla resumen de la metodología

| Objetivos | Tipo de investigación | Descripción de Fuentes de Datos | Métodos de Manejo de Datos | Métodos de Comunicación |
|--|--|---|--|--|
| 1. Diseñar un método para la adopción de la Inteligencia Artificial en programas de salud pública. | Enfoque: Cuantitativo y cualitativo Diseño: Observacional Alcance: Descriptivo | Revisión sistemática de transformación digital y de Inteligencia Artificial Entrevistas semi-estructuradas a expertos de salud pública. Estructuras de las diferentes bases de datos. | Base de datos de entrevistas y revisión sistemática para el análisis de información. | Desarrollo de un Artículo científico. |
| 2. Diseñar un método para la medición del desempeño innovador en programas de salud pública. | Enfoque: Cuantitativo Diseño: observacional Alcance: Correlacional | Revisión de literatura sobre el DI y de indicadores de DI. Entrevistas a Expertos Base de datos de literatura | Base de datos de entrevistas y revisión sistemática para el análisis de información. | Desarrollo de un Artículo científico. |
| 3. Validar la metodología para el proceso de transformación digital mediante un caso de estudio en el programa de salud pública de tuberculosis. | Enfoque: Cualitativo y cuantitativo, Diseño: Caso de estudio-observacional | Entrevistas a Expertos Bases de datos del programa de salud pública de tuberculosis seleccionados de Colombia para realizar el caso de estudio. | Aplicación de algoritmos de inteligencia artificial a las bases de datos del programa de tuberculosis con el software Knime Entrevistas a expertos. Bases de datos con indicadores del DI. | Desarrollo de la tesis doctoral y de un artículo científico. |

Fuente: Elaboración propia

4.5 MÉTODOS DE COMUNICACIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

El producto central de la investigación será el desarrollo de un documento de tesis doctoral que contiene el proceso de transformación digital de programas de salud pública mediante la inteligencia artificial para incentivar el desempeño innovador en el sector salud, con el resultado de los objetivos específicos se generarán cuatro artículos científicos que serán

publicados.

Los artículos propuestos se dividen por objetivos de la siguiente manera:

- Inteligencia artificial y transformación digital en salud pública: revisión sistemática y desafíos
- El desempeño innovador en programas de salud pública a partir de la transformación digital.
- Método para la medición del desempeño innovador en programas de salud pública de tuberculosis.
- Transformación digital, inteligencia artificial y desempeño innovador en programas de salud pública de tuberculosis.

5. RESULTADOS: METODOLOGÍA IADI PARA EL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN PROGRAMAS DE SALUD PÚBLICA

Con el objetivo de aportar en la solución del problema del incipiente uso de la aplicación de la inteligencia artificial en el sector salud que contribuya a tomar mejores decisiones para generar un impacto positivo en el resultado de los indicadores del sector y de métricas insuficientes para medir adecuadamente el desempeño innovador, en este capítulo se presenta una propuesta de una metodología llamada IADI (Inteligencia artificial y Desempeño Innovador).

La metodología IADI diagnostica el proceso de transformación digital en programas de salud pública, y marca una hoja de ruta por medio de un método para la adopción de técnicas de inteligencia artificial y un método para medir el desempeño innovador en el sector salud. Para la construcción de la metodología propuesta se tuvo en cuenta los procesos de transformación digital planteados por la OMS. A continuación, se presentan los procesos actuales.

Figura 11. Transformación digital actual (OMS, 2021)



Fuente: Tomado (OMS, 2021).

En la transformación digital actual (OMS, 2021) se tienen los siguientes componentes:

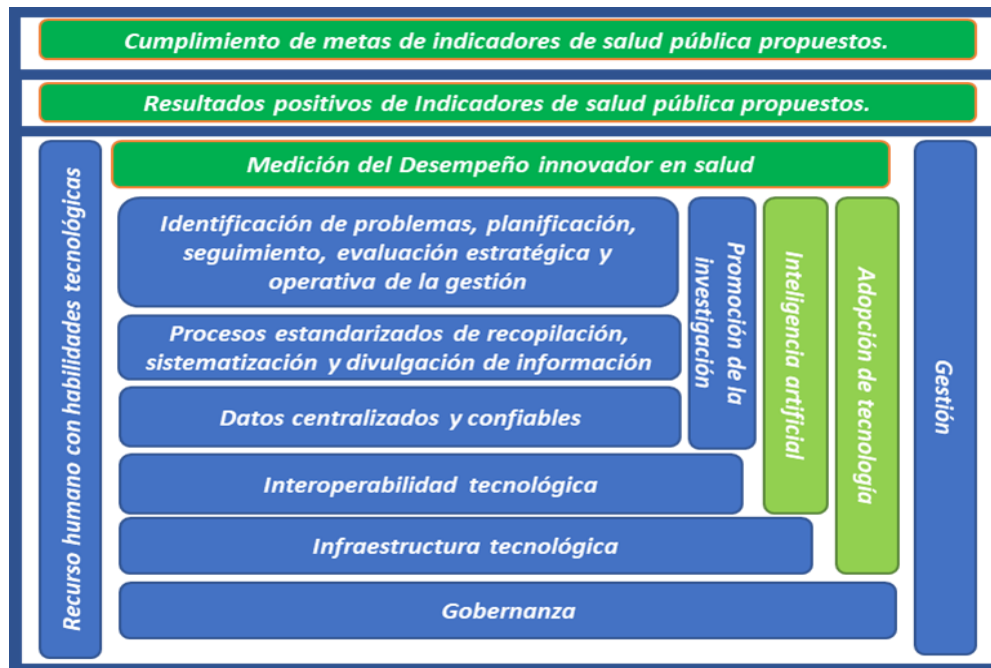
- La Gobernanza definida como la formulación o establecimiento de normas y estándares para el desarrollo y adopción de aplicaciones informáticas, el fortalecimiento institucional,

formulación de políticas de los sistemas de información el monitoreo de las actividades para evaluar el desarrollo, implementación y el impacto de políticas de gobierno digital.

- La infraestructura tecnológica que permite identificar y abordar las necesidades de los establecimientos de salud en infraestructura tecnológica, conectividad universal y la interoperabilidad para el acceso abierto y oportuno a los datos desagregados y la integración de los sistemas nacionales y locales de salud para las intervenciones en salud pública es una prioridad.
- La Interoperabilidad tecnológica definida como la capacidad de las organizaciones para intercambiar información y conocimiento en el marco de sus procesos de negocio para interactuar hacia objetivos mutuamente beneficiosos, con el propósito de facilitar la entrega de servicios digitales a ciudadanos, empresas y a otras entidades, mediante el intercambio de datos entre sus sistemas TIC.
- Datos centralizados, confiables y de buena calidad; definida como la exactitud, completitud, integridad, actualización, coherencia, relevancia, accesibilidad y confiabilidad necesarias para resultar útiles.
- Procesos estandarizados de recopilación, sistematización, procesamiento y divulgación de información teniendo en cuenta sistemas de información o herramientas informáticas que faciliten la divulgación de información en salud pública.
- Identificación de problemas a partir de los datos, la planificación el seguimiento, la evaluación estratégica y operativa de la gestión a partir de los datos generados en los programas de salud pública.
- El recurso humano con habilidades tecnológicas aplicadas a salud pública.
- La promoción de la investigación operativa a partir de los datos en los programas de salud pública.
- Se plantea la inteligencia artificial como una tecnología emergente que puede aportar al análisis de los datos como una buena práctica dentro del transformación digital.
- La gestión de las tecnologías de la información, que aporte al gerenciamiento de los sistemas de información, el registro, la clasificación e integración de fuentes de información compuestas por datos estructurados y no estructurados que aporte al análisis de los datos en salud pública.

La metodología IADI contempla intervenir 2 componentes actuales, los cuales se resaltan en verde claro en la figura 12, e incluir 3 componentes nuevos resaltados en color verde oscuro.

Figura 12. Propuesta de procesos de Transformación Digital



Fuente: Adaptación (OMS, 2021).

A continuación, se describen los componentes intervenidos y propuestos:

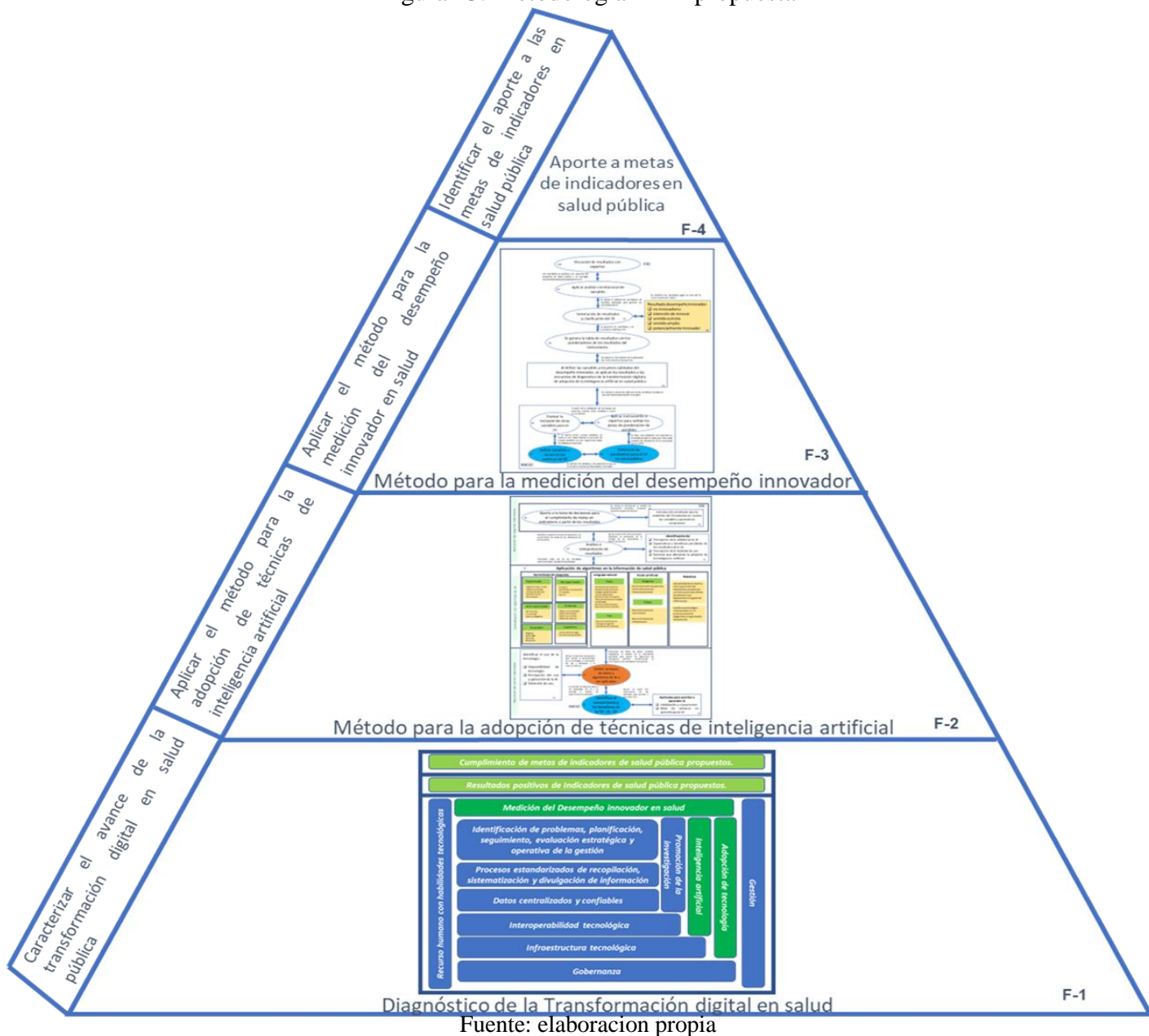
- Priorizar la inteligencia artificial como herramienta para el análisis de la información de salud pública que aporte a la toma de decisiones rutinarias.
- Intensificar las estrategias que aporten a la adopción de la inteligencia artificial en los programas de salud pública como herramienta para el análisis de la información.
- Medir el desempeño innovador en los programas de salud pública, con el fin de identificar el nivel e intensificar la innovación a partir de los resultados de la medición.
- Identificar los resultados positivos obtenidos en los indicadores de salud pública a partir de la toma de decisiones, como aporte del avance de la transformación digital.
- Describir el cumplimiento de las metas de los indicadores en salud pública, a partir de la toma de decisiones generadas por el avance de la transformación digital.

Teniendo en cuenta los aportes de los nuevos componentes propuestos en la transformación digital, la metodología IADI permite hacer el diagnóstico de la transformación digital en el sector salud; facilita la adopción de la inteligencia artificial y permite medir el

desempeño innovador en programas de salud pública, como aporte a los procesos para lograr el cumplimiento de las metas de los indicadores del sector salud.

La metodología IADI propuesta incluye 4 fases descritas a continuación: 1) Caracterizar el avance de la transformación digital para el sector salud, 2) Aplicar el método para la adopción de técnicas de inteligencia artificial en salud pública, 3) Aplicar el método para la medición del desempeño innovador en salud pública y 4) Identificar el aporte a las metas de los indicadores de salud pública. Las fases se presentan en la figura 13.

Figura 13. Metodología IADI propuesta



Fuente: elaboración propia

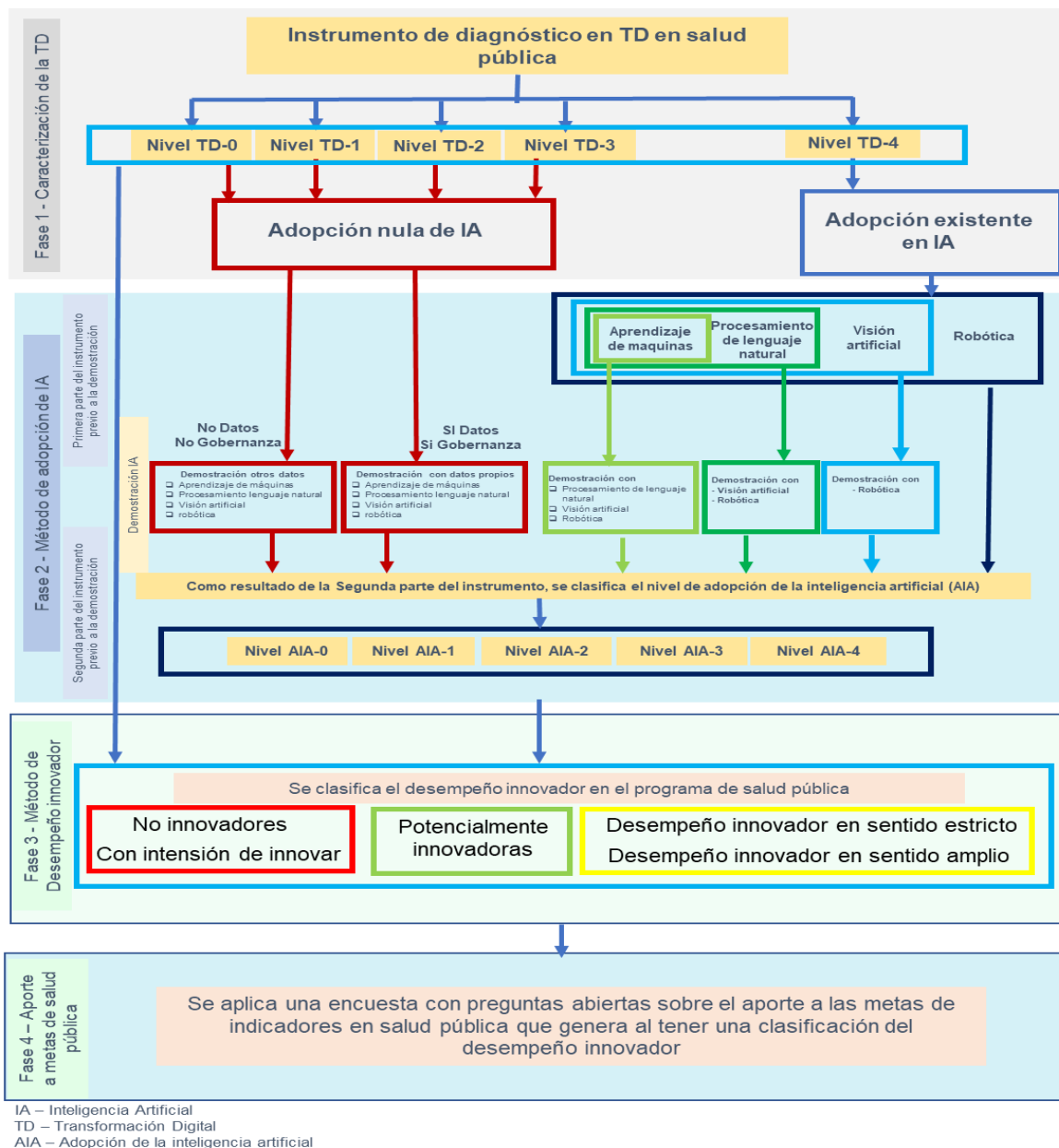
La metodología IADI se puede aplicar a un equipo interdisciplinario de profesionales de los programas de salud pública de las siguientes áreas:

- Experto del área de sistemas de información del programa de salud pública.
- Experto en el área del programa salud pública.
- Experto en el área de epidemiología del programa de salud pública.
- Experto tomador de decisiones en el programa de salud pública.

Sin embargo, si el programa de salud pública no tiene el recurso humano disponible, se puede aplicar al coordinador o epidemiólogo de la institución.

Se plantea el flujograma que permite guiar la aplicación de la metodología teniendo en cuenta los resultados de la caracterización para definir el nivel de avance de la transformación digital en el programa de salud pública estudiado (figura 14).

Figura 14. Flujograma para la aplicación de la metodología IADI para salud pública.



Fuente: Elaboración propia

El tiempo estimado para el desarrollo de la metodología IADI es de 2 horas y 30 minutos aproximadamente, con el siguiente tiempo estimado en cada fase:

-
- Fase 1. Diagnóstico de la transformación digital: 45 minutos aproximadamente, teniendo en cuenta la presentación de conceptos y aplicación de la encuesta.
 - Fase 2. Método para la adopción de la inteligencia artificial. La aplicación del primer instrumento en un tiempo de 15 minutos, la demostración con los algoritmos de inteligencia artificial se tienen dos opciones a) Si el programa de salud pública suministra los datos, se realiza la demostración con la información propia, b) Si el programa de salud pública no tiene datos propios o no los puede suministrar por temas de confidencialidad, la demostración se realiza con resultados de otro programa de salud pública en un tiempo estimado de 30 minutos, la aplicación de la continuación del instrumento posterior a la demostración: 15 minutos aproximadamente.
 - Fase 3. Método para la medición del desempeño innovador: calculo a partir de los resultados de la fase 1 y 2, la retroalimentación y discusión de resultados, 25 minutos horas aproximadamente.
 - Fase 4. Llenado del instrumento para el aporte a metas de indicadores de salud pública: 20 minutos aproximadamente.

La construcción de los instrumentos de la metodología IADI se basó en los principios de representatividad, relevancia, diversidad, claridad, sencillez y comprensibilidad (Muñiz et al., 2005). Para la construcción de los instrumentos se realizaron los siguientes pasos:

- Se realizó la revisión bibliográfica del componente de transformación digital, inteligencia artificial, adopción de tecnología, desempeño innovador y la medición de indicadores y cumplimiento de metas en salud pública, para identificar variables a ser incluidas en los instrumentos como se describe en la tabla 6.

Tabla 6. Resumen del soporte bibliográfico utilizado para la construcción de los instrumentos

| Componente | Soporte bibliográfico |
|--|---|
| Diagnóstico de la transformación digital | <p>-Se incluyen las variables sociodemográficas de los participantes del estudio.</p> <p>-Se incluyeron variables de los componentes propuestos por (OMS, 2021).</p> <p>-Teniendo en cuenta el aprovechamiento de las nuevas tecnologías, se tienen en cuenta variables para el capital humano y el capital social para generar ventaja competitiva (Sapta et al., 2020).</p> <p>-Variables que aportan a la rendición de cuentas, la gestión y uso de la información, conocer el impacto, mejorar la eficiencia en los diferentes procesos del sector e innovar en el diseño de programas que incentiven la inversión en nuevas tecnologías (Fernández et al., 2020).</p> <p>-Variables que aporten a comprender cuál es el impacto de la transformación sobre cargas de trabajo y procesos en los usuarios finales del sistema, y la interconectividad. Según (Ngereja et al., 2020)</p> |
| Método de adopción de tecnología | <p>Se incluyen variables que aporten al método de adopción de tecnología.</p> <p>-TAM - Modelo de Aceptación de Tecnología, (Davis, 1989).</p> <p>-TAM2 - Extensión del modelo de aceptación de tecnología – TAM (Venkatesh y Davis (2000) con la inclusión de variables que pueden tener influencia sobre las intenciones y experiencia en el uso a través de su efecto en la utilidad percibida.</p> <p>-TAM3 - Extensión del modelo de aceptación de la tecnología TAM2 (Venkatesh y Bala, 2008)</p> <p>-El modelo de la teoría unificada de la aceptación y el uso de la tecnología (UTAUT) (Venkatesh et al., 2003) en el que incluye la aceptación, la intención de uso y el uso de la tecnología, la expectativa del rendimiento, la expectativa de esfuerzo, la influencia social, las condiciones facilitadoras).</p> <p>-Modelo de utilización de las tecnologías de la información Moore y Benbasat (1991, 1996)</p> <p>-Modelo TOE (Technology-Organization-Environment), (Tornatzky y Fleischer, 1990)</p> |
| Método de adopción de técnicas de Inteligencia Artificial | <p>Se construye el instrumento con variables que permitan identificar el estado de la Inteligencia artificial con los algoritmos plantados en el método de adopción de inteligencia artificial.</p> <p>-Aprendizaje supervisado de máquinas - (Rojas, E. 2018), (Mueller, J., & Massaron, L., 2016).</p> <p>-Procesamiento de lenguaje natural - (Velasco, 2014), (García Sánchez, 2019) y (Álvarez, 2022).</p> <p>-Visión artificial - (Muñoz r, 2014) y (R.L Cobeñas et al 2022).</p> <p>-Robótica - (Cornejo et al., 2020) y (Vázquez, 2022).</p> <p>Cada una de las ramas de la inteligencia artificial enunciada se encuentran soportada en el documento en la sección 5.2.5</p> |
| Desempeño innovador | <p>Ver tabla de variables incluidas en las métricas de desempeño innovador y soporte de la revisión de literatura</p> |

Fuente: Elaboración propia

- Para el instrumento del diagnóstico de la transformación digital y el método de adopción de inteligencia artificial, se tiene en cuenta la base teórica presentada en la tabla 6.

- Para el instrumento de medición del desempeño innovador, se seleccionaron variables de diferentes estudios y se soporta con literatura como se evidencia en la Tabla 7 que contiene las variables incluidas en las métricas de desempeño innovador. Este instrumento además de tener el soporte de la revisión de literatura fue validado con expertos como se presenta en la sección 5.3.3. Este instrumento contiene una pregunta abierta sobre la inclusión de nuevas variables.
- Posteriormente se realizó la construcción de los instrumentos, definiendo variables a partir de la revisión bibliográfica de los componentes de la metodología IADI. Se incluyeron variables que aporta a cada uno de los objetivos del estudio y por cada uno de los componentes, excluyendo las que no aportan a los objetivos del estudio.
- Se realizó una prueba piloto para probar el instrumento en: tiempo de aplicación, consistencia y coherencia de preguntas, aplicabilidad al sector salud, representatividad, validez, claridad, sencillez y comprensión en las preguntas. A partir de la aplicación de la prueba piloto, se realizaron ajustes a los instrumentos iniciales, disminuyendo variables que no aportaban a los objetivos propuestos en el estudio e identificando el tiempo promedio de aplicación, antes de realizarla en los casos de estudio de los programas de salud pública de tuberculosis.
- Se incluyeron definiciones o ayudas que entregan un mejor entendimiento de las variables a ser evaluadas en el instrumento por parte del entrevistado.
- Se construyó un formulario en LimeSurvey para el registro de los instrumentos en línea, lo que facilitó la obtención de las bases de datos en un menor tiempo.

A continuación, se describen las 4 fases de la metodología IADI.

5.1 FASE 1: DIAGNÓSTICO DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL

En la primera fase (F1) de la metodología IADI, se plantea realizar una presentación inicial para estandarizar los conceptos y las definiciones que serán aplicadas a los expertos, lo cual facilitará la comprensión y las respuestas a las preguntas del instrumento propuesto para esta fase. Figura 15.

Figura 15. Instrumento para la caracterización de la Transformación Digital en programas de salud pública

Instrumento para la caracterización de la Transformación Digital

País: _____ Ciudad: _____

Nombre de la persona que llena la información: _____

Cargo: _____ Teléfono: _____

Correo Electrónico: _____

Fecha de aplicación: dd/mm/aaaa. / / ____

Nivel del programa de salud pública:
Internacional __ Nacional __ Departamental __ Municipal __ Otro cuál: __

Nombre del programa de salud pública _____

1. ¿Tiene una estrategia de Transformación Digital (TD) para salud pública?
Si No

1.1 Si la respuesta del punto 1 es NO, ¿se tiene contemplado una estrategia de TD para salud pública para los próximos 3 años?
Si No

1.2 Si la respuesta del punto 1 es SI, describa brevemente la estrategia de transformación digital que tiene o se contempla adelantar para salud pública en los próximos 3 años incluyendo los procesos de transformación digital a ser intervenidos. _____

1.3 ¿Cuáles considera que son las principales barreras y desafíos para lograr la transformación digital en salud pública en los próximos 3 años?
Presupuesto La cultura El desconocimiento La falta de liderazgo
La falta de capital humano Otras barreras y desafíos _____

1.4 ¿Porque cree usted que la transformación digital es importante dentro del desarrollo de los programas de salud pública?

1.5 ¿Cuánto considera usted que ha avanzado en la transformación digital en salud pública?
Mucho Medianamente Poco Muy poco Nada

1.6 ¿Tiene recursos financieros para el fortalecimiento de la transformación Digital?
Si se tienen, pero son insuficientes No se tienen Si y son suficientes

Teniendo en cuenta los procesos de la transformación digital:

2.1 La Gobernanza (Dirigida como la formulación o establecimiento de normas y estándares para el desarrollo y adopción de aplicaciones informáticas, el fortalecimiento institucional, formulación de políticas de los sistemas de información al monitoreo de las actividades para evaluar el desarrollo, implementación y el impacto de políticas de gobierno digital)

2.1.1 ¿Se tiene un proceso de gobernanza para los sistemas de información en salud pública?
Si No

2.1.2 ¿El sistema de información de salud pública se encuentra enmarcado en una política de gobierno digital?
Si No

2.1.3 ¿Se tiene establecido la adopción de normas y procedimientos para implementar los sistemas de información de salud pública?
Si No

2.1.4 ¿Se tienen estándares establecidos para la adopción de los sistemas de información de salud pública?
Si No

2.1.5 ¿Se ha evaluado el desarrollo, la implementación y el impacto de las políticas de gobierno digital en el aporte que se brinda al cumplimiento de las metas de los indicadores de los programas de salud pública?
Si No

2.1.6 Si se ha evaluado, ¿qué resultados arroja la evaluación de las políticas de gobierno digital en el desarrollo, la implementación y el impacto al cumplimiento de las metas de los indicadores de los programas de salud pública _____

2.2 Infraestructura tecnológica (Identificar y abordar las necesidades de los establecimientos de salud en infraestructura tecnológica, conectividad universal y la interoperabilidad para el acceso abierto y oportuno a los datos disagregados y la integración de los sistemas nacionales y locales de salud para las intervenciones en salud pública de una prioridad)

¿Tiene un proceso para fortalecer la infraestructura y desarrollo tecnológico en los programas de salud pública?

En esta primera fase se realiza el diagnóstico de la transformación digital en los programas de salud pública a través del instrumento (anexo I), que se aplica a través de una encuesta en línea con el fin de analizar el nivel de avance de los procesos de la transformación digital en los programas de salud pública.

En el instrumento se evalúa sobre los componentes de gobernanza, infraestructura tecnológica, interoperabilidad tecnológica, datos centralizados y de buena calidad, procesos estandarizados de recopilación, sistematización y divulgación de información, identificación de problemas, la planificación, el seguimiento, la evaluación estratégica y operativa de la gestión, el recurso humano con habilidades tecnológicas, la gestión de los sistemas de información, la promoción de la investigación, el avance de la inteligencia artificial, la adopción de tecnología, el aporte a los resultados de los indicadores en salud pública y al cumplimiento de las metas propuestas. Posteriormente, se descarga el resultado de la encuesta en línea, se generan los resultados del diagnóstico de la transformación digital y se socializan los resultados con el programa de salud pública.

Para definir los niveles de transformación digital se tiene en cuenta el avance de los programas de salud pública en cada uno de los componentes de la transformación digital y se clasifican en los siguientes niveles:

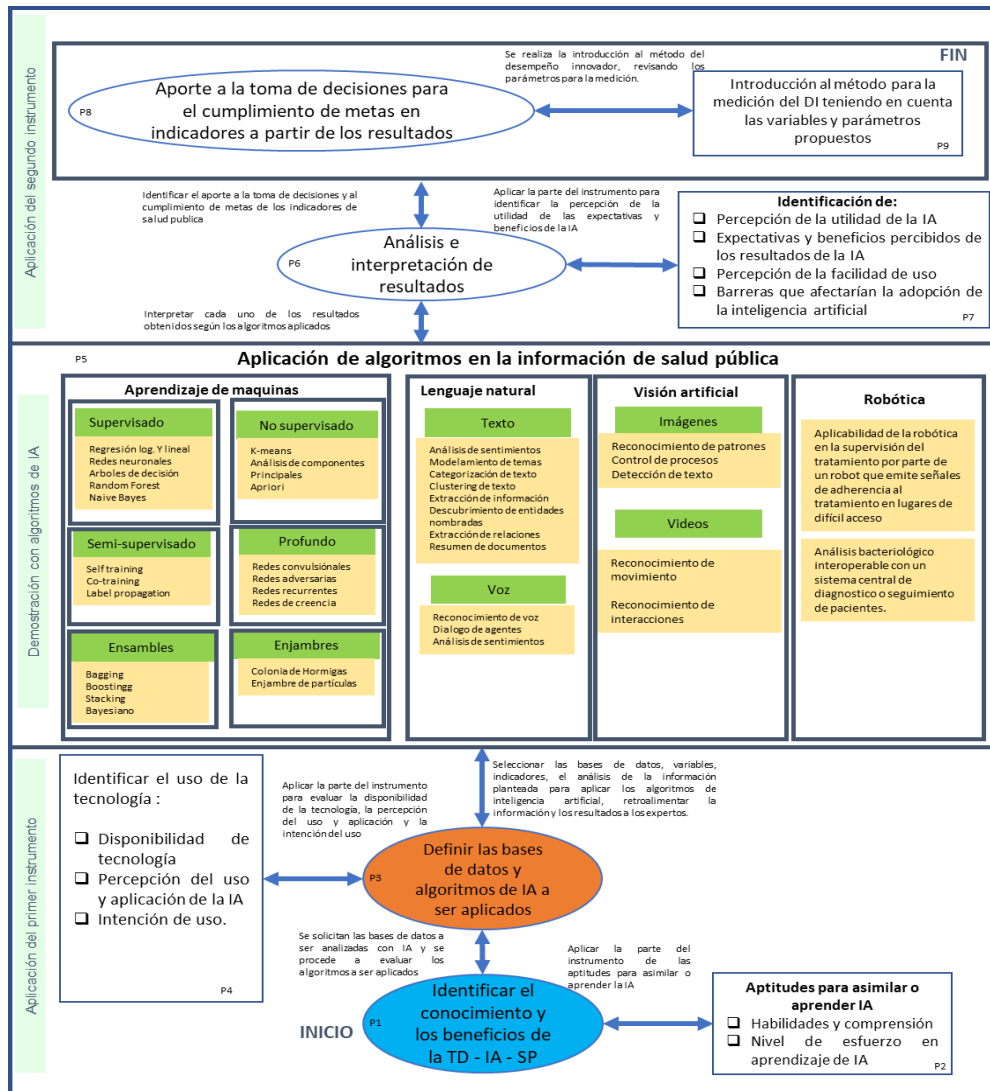
- **Nivel TD-0** - No se tiene previsto un plan de implementación para la transformación digital con recursos asignados en los próximos 3 años.
- **Nivel TD-1** - Se tiene definido un plan de implementación con recursos asignados en los próximos 3 años en tres de los procesos de transformación digital pero no contempla IA.
- **Nivel TD-2** - Se tiene definido un plan de implementación con recursos asignados en los próximos 3 años en cuatro o cinco de los procesos de transformación digital pero no contempla IA.
- **Nivel TD-3** - Se tiene definido un plan de implementación con recursos asignados en los próximos 3 años en seis o más de los procesos de transformación digital, tienen un software en línea que permite el registro de los casos del programa de salud pública y no contempla IA.
- **Nivel TD-4** - Se tiene definido un plan de implementación con recursos asignados en los próximos 3 años en el proceso de transformación digital que contempla un software en línea que permite el registro de los casos del programa de salud pública y utiliza la inteligencia artificial. Dentro de las ramas de la inteligencia artificial que pueden tener implementados los programas de salud pública son la aplicación en aprendizaje de máquinas, el procesamiento de lenguaje natural, la visión artificial y la robótica.

5.2 FASE 2: MÉTODO PARA LA ADOPCIÓN DE TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN PROGRAMAS DE SALUD PÚBLICA.

Para la fase 2 (F2) de la metodología IADI, se propone un método para la adopción de técnicas de inteligencia artificial en programas de salud pública (figura 18), que tiene en cuenta los siguientes modelos de adopción de tecnología: Modelo de aceptación de tecnología (TAM) de (Davis, 1989), el modelo TOE (Technology-Organization-Environment), de (Tornatzky y Fleischer, 1990), el modelo de la teoría unificada de la aceptación y el uso de la tecnología, incluyendo variables que aportan a la adopción de la inteligencia artificial como la percepción, las expectativas, los beneficios y las barreras de la adopción, y evaluando el aporte en el impacto en toma de decisiones en salud pública. En esta fase se plantea realizar una presentación a los

expertos para estandarizar los conceptos que serán aplicados, lo cual facilitará la comprensión y las respuestas a las preguntas del instrumento propuesto para esta fase. A continuación, se describe el método para la adopción de técnicas de inteligencia artificial en programas de salud pública por cada uno de los pasos (P) ilustrados en la figura 16.

Figura 16. Método para la adopción de técnicas de inteligencia artificial en programas de salud pública.



Fuente: elaboración propia

El instrumento (Anexo II) que se aplica a los expertos en dos momentos diferentes y tiene como objetivo aportar en el análisis del nivel de adopción de la inteligencia artificial (AIA) en los programas de salud pública. Figura 17.

La primera parte del instrumento, de los pasos P(1) al P(4), permite identificar las aptitudes, la disponibilidad, la percepción e intención de uso de la inteligencia artificial.

La segunda parte del instrumento, de los pasos P(6) al P(9), permite analizar los resultados de la demostración de la IA, la utilidad, los beneficios percibidos, la percepción de la facilidad del uso de la IA y el aporte a la toma de decisiones para el cumplimiento de metas de salud pública.

Figura 17. Primera parte del instrumento del método de adopción de técnicas de inteligencia artificial.

Instrumento para el método de adopción de técnicas de inteligencia artificial.

P1- Identificar el conocimiento y los beneficios de la transformación digital con la aplicación de la inteligencia artificial en salud pública.

1. Conoce cuáles son los beneficios de la inteligencia artificial en salud pública
 Si No

En esta parte del instrumento se analiza con el equipo interdisciplinario los beneficios y la utilización de las tecnologías emergentes en salud pública

| Tecnologías emergentes | Beneficios | Utilización |
|-----------------------------------|------------|-------------|
| Inteligencia Artificial Aplicada | | |
| Aprendizaje de máquinas | | |
| Procesamiento de lenguaje natural | | |
| Visión artificial | | |
| Robótica | | |
| Business Intelligence | | |

P2- Aptitudes para asimilar o aprender la inteligencia artificial

3.1 Habilidades y comprensión

3.1.1 El recurso humano está capacitado y comprometido en el aprendizaje de la inteligencia artificial para ser aplicada a salud pública.

3.1.2 El recurso humano tiene habilidades para asimilar o aprender nuevas tecnologías, en este caso la aplicación de la IA en los programas de salud pública

Si se tiene la habilidad para asimilar o aprender

No se tiene la habilidad para asimilar o aprender

Si se tiene la habilidad para asimilar o aprender, pero no se aplica con la información de salud pública

Si se tiene la habilidad para asimilar o aprender, pero no es relevante para los programas de salud pública

No se tiene recurso humano que maneje la IA en los programas de salud pública

Se hace análisis predictivo y prescriptivo sin la aplicación de la inteligencia artificial

3.1.3 El nivel de esfuerzo para asimilar o aprender la inteligencia artificial es:
 Bajo Medio Alto
 Bajo: Menor de 3 meses - Medio: Entre 3 y 6 meses - Alto: Mayor de 6 meses

P3 - Definir las bases de datos y algoritmos de inteligencia artificial a ser aplicados

En este paso se definen las bases de datos a ser utilizadas en la aplicación de la inteligencia artificial

4.1 Que información tiene disponible para la aplicación de los algoritmos de inteligencia artificial

Bases de datos nominales de Vigilancia en salud pública

Bases de datos nominales del programa de salud pública

Bases de datos nominales del laboratorio de salud pública

Bases de datos nominales de historia clínica

Otras bases de datos que aportan a la toma de decisiones

Describir otras bases de datos o fuentes de información disponibles que aportan a la toma de decisiones _____

P4- Identificar el uso de la tecnología:

En esta sección se identificará el uso de la tecnología de manera general

5.1 Disponibilidad de tecnología

5.1.1 Se dispone de software para el análisis de los datos
 Si No

5.1.1 ¿Describe cual software utiliza para el análisis de los datos? _____

5.1.2 El software para el análisis de los datos lo tiene en uso
 Si No

5.2.3 Para que lo utiliza _____

5.3 Percepción del uso y aplicación de la IA

Como resultado del desarrollo del método de adopción de técnicas de inteligencia artificial, se clasificará el nivel de adopción de la IA de la siguiente forma:

- **Nivel AIA-0** - No tiene bases de datos, no tiene recurso humano con capacidades de IA y no tiene ninguno de los algoritmos de IA implementado.
- **Nivel AIA-1** - Tiene bases de datos, recurso humano con capacidades o con facilidad para la adopción de IA.
- **Nivel AIA-2** - Tiene bases de datos, recurso humano con capacidades o con facilidad para la adopción de IA, y ha implementado al menos un algoritmo de inteligencia artificial.

- **Nivel AIA-3** - Tiene bases de datos, recurso humano con capacidades o con facilidad para la adopción de IA, ha implementado al menos un algoritmo de aprendizaje de máquinas, al menos un algoritmo de procesamiento de lenguaje natural y un algoritmo de visión artificial.
- **Nivel AIA-4** - Tiene bases de datos, recurso humano con capacidades de IA y ha implementado al menos un algoritmo de aprendizaje de máquinas, al menos un algoritmo de procesamiento de lenguaje natural, un algoritmo de visión artificial, un proceso con robótica y ha generado nuevos procesos, nuevas estrategias, los resultados aportan al cumplimiento de metas, es sostenible y ha generado publicaciones a partir de los resultados de la inteligencia artificial.

Para efectos de definir las capacidades de IA del recurso humano se tiene en cuenta la fácil capacidad de adopción, recurso humano disponible para el análisis de los datos con inteligencia artificial, recurso humano generando nuevas ideas a partir de los resultados de la IA.

La fácil capacidad de adopción se define a partir de los programas de salud pública con recurso humano que conozca los beneficios de la IA, recurso humano capacitado y comprometido en el aprendizaje de la inteligencia artificial para ser aplicada, recurso humano con habilidades para asimilar o aprender nuevas tecnologías, en este caso la aplicación de la IA, y que el nivel de esfuerzo para asimilar o aprender la inteligencia artificial por parte del recurso humano sea bajo (tiempo de asimilación o aprendizaje menor de 3 meses). A continuación se describen los pasos de este método.

5.2.1 P1: Identificar el conocimiento y los beneficios

El método inicia con la aplicación del instrumento a expertos para identificar el conocimiento, los beneficios y el uso de la transformación digital, profundizando en el proceso de inteligencia artificial, aprendizaje de máquinas, procesamiento de lenguaje natural, la visión artificial, la robótica y la inteligencia de negocios o business intelligence.

5.2.2 P2: Aptitudes para asimilar o aprender la IA

En esta parte del instrumento se pretende identificar las habilidades y el nivel de esfuerzo que tiene el recurso humano en el aprendizaje y la comprensión de la inteligencia artificial.

5.2.3 P3: Bases de datos y los algoritmos de la IA a ser aplicados

Se identifican las bases de datos disponibles para ser analizadas con algoritmos de IA, a continuación, se proponen las siguientes bases de datos para los eventos de interés en salud pública.

- El sistema de vigilancia epidemiológica que recolecta la información de los casos diagnosticados de los eventos de interés en salud pública.
- La base de datos oficial del programa de salud pública.
- La base de datos de los laboratorios de salud pública.
- Base de datos de mortalidad.
- Otras fuentes de información que aporten al análisis de los datos.

5.2.4 P4: Identificar el uso de la tecnología de IA

En este paso se aplica el instrumento para identificar la disponibilidad, la percepción, la aplicabilidad y la intención de uso de la tecnología inteligencia artificial en los programas de salud pública.

- Disponibilidad de tecnología: identificar si se tienen equipos de cómputo, software licenciado o libre para usar la inteligencia artificial en la información, bases de datos nominales, manuales y videos para facilitar el uso de la tecnología, entre otros.
- Percepción del uso y aplicación de la IA: identificar si se conoce cuál es el uso que se le puede dar a la IA, en qué y cómo se podría aplicar.
- Intención de uso: identificar cual sería la intención del uso y la periodicidad de la aplicación de algoritmos de IA a la información propia de salud pública.
- Aporte a los indicadores de salud pública: identificar cómo la aplicación y los resultados de la IA aportan a los indicadores de salud, antes de la generación de los resultados.

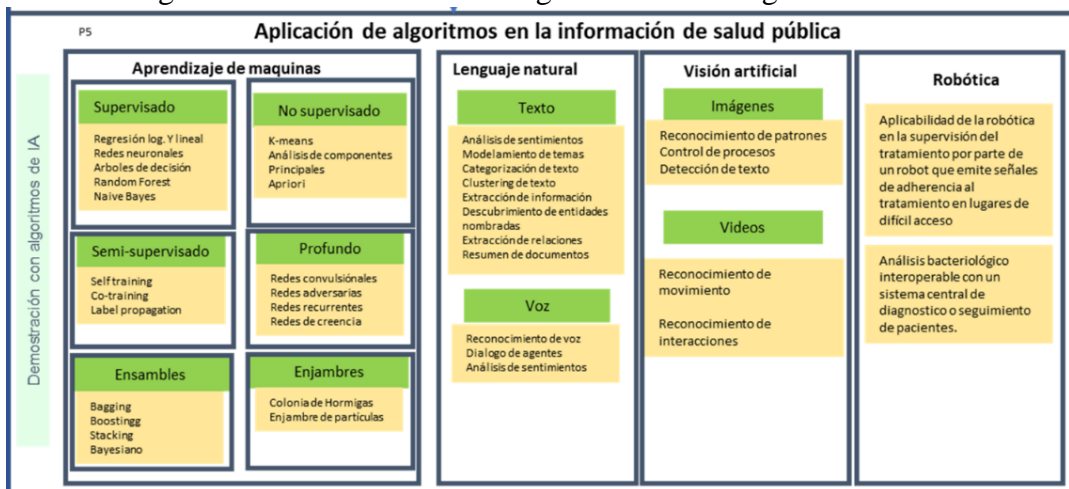
5.2.5 P5: Aplicación de algoritmos de IA de salud pública

Posteriormente, se realiza una demostración con los algoritmos de IA (figura 18) teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Si el programa de salud pública suministra los datos propuestos en el paso (P3) se realiza la demostración, en un tiempo estimado de 15 días.

- Si el programa de salud pública no tiene datos propios o no los puede suministrar por temas de confidencialidad, la demostración se realiza con resultados de otro programa en un tiempo estimado de 1 hora.

Figura 18. Demostración con algoritmos de inteligencia artificial



Fuente: elaboración propia.

Las ramas de la IA que se tienen en cuenta para la demostración son aprendizaje de máquinas, procesamiento de lenguaje natural, visión artificial y robótica.

La demostración de los algoritmos de IA se realiza teniendo en cuenta la adopción nula o existente de IA y de cuáles algoritmos tiene implementado el programa de salud pública, como lo describe la figura 16.

Cuando la adopción es nula, se realiza la demostración de la IA, aplicando por lo menos un algoritmo de aprendizaje de máquinas, un algoritmo de procesamiento de lenguaje natural, una demostración de visión artificial y de robótica.

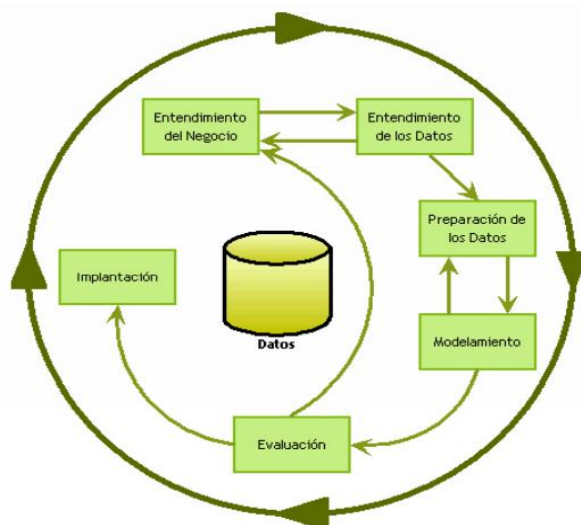
Cuando la adopción es existente, se evalúan las siguientes opciones para realizar la demostración:

- Con al menos un algoritmo de aprendizaje de máquinas implementado, se realiza la demostración aplicando por lo menos un algoritmo de procesamiento de lenguaje natural, una demostración de visión artificial y de robótica.
- Con al menos un algoritmo de aprendizaje de máquinas y al menos un algoritmo de procesamiento de lenguaje natural implementado, se realiza la demostración con visión artificial y de robótica.

- Con al menos un algoritmo de aprendizaje de máquinas, al menos un algoritmo de procesamiento de lenguaje natural y un algoritmo de visión artificial implementado, se realiza la demostración con robótica.
- Con al menos un algoritmo de aprendizaje de máquinas, al menos un algoritmo de procesamiento de lenguaje natural, un algoritmo de visión artificial y la robótica implementada, no se realiza ninguna demostración y se aplica directamente y se continua con la segunda parte del instrumento para el análisis de la adopción de la inteligencia artificial.

Para la demostración de la aplicación de los algoritmos se utiliza la metodología CRISP-DM (Rodríguez, 2010) que se describe a continuación:

Figura 19. Metodología CRISP-DM



Fuente: Tomado de (Rodríguez, 2010).

Inicialmente se definen las necesidades del análisis, el entendimiento de los datos, la preparación, el modelamiento y la evaluación de los modelos. Al finalizar la demostración de los algoritmos, se realiza la presentación del análisis e interpretación de resultados al grupo interdisciplinario de profesionales de sistemas de información, salud pública, epidemiólogos y tomadores de decisiones como el coordinador de los programas de salud pública. Se continua con el paso 6 del método de adopción (Rodríguez, 2010). A continuación, se describen los algoritmos que se pueden tener en cuenta en la demostración de la IA en los programas de salud pública:

5.2.5.1 Aprendizaje de máquinas

Aprendizaje supervisado de máquinas

El aprendizaje supervisado de máquinas enseña al algoritmo cómo realizar su trabajo (Rojas, E. 2018), a partir de un conjunto de datos de entrenamiento, permite predecir el comportamiento de una variable en el futuro (Mueller, J., & Massaron, L., 2016). A continuación, se describen los algoritmos a ser aplicados:

- **Regresión:** los algoritmos de regresión se pueden utilizar para evaluar y aprender las relaciones entre varias variables de entrada que pueden ser cuantitativas y cualitativas obteniendo una variable de salida cuantitativa (Lindholm et al. 2019).
- **Redes neuronales:** una red neuronal es un dispositivo que transforma varias señales de entrada moduladas por un factor peso, que gradúa la importancia de la conexión existente entre la neurona receptora y el emisor de la señal única de salida, las entradas pueden proceder de otras neuronas o bien ser entradas a la red desde el exterior, las salidas pueden transmitirse a otras neuronas o funcionar como señal de salida de la red (Diez R. P. et. al, 2001).
- **Árboles de decisión:** el objetivo de los árboles de decisión es aumentar la predicción por medio de nodos de decisión descomponiéndolo en un conjunto de datos en subconjuntos más pequeños con un aumento en la profundidad del árbol (Jain, 2017).
- **Naive Bayes:** el algoritmo clasificador Naïve-Bayes (NBC) es un clasificador probabilístico que requiere una pequeña cantidad de datos de entrenamiento. El clasificador aprende de los datos de entrenamiento y luego predice la clase de la instancia de prueba con la mayor probabilidad posterior. También es útil para datos dimensionales altos ya que la probabilidad de cada atributo se estima independientemente (Chandra et. al. 2007).

Aprendizaje No supervisado de máquinas

Las técnicas no supervisadas son aplicadas en el análisis descriptivo. Algunas técnicas no supervisadas son: Método Particional, Método Jerárquico, Método Probabilístico, Redes Neuronales y Reglas de Asociación (Carrascal O. et. al., 2015).

- **K-means:** es un algoritmo que se utiliza en aplicaciones de agrupamiento. Es un método de agrupamiento basado en puntos que comienza con los centros de los agrupamientos colocados inicialmente en posiciones arbitrarias y avanza moviendo en cada paso los centros

de los agrupamientos para minimizar el error de agrupamiento. La principal desventaja del método radica en su sensibilidad a las posiciones iniciales de los centros de conglomerados. Por lo tanto, para obtener soluciones casi óptimas utilizando el algoritmo k-means, se deben programar varias ejecuciones que difieran en las posiciones iniciales de los centros de conglomerados (Likas et al., 2003).

- **Análisis de Componentes Principales:** el análisis de componentes principales cuantifica las variables originales y reduce la dimensionalidad de los datos, si el análisis es exitoso, cada variable debe estar muy bien representada con una alta correlación y en una dimensión pobremente representada con una correlación baja. Con este análisis se puede incorporar variables nominales y ordinales de la misma manera que las numéricas, se puede descubrir relaciones existentes entre las variables originales, entre los casos y entre ambos, variables y casos (Johnson, R.A.; Wichern, D.W., 2002).
- **Apriori:** es el algoritmo más ampliamente utilizado para detectar asociaciones, el cual se basa buscar patrones repetidos entre los datos (Carrascal O. et. al., 2015).

Aprendizaje semisupervisado de máquinas

Combina el aprendizaje supervisado y no supervisado, que intenta mejorar el rendimiento de estas dos tareas, utilizando información asociada a una de la otra. Se utiliza cuando se tienen pocos datos con la variable a predecir y muchos datos si dicha variable (Van Engele et. al., 2020).

- **Self-training:** consiste en un solo clasificador supervisado que se entrena iterativamente en los datos etiquetados y los pseudoetiquetados en iteraciones anteriores del algoritmo. El clasificador resultante se utiliza para obtener predicciones para los no etiquetados para luego agregar las predicciones más confiables al conjunto de datos etiquetados, este procedimiento normalmente se itera hasta que no haya más sin etiquetar (Van Engele et. al., 2020).
- **Co-training:** es una extensión del self-training para múltiples clasificadores supervisados, en este algoritmo dos o más clasificadores supervisados son entrenados iterativamente en los datos etiquetados, agregando sus predicciones más confiables para el conjunto de datos de otros clasificadores. Para que los resultados tengan éxito, es importante que los datos no estén demasiado correlacionados en su predicción (Van Engele et. al., 2020).

- Label propagation: este algoritmo interactivo calcula asignaciones de etiquetas en cada nodo a sus nodos vecinos en función de los pesos de los bordes. En otras palabras, la nueva etiqueta estimada en cada nodo se calcula como la suma ponderada de las etiquetas de sus vecinos (Van Engele et. al., 2020).

Aprendizaje de máquinas profundo

Conocido como Deep learning, es un subconjunto de métodos del aprendizaje automático basado en redes neuronales, permite que los modelos computacionales que se componen de múltiples capas de procesamiento aprendan representaciones de datos con múltiples niveles de abstracción. El aprendizaje profundo descubre estructuras intrincadas en grandes conjuntos de datos para indicar cómo una máquina debe cambiar sus parámetros internos que se utilizan para calcular la representación en cada capa a partir de la representación en la capa anterior (LeCun Y, et. al., 2015).

- Redes neuronales convolucionales: inspirado en el modelo neurobiológico de la corteza visual, ha tenido el mayor impacto dentro del campo de la informática de la salud. Su arquitectura se puede definir como un conjunto intercalado de capas de avance que implementan filtros convolucionales seguidos de capas de reducción, rectificación o agrupación, cada capa de la red origina una característica abstracta de alto nivel (D. Ravì et al., 2017).
- Redes neuronales adversarias: enfrenta un modelo generador, frente a un modelo discriminador que aprende a determinar si una muestra forma parte de los datos retornados por el generador o del conjunto de datos de entrenamiento (Goodfellow et al., 2014), el entrenamiento consiste en que el discriminador intenta maximizar la probabilidad de que los datos reales y los datos generados sean clasificados como tales; mientras que el generador intenta minimizar la probabilidad de que el discriminador identifique los datos generados como falsos.
- Redes neuronales recurrentes: explotan dos fuentes de entrada, el presente y el pasado reciente para proporcionar la salida de los nuevos datos, aporta en el análisis de texto, voz y secuenciación de ADN. Puede memorizar eventos secuenciales, modelar dependencias de tiempo, tiene una desventaja en el aprendizaje debido a los problemas de gradiente (D. Ravì et al., 2017).

- Redes neuronales de creencia: permite el entrenamiento no supervisado y supervisado de la red, tiene conexiones no dirigidas solo en las dos capas superiores. Propone una estrategia de aprendizaje codicioso capa por capa para inicializar la red y las inferencias maximizan la probabilidad directamente, tiene desventajas en costes en el entrenamiento computarizado en la inicialización y muestreo.

Aprendizaje de máquinas basados en ensambles

El aprendizaje se realiza en base a los modelos de un clasificador único, luego se aprende de un meta clasificador que combina la salida de los modelos. Sopesa varios modelos de clasificadores únicos y los combina para obtener una clasificación que supere a cualquiera de ellos. Los modelos de clasificador único que componen la clasificación de conjunto se entrenan individualmente en todo o parte del conjunto de datos. La salida de los modelos de clasificador único es una colección de diferentes salidas que se combinan mediante una técnica específica (Rahmad Syah, 2021).

- Bagging: utiliza muchos clasificadores individuales que al ser agregados entregan un clasificador promedio el cual suministra resultados aceptables; sin embargo, este método no tiene en cuenta las características individuales de cada uno de los clasificadores. Este algoritmo trata de disminuir la varianza (Rios, A.F. 2020).
- Boosting: utiliza una estrategia secuencial, permite dar más peso a las observaciones que el que estimó el modelo, trata de reparar los errores de predicción de los modelos anteriores, ya que funciona de forma secuencial. cada algoritmo dependerá del anterior. Este algoritmo intenta minimizar el sesgo, este algoritmo se aplica a menudo para estimar y seleccionar los efectos predictores en los modelos de regresión estadística (Mayr A, et al., 2014).
- Stacking: o modelos apilados, implica el entrenamiento de un modelo para combinar con predicciones de otros modelos, se puede utilizar en escenarios supervisados como no supervisados y el rendimiento aumenta cuanto más diverso sean los modelos de primer nivel (Ros, 2011).
- Voto bayesiano: aporta en generar pronósticos más precisos de eventos futuros, mejora la predicción al agrupar información de múltiples modelos de pronóstico para generar predicciones de conjuntos similares a un promedio ponderado de pronósticos de componentes. El objetivo es incorporar las ideas y el conocimiento implícito en varios

esfuerzos de pronóstico a través del pos-procesamiento estadístico (Montgomery, et al. 2012).

- Random Forest: es un algoritmo compuesto por muchos árboles de decisión, al entrenar cada árbol se aprende de una muestra aleatoria de los puntos de datos y de un subconjunto de características. Las predicciones finales se hacen promediando las predicciones de cada árbol individual reduciendo el problema de sobreajuste y varianza (Koehrsen, 2018).

Aprendizaje de máquinas basado en enjambres

Estudia el comportamiento colectivo de sistemas compuestos de muchos individuos interactuando localmente y con su entorno, usan formas de control descentralizadas y auto-organización para alcanzar sus objetivos (Martens et al. 2011).

- Colonia de Hormigas: inspirado en el comportamiento de hormigas reales, es una técnica probabilística para solucionar problemas computacionales que pueden reducirse a buscar los mejores caminos o ruta más corta (Velez Herrera, 2009).
- Enjambre de partículas: el propósito de la implementación es la optimización de los hiperparámetros de la máquina de regresión para obtener un mejor resultado, en términos de exactitud y rendimiento, el rendimiento de la regresión depende en gran medida de la elección de los hiperparámetros (Muñoz & Romero, 2021).

5.2.5.2 Procesamiento de lenguaje natural

Procesamiento de texto

Está compuesto por un análisis morfológico o léxico que consiste en el análisis de las palabras que forman las sentencias para extraer sus lemas o raíces, rasgos, unidades léxicas, entre otras. Un análisis sintáctico, analiza la estructura de las sentencias, de acuerdo con la gramática del lenguaje analizado. Un análisis semántico, orientado a la extracción del significado de las sentencias y eliminación de ambigüedades. Un análisis pragmático, orientado al contexto, donde se encuentra inmerso el texto analizado y cómo influye éste en el significado del mismo (Velasco, 2014).

- Procesamiento de texto: incluye algoritmos para la extracción de la información relevante hasta la generación automática de resúmenes. Se genera un preprocesamiento previo de texto a analizar con el fin de facilitar y optimizar las tareas de reconocimiento y extracción de

información, se aplica el análisis léxico, sintáctico, análisis semántico y análisis pragmático (Velasco, 2014).

- **Análisis de sentimientos:** Analiza la opinión de las personas, sus sentimientos, actitudes y emociones expresadas en forma escrita (Liu B., 2012), por ejemplo, un tweet, una review o comentario es positivo o negativo y en qué magnitud (o neutro), muy utilizado en redes sociales, en política, opiniones de productos y en motores de recomendación. Se utilizan algoritmos basados en reglas, automáticos e híbridos.
- **Modelado de temas:** se utilizan modelos bayesianos jerárquicos de tres niveles, en el que cada elemento de una colección se modela como una mezcla finita sobre un conjunto subyacente de temas o tópicos, cada tema se modela como una mezcla infinita sobre un conjunto de probabilidades del tema. el algoritmo comprende el documento de texto como una mezcla de categorías o tópicos y asume que cada una de estas categorías está compuesta por un conjunto de palabras. Esto implica necesariamente que la aparición de una palabra en el documento sea causa directa de la pertenencia del documento a una de las categorías (García Sánchez, 2019).
- **Categorización de texto:** Busca uno o más tópicos que encajen en los contenidos de los documentos, teniendo como entrada de categorías sujetos, temas y un conjunto de documentos de texto. se utiliza en filtrado de spam, categorización de páginas web bajo catálogos jerárquicos, generación automática de metadatos, detección del género de textos. Los procesos inductivos construyen un clasificador con aprendizaje basado en ejemplos preclasificados (Hernandez & Gomez, 2013).
- **Clustering de texto:** se utiliza en documentos de acuerdo con la similaridad de su texto, el número de clúster utilizados es un parámetro del modelo, los documentos son representados como vectores, en los cuales cada coordenada representa una palabra del vocabulario. Esto se hace para obtener una representación simple y global de la distribución del contenido entre los documentos (Baeza Yates & Poblete, 2006).
- **Extracción de información:** hace referencia a la localización de fragmentos de texto que son de interés con el objetivo de rellenar una plantilla definida o de crear plantillas de datos estructurados, se combinan tres sistemas basados en diferentes técnicas como los modelos de Márkov, la inducción de reglas y el método boosting aplicado a la extracción de información (Ros, 2011).

- Descubrimiento de entidades nombradas: permite entrenar modelos a partir de textos que lo clasifica en categorías preestablecidas como lugares, personas, expresiones de tiempo y cantidades, el texto puede ser una oración, un párrafo o un documento más extenso, donde se identifican las entidades que se quiere predecir con el modelo de reconocimiento (Alvarez, 2022).
- Extracción de relaciones semánticas: Se encuadrada dentro de las tareas de extracción de información, obtiene relaciones semánticas presentes en textos. Información que puede ser organizada en formatos legibles para diversas aplicaciones que necesiten conocimiento semántico estructurado. Comprende relaciones que se establecen entre las palabras, dígame hponimia, sinonimia, polisemia, homonimia y antonimia; es la relación que existe entre dos elementos con significado (García, 2014).
- Resumen de documentos: El algoritmo deberá encontrar la idea central de un artículo o documento e ignorar lo que no sea relevante (Ros, 2011).

Procesamiento de Voz

Es la capacidad que presenta un ordenador para recibir los datos de voz de un usuario, transformar la señal en código binario, el cual es asimilado por la computadora y luego establece la comunicación hombre máquina necesaria para resolver diferentes problemas que requieran para su resolución la utilización de este método.

- Dialogo de agentes: es una aplicación multiplataforma que tiene una interfaz para reconocer lo que se escribe y es capaz de contestar de una forma coherente al contexto y al tema, basados en reglas y técnicas como los corpus lingüísticos ya sea hablado o leído que transforman la interacción entre el usuario y el sistema mediante interfaces cuasi-conversacionales con la finalidad de mejorar la experiencia del usuario (Póliche, et al. 2020).
- Análisis de sentimientos: identifica las palabras dentro de la voz y analiza los patrones de audio para detectar emociones y estrés en la voz del hablante, funciona utilizando algoritmos a través de la comprensión y el modelado acústico y del lenguaje (Hernández, 2020).

5.2.5.3 Visión artificial

Procesamiento de imágenes

Se capta e interpreta las imágenes del entorno que envuelve a un sistema inteligente que resulta crucial para predecir acontecimientos como el reconocimiento de caracteres tipográficos y manuscritos, interpretación de imágenes, reconocimiento de objetos, visión de color y análisis visual del movimiento (Diez R. P. et. al, 2001).

- Reconocimiento de patrones: en el estudio (R.L Cobeñas et al 2022), los algoritmos de inteligencia artificial basados en Rayos X portátiles permitieron una precisión diagnóstica comparable a la de la evaluación humana para la detección de neumonía por SARS-CoV-2. Estos hallazgos son relevantes y aportan evidencia para la utilización de esta tecnología en el apoyo diagnóstico para la tuberculosis pulmonar; para el presente trabajo, solo se plantea, pero no se llevará a cabo el desarrollo de los algoritmos.
- Control de procesos: la visión artificial consiste en la captación de imágenes en línea mediante cámaras y su posterior tratamiento a través de técnicas de procesamiento, permitiendo intervenir sobre un proceso (modificación de variables) o producto (detección de unidades defectuosas), para el control de calidad y seguridad de toda la producción (europeo, 2012).
- Detección de texto: Tienen como finalidad diferenciar texto de una imagen cualquiera. Para hacerlo se basan en cuatro etapas, a) binarización, el resultado de este proceso es una imagen en blanco y negro donde quedan marcados de manera clara los contornos de los caracteres y símbolos de la imagen. b) Segmentación de la imagen, la segmentación implica la detección mediante el etiquetado de los contornos o regiones de la imagen. c) Adelgazamiento de componentes, y d) Comparación con patrones, En esta etapa se comparan los caracteres obtenidos con anterioridad con unos teóricos que están almacenados en una base de datos. Para realizar esta comparación existen diversos procedimientos: método de proyección, métodos estadísticos, métodos estructurales (Muñoz r. , 2014).

Procesamiento de Video

Se utiliza como herramienta para obtener información acerca de fenómenos ocurridos durante el movimiento

- Reconocimiento de movimiento: se emplean modelos biomecánicos a partir de los cuales se pretende obtener de manera cualitativa consideraciones acerca del comportamiento contrastados con patrones definidos como normales, obtenidos con técnicas como la

fotogrametría, el seguimiento del movimiento con sensores, los modelos electromecánicos y la simulación virtual (Sanabria & Arcila, 2011).

- Reconocimiento de interacciones: aplicado a sistemas de detección de movimientos usando técnicas de visión artificial 3D, con el fin de mejorar la interacción de personas con movilidad reducida. Esta tecnología puede ser usada para emitir señales desde el cerebro, los músculos, la voz, los labios, la posición de la mano, posición de los ojos y los gestos para el control de los ordenadores y otros dispositivos (Marín, 2017).

5.2.5.4 Robótica

La experiencia en el uso de telemedicina en la pandemia de influenza AH1N1 fue con un programa de telepresencia robótica, con el cual se observó el beneficio de disponer de asistencia experimentada en cuidados críticos a distancia (Vázquez, 2022).

En la pandemia del COVID-19, se usó la robótica con el fin de evitar la propagación de los virus respiratorios, como por ejemplo en el ámbito hospitalario se implementó a fin de no exponer al personal de salud, en las ciudades los Robots móviles recorriendo las calles para recoger residuos potencialmente infectados y haciendo tareas de desinfección, adicionalmente se usaron los drones para la entrega de medicamentos y la detección temprana de personas con síntomas respiratorios. En las comunidades se están utilizando robots con desplazamiento autónomo acoplados con la telemedicina, haciendo el triage remoto de pacientes, permitiendo identificar directamente la presencia de síntomas respiratorios e historia de exposición a virus (Cornejo et al., 2020).

En la metodología IADI se deja abierta la posibilidad de futuras aplicaciones en robótica como en la supervisión del tratamiento por parte de un robot que pueda emitir señales de adherencia al tratamiento en lugares de difícil acceso y el análisis bacteriológico interoperable con un sistema central de diagnóstico o seguimiento de pacientes.

5.2.6 P6: Análisis e interpretación de resultados

Teniendo en cuenta el resultado de la aplicación de los algoritmos seleccionados para realizar la demostración en el P5 del método, se interpretan y describen los resultados al equipo interdisciplinario para mostrar los beneficios y el aporte de los resultados y cómo pueden incidir en la toma de decisiones según el contexto, con el fin de generar nuevas intervenciones estratégicas para alcanzar las metas de los indicadores en salud pública definidos.

5.2.7 P7: Análisis de la percepción, expectativas, beneficios percibidos

Se utilizan preguntas abiertas sobre la percepción, las expectativas, los beneficios percibidos, la facilidad de uso y las barreras para la aplicación de los algoritmos de IA.

5.2.8 P8: Aporte a la toma de decisiones para el cumplimiento de metas

Se analizan los resultados y el aporte a la toma de decisiones para el cumplimiento de metas en indicadores a partir de los resultados de la aplicación de los algoritmos, en conjunto con los expertos.

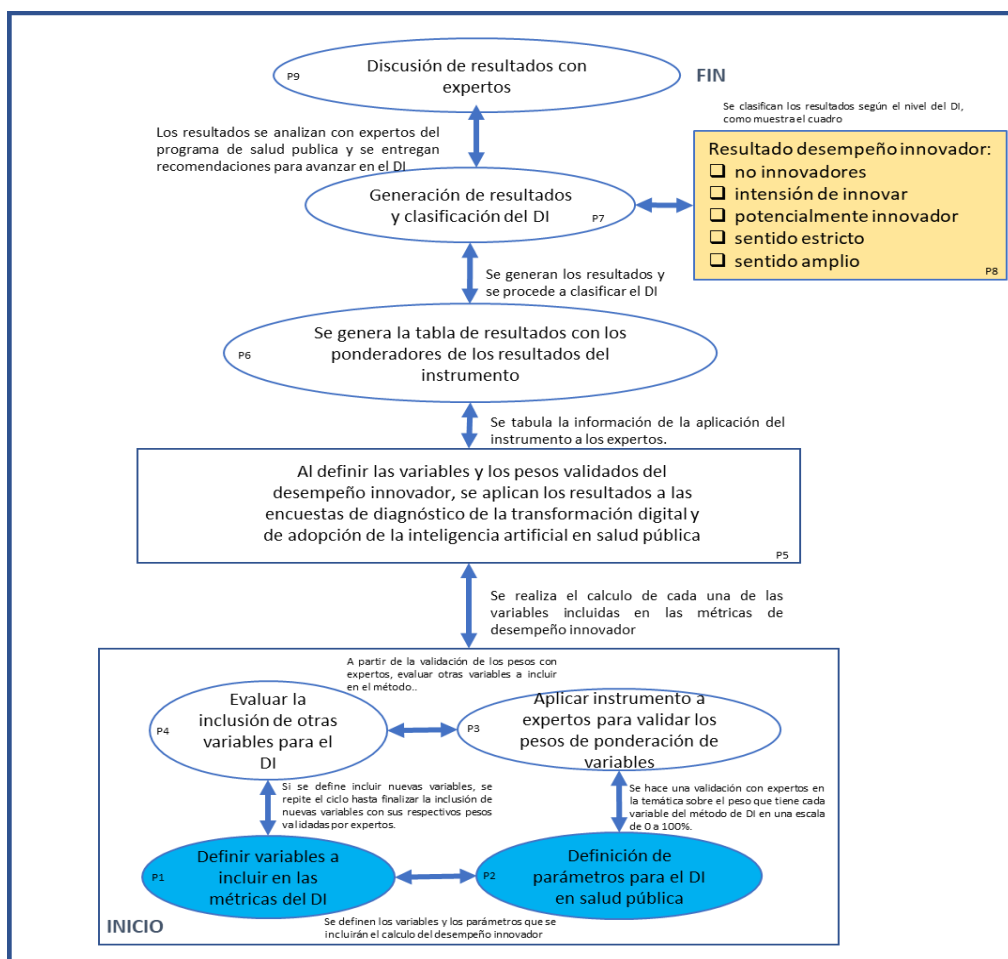
5.2.9 P9: Introducción al método para la medición del Desempeño Innovador (DI) teniendo en cuenta las variables y parámetros propuestos

Se realiza la introducción al método para medir el desempeño innovador, se tienen en cuenta los resultados de la caracterización y del método de adopción de inteligencia artificial para continuar con el método para la medición del desempeño innovador.

5.3 FASE 3: MÉTODO PARA LA MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO INNOVADOR EN UN PROGRAMA DE SALUD PÚBLICA.

Para el planteamiento de la medición del desempeño innovador (DI), se ha realizado una revisión sistemática sobre los indicadores de la gestión de la innovación y las métricas utilizadas en diferentes sectores con el fin de definir variables que aporten a la medición del DI en el sector salud. A continuación, se describe el método (figura 20).

Figura 20. Método para la medición del DI en programas de salud pública



Fuente: Elaboración propia

Los pasos P1 al P4 se describen a continuación y corresponden a la definición de variables, la definición de parámetros propuestos, la aplicación del instrumento (Anexo IV) para

validar los pesos de ponderación de variables y la evaluación para la inclusión de nuevas variables que se realiza previamente a medir el DI.

Si bien las variables quedan preestablecidas, se tiene la posibilidad de incluir nuevas métricas evaluando la relevancia y teniendo en cuenta que deben ser sustentadas a partir de una nueva revisión sistemática. De este modo, si se incluye una nueva variable, se debe aplicar el paso (P1) al paso (P4), de lo contrario, se continua con el paso (P5).

5.3.1 P1: Definir variables a incluir en las métricas de DI

Como resultado de la revisión de literatura, se definieron variables en el método para medir el DI en salud pública (tabla 7); estas variables quedan preestablecidas para la medición en cualquier programa de salud pública, al aplicar la metodología IADI.

Tabla 7. Variables incluidas en las métricas de desempeño innovador y soporte de la revisión de literatura

| Variable propuesta para el DI en el sector salud | Revisión de literatura que soporta la variable |
|---|--|
| 1) Transformación digital implementada y funcionando: | (Prajogo & Ahmed, 2006) Novedad de la tecnología usada en los procesos (Molina-Morales et al., 2011) Mejoras en los niveles de automatización (Sexton et al., 2018) La gestión de sistemas de información |
| 2) Análisis de la información con inteligencia artificial – (uso de algoritmos de aprendizaje de máquinas, uso de procesamiento de lenguaje natural, uso de visión artificial, uso de la robótica): | (Prajogo & Ahmed, 2006) Competitividad tecnológica y Novedad de la tecnología usada en los procesos (Molina-Morales et al., 2011) Mejoras en los niveles de automatización (Sexton et al., 2018) La gestión de sistemas de información |
| 3) Fácil capacidad de adopción de la inteligencia artificial: | (Urgal et al., 2011) Recursos basados en conocimiento por su mayor valor estratégico (Löf, 2002) El capital de conocimiento es un factor significativo que contribuye en el desempeño de las empresas |
| 4) Recurso humano para el desarrollo tecnológico y el análisis de los datos con inteligencia artificial: | (Birchall & Tovstiga, 2006) Recurso humano en I+D (Lafuente et al., 2019) Analiza la relación entre las capacidades de aprendizaje organizacional (CAO) y el desempeño innovador |
| 5) Generación de nuevos procesos a partir de los resultados de la aplicación de la inteligencia artificial y que aportan al cumplimiento de las metas de indicadores propuestos: | (Souitaris, 2002) Número de procesos de fabricación introducidos en los últimos tres años. (Prajogo & Ahmed, 2006) Desempeño en innovación de procesos (Birchall & Tovstiga, 2006) Desempeño en innovación de Procesos |
| 6) Recurso humano generando un proceso de lluvia de ideas (brainstorming) para el abordaje estratégico de la gestión en salud pública: | (Urgal et al., 2011) Incorpora la capacidad de innovación entendida como un resultado del proceso de innovación (adoptar e implementar nuevas ideas, procesos o productos con éxito) (Enrique et al., 2014) relaciona el desempeño innovador y madurez de capacidades de conocimiento y competencias, los resultados aportan a la caracterización del desempeño innovador y las capacidades que soportan los resultados en la innovación |
| 7) Programa de salud pública que lleve a cabo estrategias que permitan intervenir los resultados generados a partir de la inteligencia artificial: | (Sexton et al., 2018) Aborda una serie de vacíos teóricos relacionados con el desempeño innovador como variable dependiente final, que están inmersos en tres campos de estudio: La estrategia, la gestión de sistemas de información y la innovación abierta. (Prajogo & Ahmed, 2006) Propone el uso de las últimas innovaciones tecnológicas en el desarrollo de nuevos productos (Souitaris, 2002) Porcentaje de ventas corrientes debidas a productos incrementalmente |
| 8) Programa de salud pública donde los resultados de la inteligencia artificial aportaron en el cumplimiento de las metas de los indicadores definidos en salud pública | innovadores introducidos en los últimos tres años (Birchall & Tovstiga, 2006) Los efectos relativos al producto, al proceso y a la responsabilidad social. (el Impacto en el mercado) (Prajogo & Ahmed, 2006) Número de nuevos productos que son primeros en el mercado |
| 9) Programa de salud pública donde los procesos del análisis de los datos con inteligencia artificial son sostenibles en el tiempo | (Prajogo & Ahmed, 2006) Velocidad de adopción de las últimas innovaciones tecnológicas en los procesos (Birchall & Tovstiga, 2006) Sostenibilidad y proceso de eficacia global |
| 10) Programa de salud pública que genere publicaciones sobre los resultados y las estrategias de abordaje a partir de los resultados de la inteligencia artificial: | (Birchall & Tovstiga, 2006) La (I+D) desempeña un papel fundamental en la afectación positiva en el desempeño de la innovación en la empresa (Ahuja & Katila, 2001) Número de patentes registradas (Hagedoorn & Cloudt, 2003) Citas de patentes |

Fuente: Elaboración propia.

De los indicadores de desempeño innovador encontrados en el estado del arte y que se resumen en la tabla 7, se excluyeron los relacionados con indicadores del sector empresarial y financiero, con variables de patentes, financieras, ventas, nuevos productos radical e incrementalmente innovadores, gastos en I+D, nuevas fuentes de energía, entre otros que no son aplicables al sector salud.

5.3.2 P2: Definición de parámetros para el DI en salud pública

Se definieron parámetros para calcular cada una de las variables propuestas a partir de los resultados del instrumento para caracterizar la transformación digital en salud pública y el método de adopción de la inteligencia artificial descritos a continuación.

Tabla 8. Variables que aportan al desempeño innovador, según el nivel de avance de la transformación digital.

| | | | | | |
|---|--|--|---|--|---|
| 1-Transformación digital implementada y funcionando | 2-Análisis de la información con inteligencia artificial | 3.1- Programa de salud pública que utilice - Aprendizaje de máquinas | 3.2- Programa de salud pública que utilice - Lenguaje natural | 3.3- Programa de salud pública que utilice - Visión artificial | 3.4- Programa de salud pública que utilice - Robótica |
|---|--|--|---|--|---|

Tabla 9. Variables que aportan al desempeño innovador, según el nivel de avance de la adopción de la inteligencia artificial

| | | | |
|---|---|--|---|
| 4- Programa de salud pública con una fácil capacidad de adopción de nuevas tecnologías de información, específicamente la inteligencia artificial | 5- Programa de salud pública que tenga disponible recurso humano para el desarrollo tecnológico y el análisis de los datos con inteligencia artificial | 6- Programa de salud pública que genera nuevos procesos a partir de los resultados de la aplicación de la inteligencia artificial y que aportan al cumplimiento de las metas de indicadores propuestos | 7- Programa de salud pública que su recurso humano genere nuevas ideas (brainstorming), para el abordaje estratégico de la gestión de salud pública a partir de los resultados de la IA |
| 8- Programa de salud pública que lleve a cabo estrategias que permitan intervenir los resultados generados a partir de la inteligencia artificial | 9- Programa de salud pública donde los resultados de la inteligencia artificial aportaron en el cumplimiento de las metas de los indicadores definidos en salud pública | 10- Programa de salud pública donde los procesos del análisis de los datos con inteligencia artificial son sostenibles en el tiempo Nivel 0 - Sin aplicación = 0 Nivel 1 - Solo se aplico una vez = 15% Nivel 2 - Menor de 3 meses = 30% Nivel 3 - De 3 meses a 1 año = 60% Nivel 4 - De 1 año a 3 años = 90% Nivel 5 - Mayor de 3 años = 100% | 11- Programa de salud pública que genere publicaciones sobre los resultados y las estrategias de abordaje a partir de los resultados de la inteligencia artificial |

5.3.3 P3: Aplicar instrumento a expertos para validar los pesos de ponderación de variables

Se aplica el instrumento (anexo IV) a un grupo de expertos para asignar y validar los pesos en la ponderación de cada una de las variables propuestas para medir el desempeño innovador, la experticia de cada uno de los expertos es la siguiente:

- Experto en salud pública con más de 20 años de experiencia en el sector salud a nivel nacional.
- Epidemiólogo experto en sistemas de información con más de 10 años en el sector salud a nivel regional y nacional.
- Experta en monitoreo y evaluación de proyectos en salud, con más de 10 años en el sector salud a nivel regional y nacional.

Figura 21. Instrumento para la definición de parámetros de las variables para el cálculo del desempeño innovador

Instrumento para la definición de parámetros para la inclusión de variables y el cálculo del desempeño innovador, a partir del aporte de la transformación digital en salud pública

Introducción: este instrumento se construye en el marco del doctorado en gestión de la tecnología y la innovación con la Universidad Pontificia Bolivariana, en el desarrollo de la tesis doctoral "Transformación Digital en Programas de Salud Pública basada en la adopción de técnicas de Inteligencia Artificial y la medición del Desempeño Innovador".

Objetivo del instrumento: asignar un peso porcentual según la importancia de cada variable del proceso de transformación digital que aportará para la inclusión en las métricas y el cálculo del desempeño innovador, estos pesos se asignarán a través de entrevistas a expertos de la siguiente manera.

Ponderar del 1% a 100% el peso porcentual que se asignará en la TD

1) ¿Qué peso porcentual le asignaría a un programa de salud pública con la transformación digital implementada y funcionando?

Distribuya el peso de la siguiente manera

| Proceso de Transformación Digital | Asignación del peso |
|---|---------------------|
| Gobernanza | |
| Infraestructura tecnológica | |
| Interoperabilidad tecnológica | |
| Datos centralizados y confiables: | |
| Procesos estandarizados de recopilación, sistematización y divulgación de información | |
| Identificación de problemas, planificación, seguimiento, evaluación estratégica y operativa de la gestión del programa de salud pública | |
| Promoción de la investigación | |
| Inteligencia artificial | |
| Adopción de tecnologías | |
| Gestión del sistema de información | |
| Recurso humano con habilidades tecnológicas | |

2) ¿Qué peso porcentual le asignaría a un programa de salud pública que genera el análisis de la información con inteligencia artificial?

1) ¿Qué peso porcentual le asignaría a un programa de salud pública que utilice estas tecnologías?

Aprendizaje de máquinas Lenguaje natural

Visión artificial Robótica

2) ¿Qué peso porcentual le asignaría a un programa de salud pública con una fácil capacidad de adopción de nuevas tecnologías de información, específicamente la inteligencia artificial?

3) ¿Qué peso porcentual le asignaría a un programa de salud pública que tenga disponible recurso humano para el desarrollo tecnológico y el análisis de los datos con inteligencia artificial?

4) ¿Qué peso porcentual le asignaría a un programa de salud pública que genera nuevos procesos a partir de los resultados de la aplicación de la inteligencia artificial y que aportan al cumplimiento de las metas de indicadores propuestos?

5) ¿Qué peso porcentual le asignaría a un programa de salud pública que su recurso humano genere lluvia de ideas (**brainstorming**), para el abordaje estratégico de la gestión de salud pública a partir de los resultados de la IA?

6) ¿Qué peso porcentual le asignaría a un programa de salud pública que lleve a cabo estrategias que permitan intervenir los resultados generados a partir de la inteligencia artificial?

7) ¿Qué peso porcentual le asignaría a un programa de salud pública donde los resultados de la inteligencia artificial aportaron en el cumplimiento de las metas de los indicadores definidos en salud pública en los siguientes tiempos?

Menor de 1 año 1 a 3 años 3 a 5 años mayor a 5 años

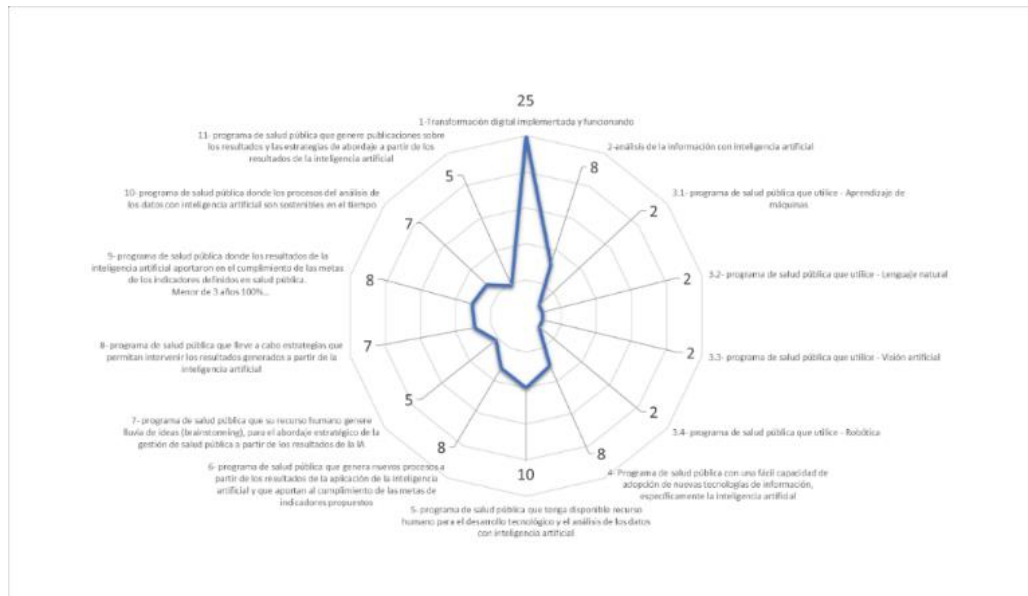
8) ¿Qué peso porcentual le asignaría a un programa de salud pública donde los procesos del análisis de los datos con inteligencia artificial son sostenibles en el tiempo?

Menor de 3 meses 3 a 6 meses 6 meses a 1 año

1 año a 3 años mayor a 3 años Solo se aplicó una vez

Como resultado de la aplicación del instrumento propuesto en la metodología IADI se tiene la siguiente ponderación de variables, que es el promedio de los pesos porcentuales entregados por los expertos (figura 22 y figura 23).

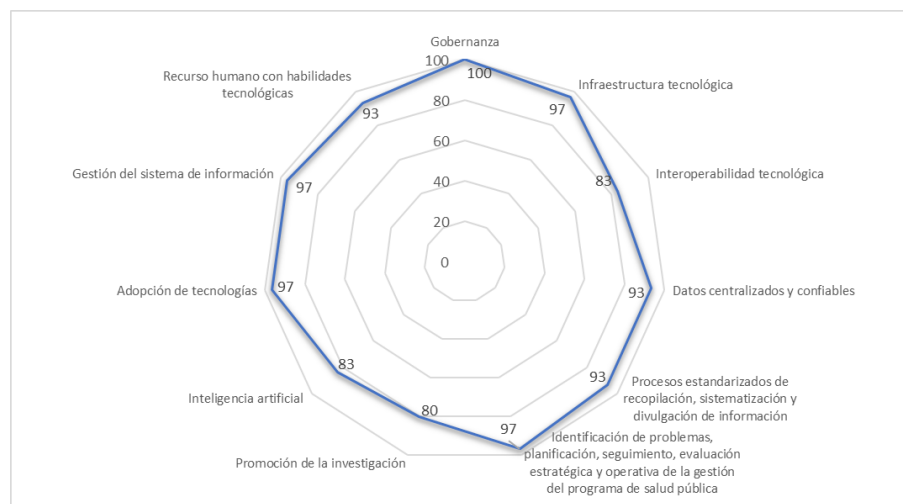
Figura 22. Ponderación de variables incluidas en la medición del DI



Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que la transformación digital es uno de los procesos con mayor peso (25%) de importancia para el cálculo del DI, se desagregó y se asignó un peso por cada uno de los componentes de la transformación digital teniendo el siguiente resultado (figura 23).

Figura 23. Ponderación de los procesos de transformación digital para la medición del desempeño innovador en la variable de transformación digital



Fuente: Elaboración propia

Las variables de la transformación digital que mayor peso porcentual aporta al DI es la gobernanza, la infraestructura, la gestión de los sistemas de información la adopción de tecnologías y la identificación de problemas, planificación, seguimiento. Las variables definidas en la métrica del desempeño innovador incluidas en el formulario (figura 23), aportaron en la ponderación de los pesos que cada una de estas variables contribuye al DI.

5.3.4 P4: Evaluar la inclusión de otras variables para el DI

Si bien las variables quedan preestablecidas, se deja la posibilidad de incluir nuevas métricas evaluando la relevancia y teniendo en cuenta que deben ser sustentadas a partir de una nueva revisión sistemática. De este modo, si se incluye una nueva variable, se debe aplicar el (P1) al (P4), de lo contrario, se continua con el (P5).

Se debe de tener en cuenta que, si el programa de salud pública quiere incorporar nuevas variables o configurar nuevos parámetros para la medición del desempeño innovador, debe aplicar el instrumento para tal fin propuesto en la metodología y que debe ser aplicado a un experto en sistemas de información en salud, un experto epidemiólogo o un experto en salud pública.

5.3.5 P5: Aplicación de resultados de la fase 1 y la fase 2 a los ponderadores del DI

Al tener las variables, los parámetros y los pesos definidos del DI, se multiplica el ponderador de la variable para calcular el DI con resultados de diagnóstico de la transformación digital y de adopción de la inteligencia artificial en cada una de las variables definidas para calcular el desempeño innovador de la siguiente manera (figura 24):

Figura 24. Cálculo del desempeño innovador en salud pública

Desempeño innovador en salud pública =
(Transformación digital implementada y funcionando * 25%) +
(Análisis de la información con inteligencia artificial * 8%) +
(Uso de algoritmos de aprendizaje de máquinas * 2%) +
(Uso de procesamiento de lenguaje natural * 2%) +
(Uso de visión artificial * 2%) +
(Uso de la robótica * 2%) +
(Fácil capacidad de adopción de la inteligencia artificial * 8%) +
(Recurso humano para el desarrollo tecnológico y el análisis de los datos con inteligencia artificial * 10%) +
(Programa de salud pública que genera nuevos procesos a partir de la aplicación de la IA y que aportan al cumplimiento de las metas de indicadores propuestos * 8%) +
(Recurso humano generando un proceso de lluvia de ideas (brainstorming) para el abordaje estratégico de la gestión en salud pública * 5%) +
(Programas de salud pública que lleve a cabo estrategias que permitan intervenir los resultados generados a partir de la inteligencia artificial * 7%) +
(Programa de salud pública donde los resultados de la IA aportaron en el cumplimiento de las metas de los indicadores definidos en salud pública * 8%) +
(Programa de salud pública donde los procesos del análisis de los datos con inteligencia artificial son sostenibles en el tiempo * 7%) +
(Programa de salud pública que genere publicaciones sobre los resultados y las estrategias de abordaje a partir de los resultados de la inteligencia artificial * 5%)

Fuente: elaboración propia

La fórmula describe el cálculo del desempeño innovador a través de la sumatoria de las variables incluidas en el diagnóstico de transformación digital y el método de adopción de la inteligencia artificial. El resultado de cada componente descrito en la fórmula se multiplica por cada peso porcentual que se asignó a través de la consulta a expertos descritos en la figura 24.

Una de las variables que mayor aporte dan al desempeño innovador es la inteligencia artificial, según (Curioso WH & Brunette, 2020), las innovaciones basadas en herramientas de inteligencia artificial pueden optimizar el proceso de diagnóstico de la tuberculosis y de otras enfermedades transmisibles.

5.3.6 P6: Tabla de resultados con los ponderadores de los resultados del instrumento

Esta tabla se genera automáticamente en una base de datos parametrizada, a partir del registro de la aplicación de los instrumentos de la fase 1 caracterización de la transformación digital y fase 2 del método de adopción de la inteligencia artificial.

5.3.7 P7: Generación de resultados y clasificación del DI

Se generan los resultados del cálculo del DI con valores a partir del (P6) y se clasifica según el resultado del DI como se muestra en (tabla 11).

5.3.8 P8: Clasificación del DI

Para realizar la clasificación del desempeño innovador en salud pública, se adapta la nomenclatura propuesta por el DANE, a partir del resultado se genera el análisis del DI.

Si bien la escala de clasificación del desempeño innovador que describe el DANE es aplicada al sector de la comercialización e industrialización, esta escala no aplica para clasificar el desempeño innovador en salud pública, puesto que en este sector se tienen en cuenta otros factores como los procesos que aporten a la responsabilidad social, al cumplimiento de las metas de los indicadores de salud pública propuestos y el abordaje a la población a través de la toma de decisiones asertivas. En este estudio se plantea una escala para la salud pública teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el diagnóstico de la transformación digital y de la adopción de la inteligencia artificial, generando una escala de clasificación por quintiles con la descripción entregada en la siguiente tabla.

Tabla 10. Clasificación del desempeño innovador

| Clasificación del desempeño innovador | Escala definida en la metodología IADI para el cálculo del DI |
|--|---|
| No innovadores | El resultado del Desempeño Innovador según la ponderación aplicada en la figura 24 es menor de 20 |
| Intención de innovar | El resultado del Desempeño Innovador según la ponderación aplicada en la figura 24 es mayor o igual a 20 y menor que 40 |
| Potencialmente innovadoras | El resultado del Desempeño Innovador según la ponderación aplicada en la figura 24 es mayor o igual a 40 y menor que 60 |
| Innovadoras en sentido amplio | El resultado del Desempeño Innovador según la ponderación aplicada en la figura 24 es mayor o igual a 60 y menor que 80 |
| Innovadoras en sentido estricto | El resultado del Desempeño Innovador según la ponderación aplicada en la figura 24 es mayor o igual a 80 |

Fuente: elaboración propia / adaptación de las definiciones entregadas por el DANE Colombia

5.3.9 P9: Discusión de resultados con expertos

Se genera la discusión de los resultados con los expertos, dando paso a la fase 4 de la metodología IADI. Para finalizar la aplicación de la metodología IADI, se genera una entrevista abierta a los profesionales que participaron de la aplicación de la metodología, teniendo en cuenta el aporte a metas e indicadores en salud pública.

5.4 FASE 4: APORTE A METAS DE INDICADORES EN SALUD PÚBLICA

En la cuarta fase (F4) de la metodología IADI, se aplica un instrumento para la realización de entrevistas con preguntas abiertas que aporten al análisis cualitativo del aporte de la metodología IADI en los resultados de las metas de los indicadores de salud pública, a partir de los resultados obtenidos en las fases 1, 2 y 3 (anexo V).

En esta fase se hace la retroalimentación sobre el diagnóstico de la transformación digital, el resultado del método de la adopción de tecnología y el resultado de la medición del desempeño innovador, se entregan recomendaciones, una hoja de ruta y se discuten estrategias para avanzar en el proceso de transformación digital, la adopción de la inteligencia artificial y el desempeño innovador en los programas de salud pública.

6. CASOS DE ESTUDIO EN LOS PROGRAMAS DE SALUD PÚBLICA DE TUBERCULOSIS

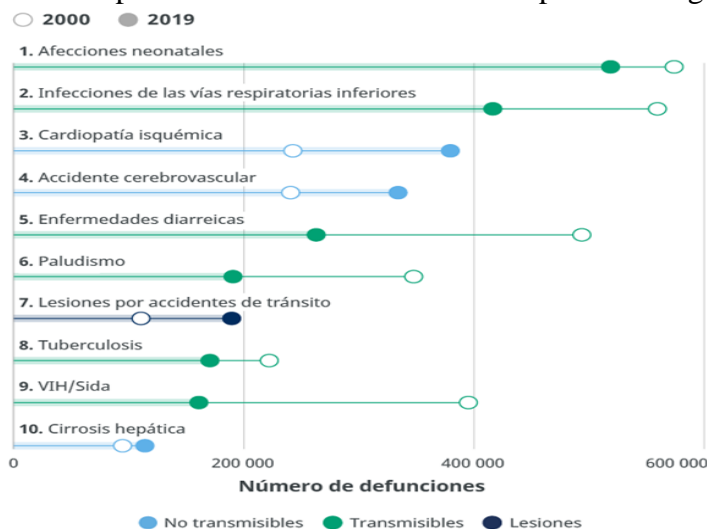
Con el fin de validar los diferentes escenarios y resultados que pueda generar la aplicación de la metodología IADI, se realizaron seis casos de estudio en seis programas de salud pública de tuberculosis a nivel nacional e internacional:

- Programa municipal de tuberculosis de Pereira
- Programa municipal de tuberculosis de San José de Cúcuta
- Programa municipal/distrital de tuberculosis de Cali
- Programa departamental de tuberculosis de Risaralda
- Programa departamental de tuberculosis de Valle del Cauca
- Programa nacional/Internacional de tuberculosis de Paraguay

Existen diversos motivos por los cuales es relevante evaluar el proceso de transformación digital y el desempeño innovador en los programas de salud pública de tuberculosis de diferentes regiones:

- Según (WHO Global Health Estimates) la tuberculosis es la octava causa de mortalidad en países de ingresos bajos a nivel mundial como lo muestra la figura 25.

Figura 25. Principales causas de defunción en los países de ingresos bajos



Fuente: WHO Global Health Estimates. Nota: Clasificación del Banco Mundial en función de ingresos 2020

- Uno de los objetivos de la OMS es configurar la agenda de investigación e innovación sobre la tuberculosis y estimular la generación, traducción y difusión de conocimientos como una de las prioridades estratégicas de la OMS, como se presenta en la figura 26.

Figura 26. Pilares propuestos por la OMS en tuberculosis la investigación y la innovación intensificada



Tomado de: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/tuberculosis>

- Uno de los pilares de la OMS es la investigación e innovación intensificada (OMS, 2020), por lo tanto, se hace importante medir el desempeño de la innovación en los programas de salud pública de tuberculosis mediante las métricas propuestas, de esta manera se puede validar e incorporar la metodología IADI en los programas de manera rutinaria, puesto que facilita que se encuentre la intensificación de la innovación en uno de los pilares de la OMS.
- Una de las prioridades estratégicas de la OMS es a 2035 es configurar metas estratégicas e indicadores de impacto que aportan a la reducción de las muertes por tuberculosis como lo muestra la tabla 11 (Bernal O. et al, 2020).

Tabla 11. Los tres indicadores mundiales de alto nivel de la estrategia fin a la TB y las metas e hitos correspondientes

| | TARGETS | | | |
|---|---------|------|------|--------------|
| | HITO | | ODS | FIN DE LA TB |
| | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 |
| Reducción del número de muertes por TB <i>en comparación con 2015 (%)</i> | 35% | 75% | 90% | 95% |
| Reducción de la tasa de incidencia de la TB <i>en comparación con 2015 (%)</i> | 20% | 50% | 80% | 90% |
| Porcentaje de pacientes con TB y cuyos hogares experimentan gastos catastróficos debidos a la TB | 0% | 0% | 0% | 0% |

Tomado de https://www.afro.who.int/sites/default/files/2017-06/spanish_1.pdf

Teniendo en cuenta la importancia de los programas de salud pública de tuberculosis, se desarrollaron los seis casos de estudio a nivel nacional e internacional, departamental y municipal como se describe en la tabla 12.

Tabla 12. Participantes de los seis casos de estudio realizados a los programas de salud pública de tuberculosis

| Institución que participa en el estudio | Participantes |
|--|---|
| Ministerio de salud de Paraguay | Coordinadora del programa Nacional de salud pública de tuberculosis. Profesional en sistemas de información del programa nacional. Coordinadora de Monitoreo y Evaluación a nivel nacional. Asesora del programa nacional de tuberculosis. |
| Secretaría de salud departamental de Risaralda - Colombia | Coordinador del programa de tuberculosis Departamental. |
| Secretaría de salud departamental del Valle del Cauca - Colombia | Coordinador del programa de tuberculosis Departamental. |
| Secretaría de salud del Distrito de Cali - Colombia | Epidemióloga del programa de tuberculosis Distrital. |
| Secretaría de salud municipal de San José de Cúcuta - Colombia | Epidemióloga del programa de tuberculosis municipal. Profesional de seguridad y salud en el trabajo. Ingeniero de sistemas del programa de tuberculosis municipal. Asesora del programa de tuberculosis municipal. |
| Secretaría de salud municipal de Pereira - Colombia | Coordinador del programa de tuberculosis Municipal. |

Fuente: elaboración propia

El tiempo estimado para la aplicación de la metodología IADI se describe a continuación.

- Fase 1- Diagnóstico de la transformación digital: 45 minutos aproximadamente, teniendo en cuenta la presentación de conceptos y aplicación de la encuesta.
- Fase 2- Método para la adopción de la inteligencia artificial: Para esta segunda fase, se solicita con anterioridad las bases de datos para realizar las demostraciones con algoritmos de inteligencia artificial y tenerlas listas para cuando se vayan a realizar la demostración con el programa de salud pública. Se aplica la primera parte de la encuesta que tiene una duración de 15 minutos aproximadamente. Se realiza la demostración con los algoritmos de inteligencia artificial con la información suministrada anteriormente, Si no tiene datos propios o por temas de confidencialidad de los datos no se puede realizar la demostración con información propia, se realiza la demostración con información de otro programa de

salud pública, la duración es de 30 minutos aproximadamente. Segundo instrumento posterior a la demostración: 15 minutos aproximadamente.

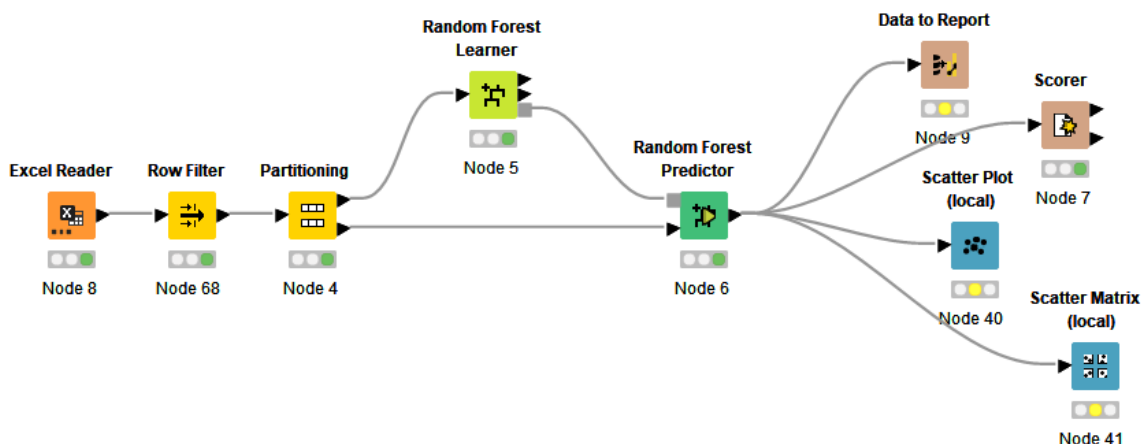
- Fase 3- Método para la medición del desempeño innovador: calculo a partir de los resultados de la fase 1 y 2, la retroalimentación y discusión de resultados, 25 minutos aproximadamente.
- Fase 4- Aporte a metas de indicadores de salud pública: 20 minutos aproximadamente.

Al aplicar la metodología IADI, en la fase 2 del Método de adopción de técnicas de IA, se solicitó la información a cada programa de salud pública de tuberculosis para realizar la demostración, donde sólo fue posible la entrega de la base de datos vigilancia epidemiológica y del programa de tuberculosis del departamento de Risaralda, quienes autorizaron a mostrar los resultados de la demostración a los otros casos de estudio desarrollados.

Se hizo la demostración de la inteligencia artificial con aprendizaje de máquinas a través de los algoritmos de Árboles de decisión, Random Forest y el clasificador K-means, en la herramienta Knime, aplicados a la información de vigilancia epidemiológica y del programa de salud pública tuberculosis de Risaralda, analizando los indicadores de mortalidad, incidencia de tuberculosis, éxito de tratamiento y pérdida en el seguimiento.

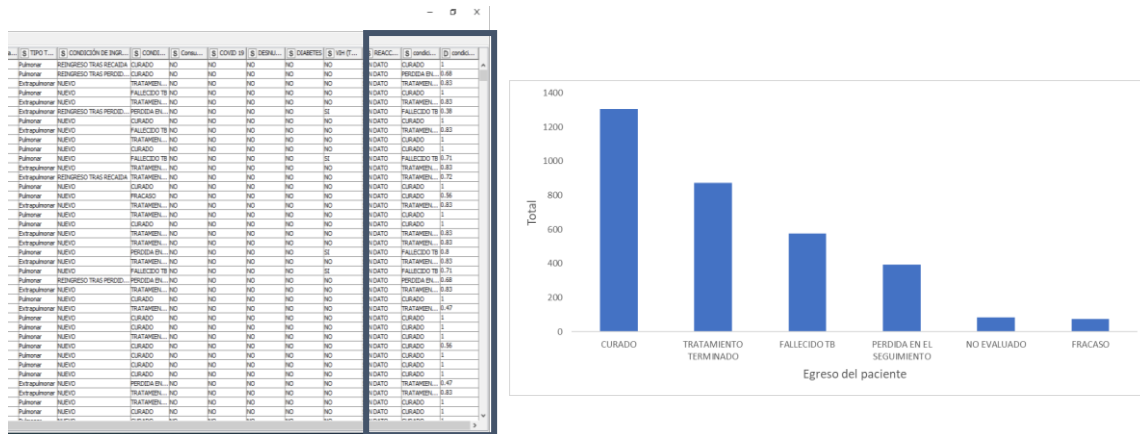
El algoritmo Random Forest se aplicó a las bases de datos del programa de Risaralda de los años 2015 al año 2022, teniendo en cuenta las variables registradas en las bases de datos del programa de tuberculosis de Risaralda, la variable objetivo fue la condición de egreso de los pacientes.

Figura 27. Herramienta Knime: Algoritmo de Random Forest para la predicción del egreso de los pacientes con tuberculosis en el departamento de Risaralda



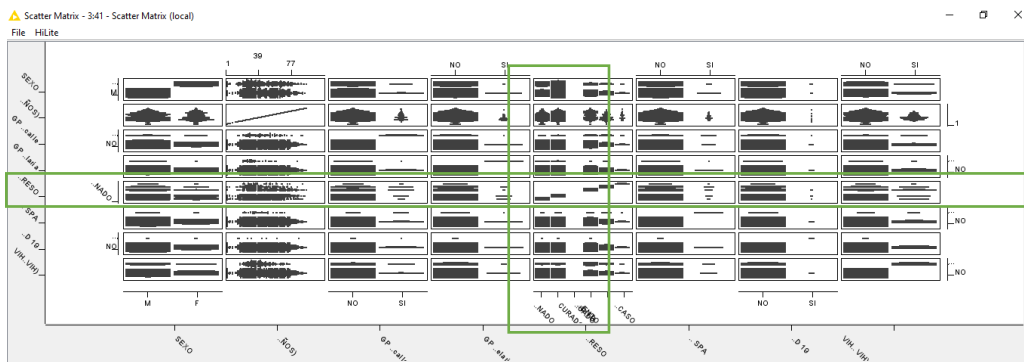
La aplicación del algoritmo Random Forest permitió predecir el egreso por cada uno de los pacientes, Además se calculó la cohorte de los años 2015 a 2021 por cada uno de los egresos de los pacientes como se puede ver en la figura 28.

Figura 28. Predicción del egreso de los pacientes con tuberculosis registrados en el departamento de Risaralda en los años 2015 – 2021



Se realizó el análisis con una Scatter matrix de los resultados de la aplicación del algoritmo, analizando la variable de egreso del paciente e identificando diferentes patrones como se muestra en (figura 29).

Figura 29. Análisis generado a partir de los datos del programa de salud pública



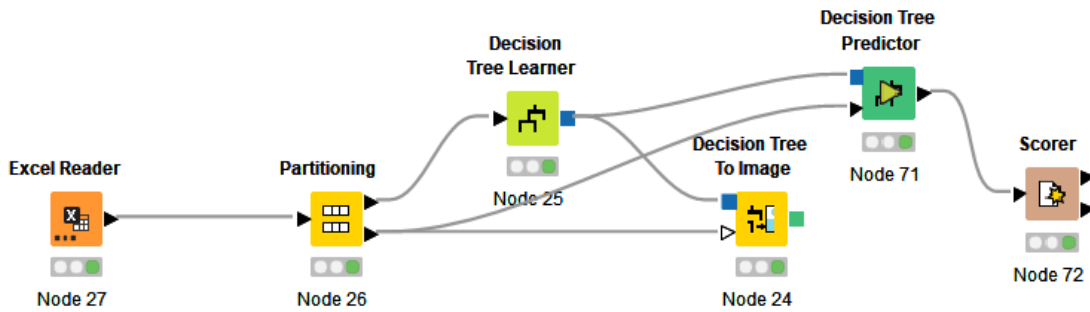
En la figura se incluyen las variables de egresos de pacientes, sexo, edad, grupo poblacional habitante de calle, grupo poblacional población carcelaria, pacientes que consumen sustancias psicoactivas (SPA), pacientes con covid 19 y VIH.

Se puede analizar el resultado de las cohortes por las diferentes variables que aportan a la toma de decisiones e identificar rápidamente las brechas para alcanzar el éxito de tratamiento en los pacientes con tuberculosis.

Se pueden observar patrones en los pacientes habitantes de calles y el egreso como fallecido o como perdida en el seguimiento. Igualmente se puede observar patrones en los

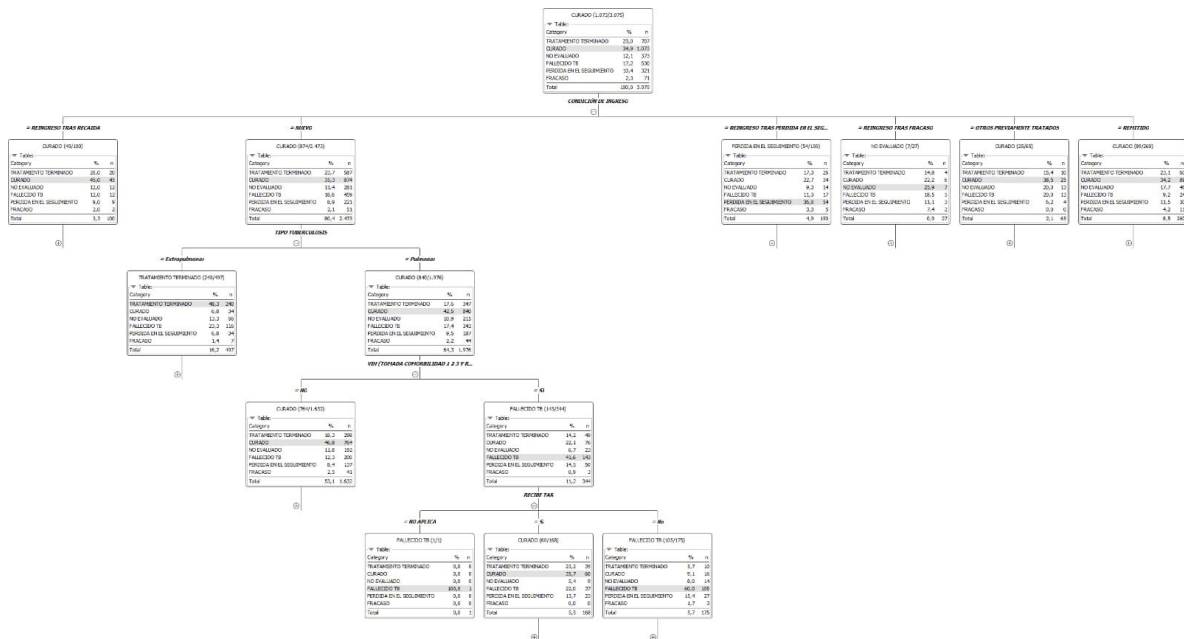
pacientes con VIH, los fallecidos y las pérdidas de seguimiento. También se pueden observar patrones en el resultado por edades simples y por sexo por cada egreso de paciente.

Figura 30. Herramienta Knime: Algoritmo de Decisión Tree para la construcción de cohortes de pacientes con tuberculosis del departamento de Risaralda



El algoritmo Decisión Tree se aplicó a las bases de datos del programa de Risaralda, la variable objetivo fue la condición de egreso de los pacientes.

Figura 31. Resultado de la aplicación del algoritmo de Decisión Tree para la construcción de cohortes de pacientes con tuberculosis del departamento de Risaralda.



El resultado del árbol de la figura se analizaron un total de 3.065 registros, de los cuales el 34,9% tienen curación y el 23% tratamiento terminado, para un total del 57,9% de éxito de tratamiento, con una pérdida de seguimiento del 10,4% y fallecidos del 17,2%. Al analizar la siguiente ramificación se tiene el análisis de los pacientes con la condición de ingreso como

pacientes nuevos, pulmonares con VIH positivo, se tiene como resultado que el 41,6% son fallecidos, el 14,5% tienen pérdida de seguimiento, el 22% curados y el 14% tratamiento terminado para un total de 36%, identificando que esta condición tiene una alta injerencia en el resultado del éxito de tratamiento. Si los pacientes reciben tratamiento antirretroviral, se tiene un éxito del 58,9%, mientras que, si no lo reciben, el éxito de tratamiento solo llega al 14,8%. Al comparar con los pacientes VIH negativos, se tiene un mejor resultado en el éxito de tratamiento con el 65,2%, con el 46,8% de curación y el 18,3% de tratamiento terminado, en cuanto a los fallecidos se tiene el 12,3% y para la pérdida del seguimiento del 8,4%.

A partir de la socialización de los resultados en los casos de estudio, los programas de salud pública refirieron lo siguiente:

- “Los resultados aportan en la toma de mejores decisiones y la implementación de diferentes procesos”.
- “Los resultados Influyen en la identificación de brechas”.
- “La identificación de puntos críticos a los cuales se deben focalizar las intervenciones”.
- “Logra identificar rápidamente las desviaciones de las metas y aplicar planes de mejora encaminado al éxito de tratamiento”.
- “Aporta desde el análisis, la oportunidad y el abordaje con un enfoque diferencial”.

Además de predecir el egreso, se crea un modelo analítico descriptivo con una segmentación de los pacientes con el algoritmo de K-means, permitiendo generar una clasificación de pacientes con diferentes características y que pueden incidir en el egreso como el éxito de tratamiento, pacientes fallecidos o con pérdida del seguimiento del paciente.

Figura 32. Algoritmo de K-means para la predicción del egreso de los pacientes con tuberculosis en el departamento de Risaralda

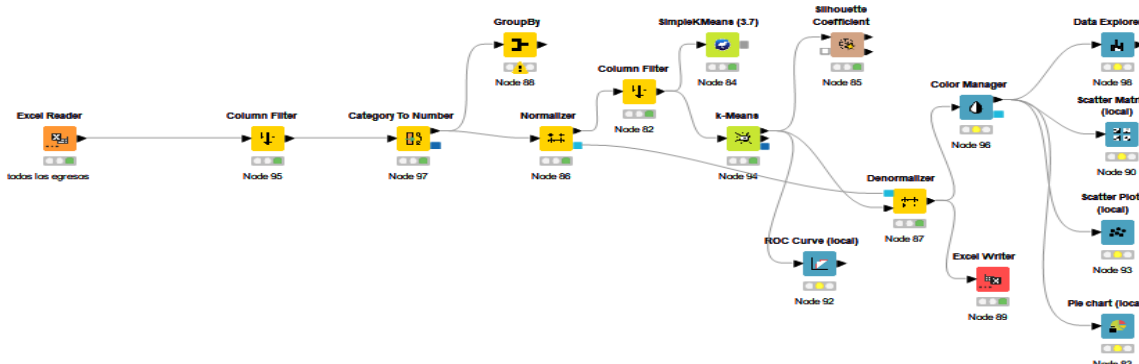
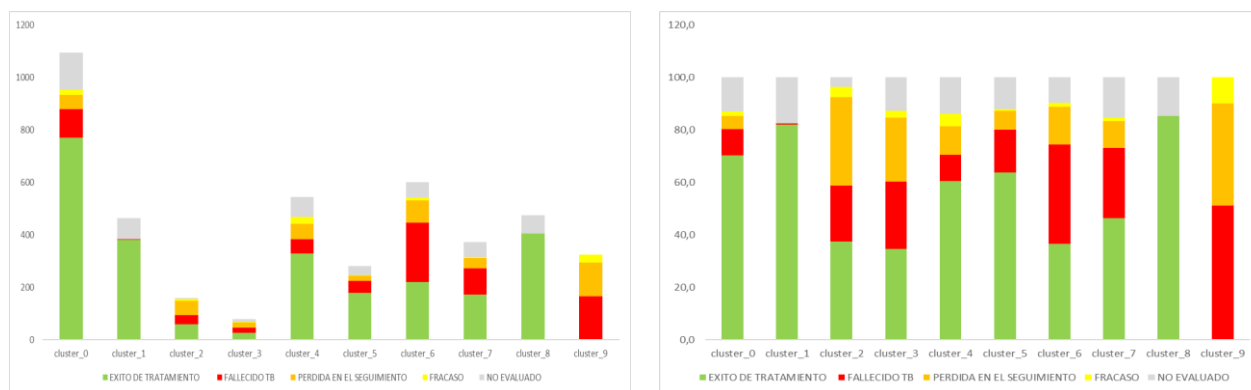


Tabla 13. Resultados del coeficiente de silhouete del algoritmo de K-means

| Row ID | Mean Silhouette Coefficient |
|-----------|-----------------------------|
| cluster_5 | 0.479 |
| cluster_6 | 0.458 |
| cluster_4 | 0.416 |
| cluster_8 | 0.386 |
| cluster_7 | 0.307 |
| Overall | 0.276 |
| cluster_9 | 0.23 |
| cluster_2 | 0.217 |
| cluster_0 | 0.211 |
| cluster_3 | 0.19 |
| cluster_1 | 0.17 |

Los clúster 5, 6 y 4 tienen el mayor coeficiente de silhouete alto, que significa el mejor agrupamiento de las características del clúster.

Figura 33. Resultado de la cohorte de los casos de tuberculosis por cada uno de los clúster generados por el algoritmo K-means en el departamento de Risaralda



En la figura 33, el clúster 0 representa el 25% de los casos de tuberculosis, con el 70,3% de éxito de tratamiento, 10% de fallecidos, 5% de pérdida de seguimiento y un 13% en pacientes no evaluados. El clúster 1 representa el 11% de los casos de tuberculosis, con el 82% de éxito de tratamiento, 0,4% de fallecidos y un 17,5% de pacientes no evaluados. El clúster 8 representa el

11% de los casos de tuberculosis, con el 85,3% de éxito de tratamiento y el 14% de pacientes no evaluados. Estos 3 clúster representan el mejor pronóstico de éxito de tratamiento en los pacientes con tuberculosis.

El clúster 2 representa el 4% de los casos de tuberculosis, con el 37,5% de éxito de tratamiento, 21,3% de fallecidos, 33,8% de pérdida de seguimiento, 3,8% en pacientes no evaluados y un 3,8% de fracaso de tratamiento. El clúster 3 representa el 2% de los casos de tuberculosis, con el 34,6% de éxito de tratamiento, 25,6% de fallecidos, 24,4% de pérdida de seguimiento, 12,8% en pacientes no evaluados y un 2,6% de fracaso de tratamiento. El clúster 6 representa el 14% de los casos de tuberculosis, con el 36,7% de éxito de tratamiento, 37,7% de fallecidos, 14,3% de pérdida de seguimiento, 9,7% en pacientes no evaluados y un 1,7% de fracaso de tratamiento. El clúster 7 representa el 8% de los casos de tuberculosis, con el 46,4% de éxito de tratamiento, 26,8% de fallecidos, 10,2% de pérdida de seguimiento, 15,3% en pacientes no evaluados y un 1,3% de fracaso de tratamiento. El clúster 9 representa el 7% de los casos de tuberculosis, con 0 % de éxito de tratamiento, 51% de fallecidos, 39% de pérdida de seguimiento y el 9,8% de fracaso de tratamiento.

Los clúster 2,3,6,7,9 representan el porcentaje de mortalidad y la pérdida de seguimiento más altas presentadas en el análisis, siendo el clúster 9 el de peor resultado con el 90% entre pérdida de seguimiento y fallecidos.

El clúster 4 representa el 12% los casos de tuberculosis, con el 60,5% de éxito de tratamiento, 9,9% de fallecidos, 10,8% de pérdida de seguimiento, 13,8% en pacientes no evaluados y un 5% de fracaso de tratamiento. El clúster 5 representa el 6% los casos de tuberculosis, con el 63,7% de éxito de tratamiento, 16,4% de fallecidos, 7% de pérdida de seguimiento, 12% en pacientes no evaluados y un 0,7% de fracaso de tratamiento.

Los clúster 4 y 5 representan un intermedio del éxito de tratamiento, que, si bien no logran la meta, con intervenciones focalizadas podrían mejorar el pronóstico del éxito de tratamiento.

En la figura 34 se presentan los centroides de los clúster, los que permiten describir la segmentación construida.

Figura 34. Centroides resultantes de la aplicación del algoritmo k-means a la información del programa de tuberculosis del departamento de Risaralda

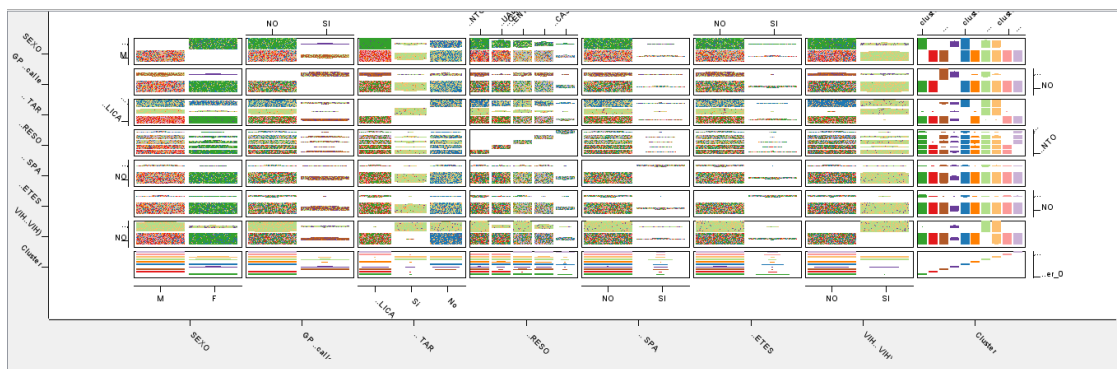
| Attribute | Full Data (4394) | Cluster# | | | | | |
|--------------------------------------|---------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--|
| | | 0 (861) | 1 (513) | 2 (155) | 3 (305) | 4 (230) | |
| SEXO | M | F | M | F | M | M | |
| GFHabitantedecalle | NO | NO | NO | NO | NO | NO | |
| GFgestante | NO | NO | NO | NO | NO | NO | |
| GFmigrante | NO | NO | NO | NO | NO | NO | |
| Trabajadordelaasalud | NO | NO | NO | NO | NO | NO | |
| RGIMENDEAFILIACION | S-SUBSIDIADO | C-CONTRIBUTIVO | S-SUBSIDIADO | S-SUBSIDIADO | C-CONTRIBUTIVO | C-CONTRIBUTIVO | |
| TIPO TUBERCULOSIS | Pulmonar | Pulmonar | Pulmonar | Pulmonar | Pulmonar | Pulmonar | |
| CONDICION DE INGRESO | NUEVO | NUEVO | NUEVO | NUEVO | NUEVO | NUEVO | |
| RECIBETAR | NOAPLICA | NOAPLICA | NOAPLICA | NO | NO | SI | |
| CONDICION DE EGRESO | EXITODETRATAMIENTO | EXITODETRATAMIENTO | NO EVALUADO | FALLECIDOS | EXITODETRATAMIENTO | EXITODETRATAMIENTO | |
| Alcoholismo | NO | NO | NO | NO | NO | NO | |
| Consumidor SPA | NO | NO | NO | NO | NO | NO | |
| COVID19 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | |
| DES NUTRICION | NO | NO | NO | NO | NO | NO | |
| DIABETES | NO | NO | NO | NO | NO | NO | |
| ENFERMEDAD HEPATICA | NO | NO | NO | NO | NO | NO | |
| ENFERMEDAD RENAL | NO | NO | NO | NO | NO | NO | |
| EPOC | NO | NO | NO | NO | NO | NO | |
| TABAQUISMO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | |
| VITOMADACOMORBILIDAD123YRESULTADOVIH | NO | NO | NO | SI | NO | SI | |
| GRUPOS DE EDAD | 30A34 | 25A29 | 65A69 | 30A34 | 35A39 | 25A29 | |

| Attribute | Full Data (4394) | Cluster# | | | | |
|--------------------------------------|---------------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | 5 (328) | 6 (343) | 7 (171) | 8 (1106) | 9 (382) |
| SEXO | M | M | M | M | M | F |
| GFHabitantedecalle | NO | NO | NO | NO | M | NO |
| GFgestante | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| GFmigrante | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| Trabajadordelaasalud | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| RGIMENDEAFILIACION | S-SUBSIDIADO | S-SUBSIDIADO | S-SUBSIDIADO | S-SUBSIDIADO | C-CONTRIBUTIVO | S-SUBSIDIADO |
| TIPO TUBERCULOSIS | Pulmonar | Pulmonar | Pulmonar | Extrapulmonar | Pulmonar | Extrapulmonar |
| CONDICION DE INGRESO | NUEVO | NUEVO | NUEVO | NUEVO | NUEVO | NUEVO |
| RECIBETAR | NOAPLICA | NO | NO | SI | NOAPLICA | NOAPLICA |
| CONDICION DE EGRESO | EXITODETRATAMIENTO | FALLECIDOS | EXITODETRATAMIENTO | EXITODETRATAMIENTO | EXITODETRATAMIENTO | EXITODETRATAMIENTO |
| Alcoholismo | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| Consumidor SPA | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| COVID19 | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| DES NUTRICION | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| DIABETES | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| ENFERMEDAD HEPATICA | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| ENFERMEDAD RENAL | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| EPOC | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| TABAQUISMO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| VITOMADACOMORBILIDAD123YRESULTADOVIH | NO | SI | NO | SI | NO | NO |
| GRUPOS DE EDAD | 30A34 | 25A29 | 25A29 | 35A39 | 20A24 | 20A24 |

De los clúster resultantes se tiene especial interés en el grupo 2 y 5 debido a que son los que generan mortalidad:

- El clúster 2 que tiene egreso del paciente como fallecidos, que reportan tener VIH positivo sin recibir tratamiento antirretroviral, que pertenecen al régimen subsidiado, de sexo femenino y se encuentran en edades entre 35 y 39 años.
- El clúster 5 que tiene egreso del paciente como fallecidos, que reportan tener VIH positivo sin recibir tratamiento antirretroviral, que pertenecen al régimen subsidiado, de sexo masculino y se encuentran en edades entre 25 y 29 años.

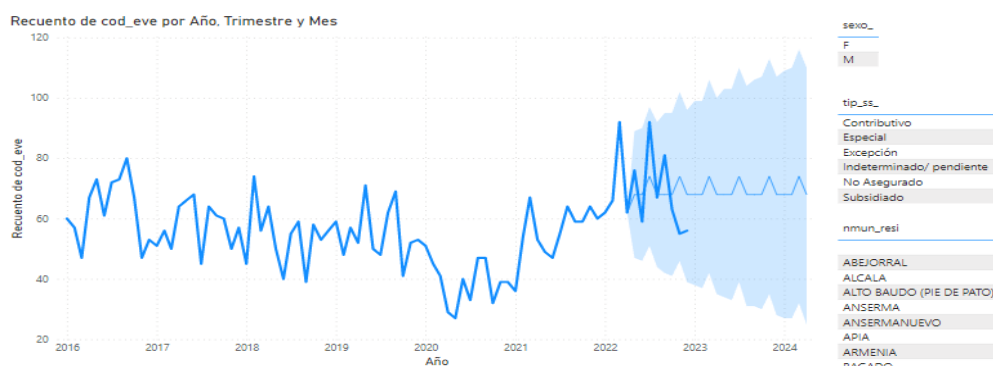
Figura 35. Análisis gráfico a través de un Scatter Matrix para identificar patrones y clasificadores por variables y la condición de egreso, Departamento de Risaralda.



En el análisis se incluyeron varias variables para identificar posibles patrones en los datos, a partir de los resultados, se seleccionaron las variables de sexo, grupo poblacional habitante de calle, pacientes con VIH, si reciben tratamiento antirretroviral (TAR), consumidor de sustancias psicoactivas (SPA), si tiene diabetes, los clasificadores y la variable objetivo de la condición de egreso, pudiendo identificar patrones en estas variables que aportan a tomar decisiones y la generación de estrategias para avanzar hacia el cumplimiento de las metas en el programa de salud pública de tuberculosis.

Posteriormente, se realizó la demostración y socialización de los casos de tuberculosis de los años 2016 al 2022, realizando una predicción al año 2024 con valores mínimos y máximos que puede tener el programa de tuberculosis en el reporte.

Figura 36. Predicción de los casos de tuberculosis del departamento de Risaralda con Arima de power BI



En la figura 36 se puede observar el comportamiento de los casos desde el año 2016, con una disminución de los casos en el año 2020, esto debido a la pandemia, se realiza la predicción de los casos a través de una simulación de los casos al año 2024, visualizando que los casos estimados caen en los intervalos de confianza propuestos. Se realizó la predicción por municipio de residencia de los pacientes, tipo de seguridad social y sexo.

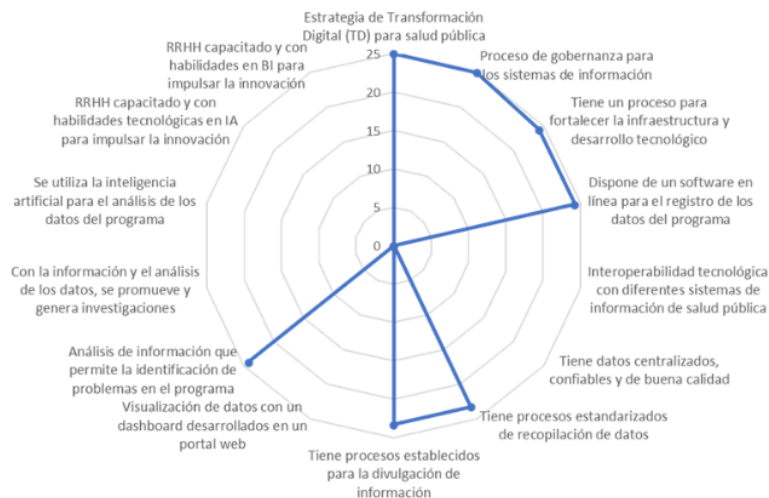
6.1 CASO DE ESTUDIO EN EL PROGRAMA DE TUBERCULOSIS DEL MUNICIPIO DE PEREIRA

6.1.1 Fase 1: Diagnóstico de la transformación digital en el municipio de Pereira

Se aplicó un instrumento para caracterizar la transformación digital al coordinador del programa de salud pública de tuberculosis, respondiendo la totalidad de las preguntas del formulario, cuando se presentaba alguna duda, se preguntaba al ingeniero de sistemas de la secretaria de salud, puesto que el programa de tuberculosis no tiene un profesional de sistemas de información en este momento.

En Pereira se tiene como resultado un nivel 3 de avance de transformación digital en el programa de salud pública de tuberculosis, puesto que tiene los componentes descritos en la siguiente figura.

Figura 37. Análisis de la transformación digital por cada uno de sus componentes en el programa de salud pública de tuberculosis de Pereira



En el municipio de Pereira se visualiza la implementación de 7 procesos de transformación digital, en el que se destaca tener una estrategia de transformación digital implementada o se tiene contemplada en los próximos 3 años, proceso de gobernanza para el sistema de información, proceso para el fortalecimiento de la infraestructura tecnológica, la disponibilidad de un software en línea para el registro de los casos, la disponibilidad de datos centralizados y de buena calidad, la divulgación de información y la identificación de problemas para ser abordados por el programa.

Para el programa de tuberculosis del municipio de Pereira es importante avanzar en los procesos de la transformación digital porque se facilitaría el análisis de la información para mejorar los procesos de planeación y toma de decisiones en los programas de salud pública.

6.1.2 Fase 2: Resultado del método de adopción de la inteligencia artificial en el programa de salud pública de tuberculosis de Pereira

En esta segunda fase de la metodología IADI, se analizó el aporte del método de la adopción de la inteligencia artificial en el programa de salud pública de tuberculosis de Pereira, a través de la aplicación del instrumento y la demostración de algoritmos de inteligencia artificial de árboles de decisión y de clúster, la simulación de los algoritmos se realizó con las bases de datos que aportó para el estudio el programa de salud pública del departamento de Risaralda. Posteriormente, se aplica la segunda parte de la encuesta para identificar la percepción y el aporte de la inteligencia artificial al programa de tuberculosis de Pereira y la factibilidad de la adopción.

Como resultado de la primera parte de la aplicación del método de adopción de la inteligencia artificial se obtuvieron los siguientes resultados:

- El programa de salud pública de tuberculosis de Pereira refiere conocer los beneficios de la inteligencia artificial, siendo lo más importante la predicción y el análisis de la información de manera ágil para realizar una planeación, generación de procesos y actividades de acuerdo con los resultados generados por la inteligencia artificial. Teniendo en cuenta el aprendizaje de máquinas, este se utilizaría para determinar previamente la posibilidad de la presentación de brotes y eventos de interés en salud pública.
- El programa de salud pública de tuberculosis de Pereira no conoce los beneficios y no sabría cómo utilizar los algoritmos del lenguaje natural al programa de salud pública de tuberculosis. En cuanto a los algoritmos de visión artificial, los beneficios estarían encaminados a minimizar los costos en salud, agilizar procesos de diagnóstico de la tuberculosis y en el talento humano del programa. La robótica la utilizaría para apoyar al personal y aumentar la eficiencia del programa. El Business Intelligence para gestionar, analizar de una manera integral y eficiente diferentes datos.
- El recurso humano del programa de salud pública de tuberculosis no está capacitado en este momento para el aprendizaje de la inteligencia artificial, Si se tiene la habilidad para asimilar

o aprender la inteligencia artificial pero no se aplica con la información de salud pública y el nivel de esfuerzo para asimilar o aprender la inteligencia artificial es mayor a 6 meses.

- El programa de salud pública de tuberculosis de Pereira no dispone de software para el análisis de los datos, y tendría la intención de usar la inteligencia artificial con los datos de salud pública para generar nuevo conocimiento, pero no tiene recurso humano para usarla, generar análisis de datos avanzados de información, generar nuevas estrategias de abordaje a la población y generar investigación operativa con los resultados.

Como resultado de la segunda parte del instrumento del método de adopción de inteligencia artificial en el municipio de Pereira, el programa de salud pública considera que los resultados de la aplicación de la inteligencia artificial es normal en la interpretación de los resultados, puesto que permite generar diferentes cohortes de los pacientes con tuberculosis para evaluar el egreso por poblaciones vulnerables, aportando en la toma de decisiones para el abordaje de las estrategias en el programa de salud pública y tener una incidencia directa en los resultados de las metas de los indicadores del programa.

El aporte de los resultados de la inteligencia artificial es muy relevante para la toma de decisiones y genera un gran aporte a la generación de nuevos procesos en salud pública, pudiendo encontrar patrones ocultos, reducir el tiempo para el análisis de los datos, generar un mejor análisis descriptivo y predictivo, teniendo una muy buena percepción de la utilidad.

Después de la aplicación de la inteligencia artificial en la información propia del programa de tuberculosis se generaron expectativas hacia la creación de nuevos procesos que aporten a la adopción de la IA, generación de capacidades en IA, incorporación de algoritmos de forma rutinaria a los procesos, y la inclusión de nuevas variables que aporten al análisis de los datos.

En cuanto a la percepción de la facilidad de uso, se considera complejo puesto que requiere de conocimientos específicos en sistemas de información, software y programas de inteligencia artificial.

Una de las principales barreras para la adopción de la IA es el recurso humano disponible, escasa capacitación en sistemas de información y la inteligencia artificial.

La implementación de la inteligencia artificial en los programas de salud pública genera un impacto positivo en el resultado de los indicadores y metas propuestas en salud porque

ayudaría a realizar un análisis integral de las enfermedades de interés en salud pública, lo cual permitiría generar procesos que realmente impacten positivamente los programas.

Los resultados de la IA aportaron a los programas de salud pública en la identificación de brechas en los procesos para el cumplimiento de las metas de los indicadores, el análisis predictivo que aporte al cumplimiento de los indicadores, llevar a cabo nuevas estrategias que permitan intervenir los resultados generados a partir de la inteligencia artificial, generación de nuevos procesos a partir de los resultados de la IA, generar nuevas ideas a partir de los resultados para el abordaje a la población, generación de investigación a partir del análisis de los datos.

Los indicadores que pudieran tener un impacto positivo a partir de la adopción de la inteligencia artificial son tasa de incidencia, mortalidad, pérdida en el seguimiento y éxito terapéutico.

El aporte a los procesos y estrategias van encaminados a la facilidad en el análisis de datos para determinar diferentes situaciones y comportamiento con relación a la enfermedad que se esté analizando. Además, aportaría muchísimo en la gestión del conocimiento ya que permite analizar grandes volúmenes de información y gestionarlos de una manera más eficaz. Permitiría identificar y minimizar las brechas en las diferentes enfermedades de interés en salud pública. Además, ayudaría a dar cumplimiento de las metas, ya que se podrían hacer ajustes y mejorar procesos según las predicciones y análisis que se vayan generando.

Como resultado del método de adopción de la inteligencia artificial en el programa de salud pública de tuberculosis de Pereira, se pudo identificar que el nivel de avance de la inteligencia artificial es Nivel 0, analizando el nivel de implementación del aprendizaje de máquinas, lenguaje natural, visión artificial, y robótica es Nivel 0, de igual manera se analizó el nivel de apropiación y de adopción de la IA, según la disponibilidad del recurso humano, donde el resultado fue nivel 0.

6.1.3 Fase 3: Resultados del método del desempeño innovador en el programa de salud pública de tuberculosis del municipio de Pereira

Según la escala propuesta para medir el desempeño innovador a partir de los resultados del diagnóstico de la transformación digital y el nivel de la adopción de la inteligencia artificial a partir de las demostraciones o el uso de esta tecnología en los programas de salud pública de tuberculosis, el programa de salud pública de tuberculosis de Pereira podría clasificarse como un

programa de salud pública potencialmente innovador. Aunque se encuentre en los límites entre la intención de innovar y potencialmente innovador.

6.1.4 Fase 4: Resultados del aporte en las metas de los indicadores del programa de salud pública y la aplicación de la metodología IADI en el municipio de Pereira

Para el análisis de los resultados de la aplicación de la metodología IADI, se realizaron preguntas abiertas que permita generar un análisis cualitativo a partir de las respuestas entregadas por el programa de salud pública de tuberculosis, teniendo como resultado lo siguiente:

A la pregunta de cómo considera que los resultados de la metodología IADI aportan al cumplimiento de las metas de los indicadores de salud pública.

“Aportan en gran medida al cumplimiento de las metas de los indicadores de salud pública, ya que al poder analizar y gestionar de manera eficiente e integral los diferentes sistemas de información, permitiría la toma de mejores decisiones y la implementación de diferentes procesos los cuales pueden ser priorizados y definidos de acuerdo con los resultados que la metodología propuesta y aplicada permiten obtener”.

A la pregunta, ¿Podría explicar en sus propias palabras como podría influir la adopción de la Inteligencia artificial en las metas de los programas de salud pública?

“Influiría de manera sumamente positiva ya que sería una ayuda tecnológica grandísima, con la cual se podrían analizar grandes volúmenes de datos, y así conocer de una mejor manera diferentes factores, variables, brechas, entre otros, de las diferentes enfermedades de interés en salud pública”.

A la pregunta ¿La adopción de la Inteligencia artificial en programas de salud pública influye en el desempeño innovador del sector salud?

“Influiría de manera sumamente positiva ya que sería una ayuda tecnológica grandísima, con la cual se podrían analizar grandes volúmenes de datos, y así conocer de una mejor manera diferentes factores, variables, brechas, entre otros, de las diferentes enfermedades de interés en salud pública”.

¿Podría explicar en sus propias palabras como podría influir el desempeño innovador en las metas de los indicadores de los programas de salud pública a partir de la adopción de la inteligencia artificial?

“Permitiría realizar un seguimiento más exhaustivo a las diferentes metas de los indicadores, ya que se podrían hacer predicciones y análisis en tiempo real. Además, permite tener en cuenta un sin fin de variables con las cuales determinar el cumplimiento o no de las metas”.

Describe la experiencia de la aplicación de la metodología IADI en el programa de salud pública.

“Es una gran experiencia, ya que demuestra lo obsoletos que están nuestros sistemas de información actuales. Además, es muy motivante poder evidenciar como la metodología mencionada permite analizar de manera completa todo el programa de tuberculosis. Por último, es un incentivo para querer seguir aprendiendo y desarrollando nuevas capacidades, en ese caso específico con las tecnologías que facilitan y agilizan los diferentes procesos a ser realizados”.

Como conclusiones del caso de estudio aplicando la metodología IADI en el programa de tuberculosis del municipio de Pereira tenemos:

- Pereira tiene un nivel 3 de avance de transformación digital en el programa de salud pública.
- El nivel de avance de la inteligencia artificial es Nivel 0.
- Se identifica un nivel 0 en la apropiación y de adopción de la IA, teniendo en cuenta la disponibilidad del recurso humano.
- Una de las principales barreras para la adopción de la IA es el recurso humano disponible, escasa capacitación en sistemas de información y la inteligencia artificial.
- La implementación de la inteligencia artificial en los programas de salud pública genera un impacto positivo en el resultado de los indicadores y metas propuestas en salud.

Siguiendo los niveles establecidos en la metodología IADI, las recomendaciones son:

- Fortalecer la interoperabilidad entre los diferentes sistemas de información del programa de tuberculosis, los laboratorios de diagnóstico de tuberculosis y otros sistemas de información que aporten a la toma de decisiones.
- Incorporar un proceso que aporte a obtener datos centralizados y confiables para el análisis de los datos.
- Desarrollar o incorporar visualizadores de datos o dashboard que aporten al análisis de la información y por ende a la toma de decisiones en el programa de salud pública.

- Generar la articulación con la academia para incorporar procesos de promuevan la investigación operativa con el programa de salud pública.
- Gestionar la incorporación de la inteligencia artificial como herramienta para el análisis de los datos del programa de salud pública.
- Incorporar al equipo de trabajo a profesionales en sistemas de información que manejen la inteligencia artificial y el BI para el análisis de los datos.
- Incorporar procesos y estrategias que incluyan la inteligencia artificial para la toma de decisiones.

6.2 CASO DE ESTUDIO EN EL PROGRAMA DE TUBERCULOSIS DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA

6.2.1 Fase 1: Diagnóstico de la transformación digital en el programa de tuberculosis municipal de San José de Cúcuta

Se aplicó un instrumento en línea para caracterizar la transformación digital a la enfermera epidemióloga, la bacterióloga auditora, la profesional en seguridad y salud en el trabajo y al ingeniero de sistemas del programa de tuberculosis, respondiendo la totalidad de las preguntas del formulario.

En San José de Cúcuta se tiene como resultado un nivel 3 de avance de transformación digital en el programa de salud pública de tuberculosis, puesto que tiene los componentes descritos en la siguiente figura.

Figura 38. Análisis de la transformación digital por cada uno de sus componentes en el programa de salud pública de tuberculosis de San José de Cúcuta



En el municipio de San José de Cúcuta se visualiza la implementación de 8 procesos de transformación digital, en el que se destaca un proceso de gobernanza para el sistema de información, proceso para el fortalecimiento de la infraestructura tecnológica, se dispone de un software en línea para el registro de los casos del programa que en la actualidad se encuentra en proceso de desarrollo e implementación, realizan un procesos para la interoperabilidad de forma manual entre otros sistemas de información de salud pública y a través interfaces entre los sistemas de información de exámenes de laboratorio ANARLAB y el KUBAPP que es el de Historia Clínica, también se realizan cruces de información manuales para complementar el análisis de los datos con otros sistemas de información como VIH y mortalidad, se tienen la disponibilidad de datos centralizados y de buena calidad, la divulgación de información trimestralmente, y la visualización de los datos a través de un dashboard desarrollado en el portal web de la secretaria de salud.

Para el programa de tuberculosis del municipio de San José de Cúcuta es importante avanzar en los procesos de la transformación digital porque permite fortalecer el proceso de captura de datos hacia la toma de decisiones y la implementación y evaluación de estrategias de salud pública, permite la creación de algoritmos epidemiológicos predictivos y fomenta la cultura del registro y la calidad del dato para homogeneización de estos y mejorar la toma de decisiones.

Las principales barreras y desafíos para lograr la transformación digital en salud pública en los próximos 3 años es la cultura y el recurso humano.

El impacto de la transformación digital en los procesos de salud pública se ve reflejado en el fortalecimiento de la toma de decisiones operativas y gerenciales, establecer intervenciones oportunas, mejorar de calidad del dato, el monitoreo periódico o en tiempo real de los indicadores de gestión, epidemiológicos y de seguimiento.

El rendimiento del desempeño innovador desde el dinamismo de los sistemas de información con integración de la inteligencia artificial puede mejorar la toma de decisiones, el diseño y rediseño de estrategias que impacten en los resultados de los indicadores; identificar las variables trazadoras que muestren el impacto real de las acciones y de la recolección de datos; integrar la red prestadora e interoperabilidad de la información para reducir reprocesos de información; establecer la integración de la información clínica que fortalezca la atención integral de pacientes de coinfección de TB/VIH y el fortalecimiento de la información transfronteriza por ser un municipio de frontera.

6.2.2 Fase 2: Resultado del método de adopción de la inteligencia artificial en el programa de salud pública de tuberculosis de San José de Cúcuta.

En esta segunda fase de la metodología IADI, se analizó el aporte del método de la adopción de la inteligencia artificial en el programa de salud pública de tuberculosis de San José de Cúcuta, a través de la aplicación de un instrumento y la demostración de algoritmos de inteligencia artificial de árboles de decisión y de clúster, la simulación de los algoritmos se realizó con las bases de datos que aportó para el estudio el programa de salud pública del departamento de Risaralda. Posteriormente se aplica la segunda parte del instrumento para identificar la percepción y el aporte de la inteligencia artificial al programa de tuberculosis de Pereira y la factibilidad de la adopción.

Como resultado de la primera parte de la aplicación del método de adopción de la inteligencia artificial se obtuvieron los siguientes resultados:

- El programa de salud pública de tuberculosis de San José de Cúcuta refiere conocer los beneficios de la inteligencia artificial y la aplicación de los algoritmos de aprendizaje de máquinas, siendo lo más importante el análisis predictivo para establecimiento de estrategias.
- El programa de salud pública de tuberculosis de San José de Cúcuta no conoce los beneficios y no sabría cómo utilizar los algoritmos del lenguaje natural, la robótica y la visión artificial, en cuanto al Business Intelligence permite tener información disponible en una página web para la toma de decisiones.
- El recurso humano está capacitado y comprometido en el aprendizaje de la inteligencia artificial para ser aplicada a salud pública y tiene la habilidad para asimilar o aprender la inteligencia artificial con un nivel de esfuerzo de 3 a 6 meses
- El programa de salud pública de tuberculosis de san José de Cúcuta dispone de software para el análisis de los datos llamado SPSS y Epiinfo que lo utiliza para realizar análisis descriptivo y tendría la intención de usar la inteligencia artificial con los datos de salud pública para generar nuevo conocimiento, la usaría para generar análisis de datos avanzados de información, responder a las necesidades de análisis de información, generar nuevas estrategias de abordaje a la población y generar investigación operativa con los resultados.

Como resultados de la segunda parte del instrumento del método de adopción de inteligencia artificial en el municipio de San José de Cúcuta, se tiene que la percepción de la aplicación de los algoritmos fue normal y se considera como normal la factibilidad de adoptar cada uno de los algoritmos para ser aplicados al programa de tuberculosis, permitiendo realizar un análisis diferenciado de cohortes, la predicción del comportamiento del evento de tuberculosis.

Los resultados de la aplicación de la inteligencia artificial lo consideran muy difícil en la interpretación de los resultados.

El aporte de los resultados de la inteligencia artificial es muy relevante para la toma de decisiones y genera un gran aporte a la generación de nuevos procesos en salud pública, pudiendo encontrar patrones ocultos, reducir el tiempo para el análisis de los datos, generar un mejor análisis descriptivo y predictivo, mejorar los resultados para la toma de decisiones, teniendo una muy buena percepción de la utilidad especialmente hacia la automatización de procesos de análisis y generación de salidas de información que permiten fortalecer la oportunidad en la toma de decisiones y análisis de estrategias.

Después de la aplicación de la inteligencia artificial en la información propia del programa de tuberculosis se generaron expectativas hacia la creación de nuevos procesos que aporten a la adopción de la IA, generación de capacidades en IA, incorporación de algoritmos de forma rutinaria a los procesos, y la inclusión de nuevas variables que aporten al análisis de los datos.

En cuanto a la percepción de la facilidad de uso, se considera de mediana dificultad, pero con apoyo de un ingeniero se facilita el uso.

Una de las principales barreras para la adopción de la IA es el recurso humano disponible y/o la continuidad, escasa capacitación en sistemas de información y la inteligencia artificial, tiempo para generar los análisis con algoritmos de IA.

La implementación de la inteligencia artificial en los programas de salud pública genera un impacto positivo en el resultado de los indicadores y metas propuestas en salud porque permite monitorear y evaluar para el ajuste, el rediseño o cambio de estrategias.

Los resultados de la IA aportaron a los programas de salud pública en la identificación de brechas para el cumplimiento de las metas de los indicadores, Análisis descriptivo que aporte al cumplimiento de los indicadores, la identificación de brechas en los procesos, el análisis

predictivo que aporte al cumplimiento de los indicadores, llevar a cabo nuevas estrategias que permitan intervenir los resultados generados a partir de la inteligencia artificial, generación de nuevos procesos a partir de los resultados de la IA, generar nuevas ideas a partir de los resultados para el abordaje a la población, generación de investigación a partir del análisis de los datos y generación de publicaciones en revistas indexadas.

Los indicadores que pudieran tener un impacto positivo a partir de la adopción de la inteligencia artificial son indicadores de riesgo del desarrollo de tuberculosis latente/activa en contactos de TB sensible y resistente.

Como resultado del método de adopción de la inteligencia artificial en el programa de salud pública de tuberculosis de San José de Cúcuta, se pudo identificar que el nivel de avance de la inteligencia artificial es Nivel 0, analizando el nivel de implementación del aprendizaje de máquinas, lenguaje natural, visión artificial, y robótica es Nivel 0, de igual manera se analizó el nivel de apropiación y de adopción de la IA, según la disponibilidad del recurso humano, donde el resultado fue nivel 2.

6.2.3 Fase 3: Resultados del método del desempeño innovador en el programa de salud pública de tuberculosis del municipio de San José de Cúcuta

Según la escala propuesta para medir el desempeño innovador a partir de los resultados del diagnóstico de la transformación digital y el nivel de la adopción de la inteligencia artificial a partir de las demostraciones o el uso de esta tecnología en los programas de salud pública de tuberculosis, el programa de salud pública de tuberculosis de San José de Cúcuta se clasifica como un programa de salud pública con intención de innovar.

6.2.4 Fase 4: Resultados del aporte en las metas de los indicadores del programa de salud pública y la aplicación de la metodología IADI en el municipio de San José de Cúcuta

Para el análisis de los resultados de la aplicación de la metodología IADI, se realizaron preguntas abiertas que permita generar un análisis cualitativo a partir de las respuestas entregadas por el programa de salud pública de tuberculosis, teniendo como resultado lo siguiente:

A la pregunta de cómo considera que los resultados de la metodología IADI aportan al cumplimiento de las metas de los indicadores de salud pública.

“La metodología aporta en un análisis eficaz de los datos obtenidos en resultados versus acciones propuestas por el programa de TB, identificando los puntos críticos a los cuales se deben focalizar las intervenciones”.

A la pregunta, ¿Podría explicar en sus propias palabras como podría influir la adopción de la Inteligencia artificial en las metas de los programas de salud pública?

“Se podría impactar en una correcta toma de decisión y gestión de la salud pública generando nuevo conocimiento y la aplicación en el programa de TB”.

A la pregunta ¿La adopción de la Inteligencia artificial en programas de salud pública influye en el desempeño innovador del sector salud?

“SI y mucho porque la IA permite acortar procesos de análisis de datos, nos permite influir en los datos que queremos analizar, y esta búsqueda sea guiada de acuerdo con las metas propuestas, con la creación y aplicación de los algoritmos de la inteligencia artificial”.

¿Podría explicar en sus propias palabras como podría influir el desempeño innovador en las metas de los indicadores de los programas de salud pública a partir de la adopción de la inteligencia artificial?

“Nuevas tecnologías que permiten los abordajes en la actualidad de generación de conocimiento a partir de las bases de datos construidas en el despliegue del programa de TB”.

Describe la experiencia de la aplicación de la metodología IADI en el programa de salud pública.

“Una experiencia realmente fascinante porque la aplicación de estos algoritmos facilita el quehacer diario y permite tener de una forma rápida, eficaz y eficiente el análisis de los datos que facilitaría el desempeño laboral de todas las personas del programa de TB. Se logra identificar rápidamente las desviaciones de las metas y aplicar planes de mejora y estrategias para cumplir y mejorar los indicadores y las metas del Programa de TB, encaminado al éxito de tratamiento”.

Como conclusiones del caso de estudio en el programa de tuberculosis del municipio de San José de Cúcuta tenemos:

- San José de Cúcuta tiene un nivel 3 de avance de transformación digital en el programa de salud pública de tuberculosis.
- El nivel de avance de la inteligencia artificial es un Nivel 0.

- Se identifica un nivel 2 en la apropiación y de adopción de la IA, teniendo en cuenta la disponibilidad del recurso humano.
- Una de las principales barreras para la adopción de la IA es el recurso humano disponible, escasa capacitación en sistemas de información y la inteligencia artificial.
- La implementación de la inteligencia artificial en los programas de salud pública genera un impacto positivo en el resultado de los indicadores y metas propuestas en salud.
- La experiencia de la aplicación de la metodología fue muy buena porque la aplicación de estos algoritmos facilita el desempeño laboral de todas las personas del programa de TB y se logra identificar rápidamente las desviaciones de las metas, aplicar planes de mejora y estrategias para cumplir las metas del programa de TB, encaminado al éxito de tratamiento.

Siguiendo los niveles establecidos en la metodología IADI, las recomendaciones son:

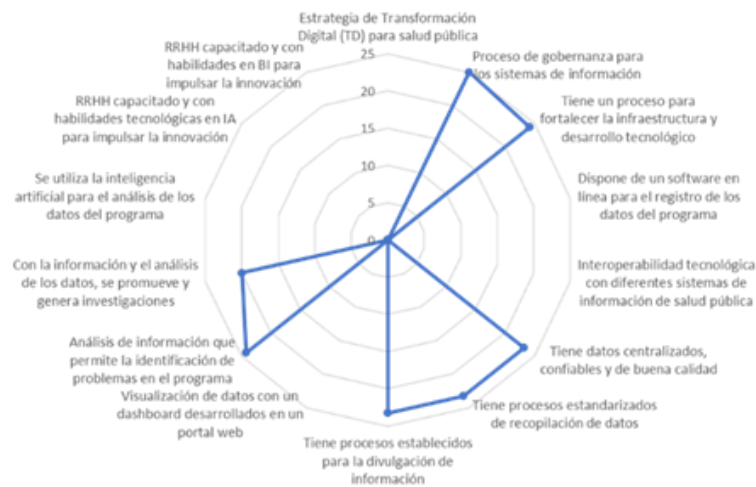
- Encaminar el análisis de la información a la identificación de brechas para ser abordados con estrategias innovadoras que aporten al cumplimiento de los indicadores.
- Generar la articulación con la academia para incorporar procesos de promuevan la investigación operativa con el programa de salud pública.
- Gestionar la incorporación de la inteligencia artificial como herramienta para el análisis de los datos del programa de salud pública.
- Generar capacitación al equipo de trabajo en inteligencia artificial y el BI para el análisis de los datos.

6.3 CASO DE ESTUDIO EN EL PROGRAMA DE TUBERCULOSIS DEL MUNICIPIO DE CALI

6.3.1 Fase 1: Diagnóstico de la transformación digital en el programa de tuberculosis municipal de Cali

Se aplicó un instrumento en línea para caracterizar la transformación digital a la epidemióloga del programa de salud pública de tuberculosis, respondiendo la totalidad de las preguntas del formulario. En Cali se tiene como resultado un nivel 2 de avance de transformación digital en el programa de salud pública de tuberculosis, puesto que tiene los componentes descritos en la siguiente figura.

Figura 39. Análisis de la transformación digital por cada uno de sus componentes en el programa de salud pública de tuberculosis de Cali



En el municipio de Cali se visualiza la implementación de 7 procesos de transformación digital, en el que se destaca un proceso de gobernanza para el sistema de información, proceso para el fortalecimiento de la infraestructura tecnológica, la disponibilidad de datos centralizados y de buena calidad, la divulgación de información, el análisis de la información que permite la identificación de problemas para ser abordados por el programa y la promoción de la investigación.

Las principales barreras y desafíos para lograr la transformación digital en salud pública en los próximos 3 años es el presupuesto y el recurso humano.

Para el programa de tuberculosis del municipio de Cali es importante avanzar en los procesos de la transformación digital porque puede haber mayor oportunidad en la identificación de brechas y problemáticas en la adherencia a protocolos, calidad de los datos y la medición oportuna de indicadores que permite tomar decisiones rápidamente.

El impacto de la transformación digital en los procesos de salud pública se ve reflejado en estar a la par del desarrollo tecnológico que va en el mundo, a la vanguardia, facilitar la integralidad de los sistemas de información, la identificación de brechas y la toma de decisiones con una información más completa y oportuna.

Medir el desempeño innovador en el programa de salud pública de tuberculosis de Cali es importante porque permite conocer la situación actual de programa de salud pública en todo lo

relacionado con la gestión de la innovación y permite identificar más herramientas o estrategias para mejorar todos los procesos de salud pública.

6.3.2 Fase 2: Resultado del método de adopción de la inteligencia artificial en el programa de salud pública de tuberculosis de Cali

En esta segunda fase de la metodología IADI, se analizó el aporte del método de la adopción de la inteligencia artificial en el programa de salud pública de tuberculosis de Cali, a través de la aplicación del instrumento y la demostración de algoritmos de inteligencia artificial de árboles de decisión y de clúster, la simulación de los algoritmos se realizó con las bases de datos que aportó para el estudio el programa de salud pública del departamento de Risaralda. Posteriormente se aplica la segunda parte de la encuesta para identificar la percepción y el aporte de la inteligencia artificial al programa de tuberculosis de Pereira y la factibilidad de la adopción.

Como resultado de la primera parte de la aplicación del método de adopción de la inteligencia artificial se obtuvieron los siguientes resultados:

- El programa de salud pública de tuberculosis de Cali refiere conocer los beneficios de la inteligencia artificial, siendo lo más importante la Integralidad y oportunidad en la captura y análisis de los datos.
- El programa de salud pública de tuberculosis de Cali no conoce los beneficios y no sabría cómo utilizar los algoritmos del lenguaje natural, la robótica y el Business Intelligence al programa de salud pública de tuberculosis. En cuanto a los algoritmos de visión artificial, los beneficios estarían encaminados a diagnóstico de TB con radiografía de tórax y del aprendizaje de máquinas a dar respuesta a lo que el usuario necesita para el análisis de datos.
- El recurso humano del programa de salud pública de tuberculosis no está capacitado en este momento para el aprendizaje de la inteligencia artificial, Si se tiene la habilidad para asimilar o aprender la inteligencia artificial pero no se aplica con la información de salud pública y el nivel de esfuerzo para asimilar o aprender la inteligencia artificial es entre 3 y 6 meses.
- El programa de salud pública de tuberculosis de Cali dispone de software para el análisis de los datos llamado STATA que lo utiliza para realizar análisis descriptivo y tendría la intención de usar la inteligencia artificial con los datos de salud pública para generar nuevo conocimiento, pero no tiene la tecnología para usarla, y la usaría para generar análisis de

datos avanzados de información, generar nuevas estrategias de abordaje a la población y generar investigación operativa con los resultados.

El resultado de la segunda parte del instrumento del método de adopción de inteligencia artificial en el municipio de Cali identifica que la percepción de la aplicación de los algoritmos fue muy fácil y se considera como muy fácil la factibilidad de adoptar cada uno de los algoritmos para ser aplicados al programa de tuberculosis.

Los resultados de la aplicación de la inteligencia artificial lo consideran muy fácil en la interpretación de los resultados, puesto que permite llegar al detalle del análisis aportando a la toma de decisiones en salud pública.

El aporte de los resultados de la inteligencia artificial es muy relevante para la toma de decisiones y genera un gran aporte a la generación de nuevos procesos en salud pública, pudiendo encontrar patrones ocultos, reducir el tiempo para el análisis de los datos, generar un mejor análisis descriptivo y predictivo, mejorar los resultados para la toma de decisiones, teniendo una muy buena percepción de la utilidad.

Después de la aplicación de la inteligencia artificial en la información propia del programa de tuberculosis se generaron expectativas hacia la creación de nuevos procesos que aporten a la adopción de la IA, generación de capacidades en IA, incorporación de algoritmos de forma rutinaria a los procesos, y la inclusión de nuevas variables que aporten al análisis de los datos.

En cuanto a la percepción de la facilidad de uso, se considera fácil siempre y cuando se capacite en el tema.

Una de las principales barreras para la adopción de la IA es el recurso humano disponible, escasa capacitación en sistemas de información y la inteligencia artificial, tiempo para generar los análisis con algoritmos de IA y recursos financieros.

La implementación de la inteligencia artificial en los programas de salud pública genera un impacto positivo en el resultado de los indicadores y metas propuestas en salud.

Los resultados de la IA aportaron a los programas de salud pública en la identificación de brechas para el cumplimiento de las metas de los indicadores, Análisis descriptivo que aporte al cumplimiento de los indicadores, la identificación de brechas en los procesos, el análisis predictivo que aporte al cumplimiento de los indicadores, llevar a cabo nuevas estrategias que permitan intervenir los resultados generados a partir de la inteligencia artificial, generación de

nuevos procesos a partir de los resultados de la IA, generar nuevas ideas a partir de los resultados para el abordaje a la población, generación de investigación a partir del análisis de los datos y generación de publicaciones en revistas indexadas.

Los indicadores que pudieran tener un impacto positivo a partir de la adopción de la inteligencia artificial son indicadores de calidad del dato y de mortalidad, y se incluirían indicadores de población vulnerables para ser intervenidos.

Como resultado del método de adopción de la inteligencia artificial en el programa de salud pública de tuberculosis de Cali, se pudo identificar que el nivel de avance de la inteligencia artificial es Nivel 0, analizando el nivel de implementación del aprendizaje de máquinas, lenguaje natural, visión artificial, y robótica es Nivel 0, de igual manera se analizó el nivel de apropiación y de adopción de la IA, según la disponibilidad del recurso humano, donde el resultado fue nivel 2.

6.3.3 Fase 3: Resultados del método del desempeño innovador en el programa de salud pública de tuberculosis del municipio de Cali

Según la escala propuesta para medir el desempeño innovador a partir de los resultados del diagnóstico de la transformación digital y el nivel de la adopción de la inteligencia artificial a partir de las demostraciones o el uso de esta tecnología en los programas de salud pública de tuberculosis, el programa de salud pública de tuberculosis de Cali se clasifica como un programa de salud pública con intención de innovar.

6.3.4 Fase 4: Resultados del aporte en las metas de los indicadores del programa de salud pública y la aplicación de la metodología IADI en el municipio de Cali

Para el análisis de los resultados de la aplicación de la metodología IADI, se realizaron preguntas abiertas que permita generar un análisis cualitativo a partir de las respuestas entregadas por el programa de salud pública de tuberculosis, teniendo como resultado lo siguiente:

A la pregunta de cómo considera que los resultados de la metodología IADI aportan al cumplimiento de las metas de los indicadores de salud pública.

“La metodología propuesta aporta desde el punto de vista de mejoramiento de oportunidad, enfoque diferencial, toma de decisiones y medición en tiempo real de los indicadores”.

A la pregunta, ¿Podría explicar en sus propias palabras como podría influir la adopción de la Inteligencia artificial en las metas de los programas de salud pública?

“Influiría de manera predictiva orientando las acciones e impactando en el resultado y reducción de las problemáticas y aumento de las actividades de gestión”

A la pregunta ¿La adopción de la Inteligencia artificial en programas de salud pública influye en el desempeño innovador del sector salud?

“Si, innova hacia la gestión del conocimiento, fortalecimiento de capacidades, diseño de estrategias operativas orientadas en enfoque diferencial”

¿Podría explicar en sus propias palabras como podría influir el desempeño innovador en las metas de los indicadores de los programas de salud pública a partir de la adopción de la inteligencia artificial?

“En la motivación del talento humano al fortalecimiento de la calidad del dato para generar análisis válido, de buena consistencia, correlacionando entre diferentes registros y problemas de salud, actuaciones oportunas y operativas, diseño y rediseño de estrategias enfocados en poblaciones vulnerables”.

Describe la experiencia de la aplicación de la metodología IADI en el programa de salud pública.

“En general, al familiarizarse con el uso, se observa menos complejo de lo que inicialmente parece, mostrando que su uso puede tener implementación para el análisis rutinario y la implementación de estrategias”.

Como conclusiones del caso de estudio aplicando la metodología IADI en el programa de tuberculosis del municipio de Cali se tiene:

- Cali tiene un nivel 2 de avance de transformación digital en el programa de salud pública.
- El nivel de avance de la inteligencia artificial y es Nivel 0.
- Se identifica un nivel 2 en la apropiación y de adopción de la IA, teniendo en cuenta la disponibilidad del recurso humano.
- Una de las principales barreras para la adopción de la IA es el recurso humano disponible, escasa capacitación en sistemas de información y la inteligencia artificial.
- La implementación de la inteligencia artificial en los programas de salud pública genera un impacto positivo en el resultado de los indicadores y metas propuestas en salud.

-
- El programa de salud pública refiere que la aplicación de la metodología IADI facilita la comprensión de la inteligencia artificial y se observa menos complejo de lo que inicialmente parece, mostrando que su uso puede tener implementación para el análisis rutinario y la implementación de estrategias.

Siguiendo los niveles establecidos en la metodología IADI, las recomendaciones son:

- Promover la incorporación del proceso de transformación digital en la secretaria de salud municipal, con el fin de avanzar en este proceso.
- Gestionar el desarrollo de un software en línea para el registro de los datos del programa de tuberculosis, con el módulo del laboratorio, que sea interoperable entre los diferentes sistemas de información del programa de tuberculosis, los laboratorios de diagnóstico de tuberculosis y otros sistemas de información que aporten a la toma de decisiones.
- Desarrollar o incorporar visualizadores de datos o dashboard que aporten al análisis de la información y por ende a la toma de decisiones en el programa de salud pública.
- Gestionar la incorporación de la inteligencia artificial como herramienta para el análisis de los datos del programa de salud pública.
- Incorporar al equipo de trabajo a profesionales en sistemas de información que manejen la inteligencia artificial y el BI para el análisis de los datos.

6.4 CASO DE ESTUDIO EN EL PROGRAMA DE TUBERCULOSIS DEL DEPARTAMENTO DE RISARALDA

6.4.1 Fase 1: Diagnóstico de la transformación digital en el Departamento de Risaralda

Se aplicó el instrumento en línea para caracterizar la transformación digital, aplicada al coordinador del programa de tuberculosis, respondiendo la totalidad de las preguntas del formulario, cuando se presentaba alguna duda, se preguntaba al ingeniero de sistemas de la secretaria de salud, puesto que el programa de tuberculosis no tiene un profesional de sistemas de información en este momento.

En Risaralda se tiene como resultado un nivel 3 de avance de transformación digital en el programa de salud pública, puesto que tiene los componentes descritos en la siguiente figura.

Figura 40. Análisis de la transformación digital por cada uno de sus componentes en el programa de salud pública de tuberculosis de Risaralda



En el departamento de Risaralda se visualiza la implementación de 9 procesos de transformación digital, en el que se destaca tener una estrategia de transformación digital implementada o se tiene contemplada en los próximos 3 años, proceso de gobernanza para el sistema de información, proceso para el fortalecimiento de la infraestructura tecnológica, la disponibilidad de un software en línea para el registro de los casos, la disponibilidad de datos centralizados y de buena calidad, la divulgación de información y la identificación de problemas para ser abordados por el programa.

Para el programa de tuberculosis de Risaralda es importante avanzar en los procesos de la transformación digital porque aporta a la toma de decisiones y al monitoreo permanente de las metas de los indicadores, permite tener datos de mejor calidad y oportunidad, con la posibilidad de intervenir en momentos y puntos claves de la salud pública, además por el volumen grande de información, el análisis de los datos manualmente se vuelve muy engorroso y no se captan los detalles de los datos.

6.4.2 Fase 2: Resultado del método de adopción de la inteligencia artificial en el programa de salud pública de tuberculosis de Risaralda

En esta segunda fase de la metodología IADI, se analizó el aporte del método de la adopción de la inteligencia artificial en el programa de salud pública de tuberculosis de Risaralda, a través de la aplicación de una encuesta y la demostración de algoritmos de inteligencia artificial

de árboles de decisión y de clúster, la simulación de los algoritmos se realizó con las bases de datos propias del programa de salud pública de Risaralda.

Se discutieron los resultados y se generó un gran interés por mejorar la calidad de los datos registrados para el análisis de la información del programa de tuberculosis, se identificaron potencialidades que pueden ser identificadas en la aplicación de la inteligencia artificial. Posteriormente se aplica la segunda parte de la encuesta para identificar la percepción y el aporte de la inteligencia artificial al programa de tuberculosis de Risaralda y la factibilidad de la adopción.

Como resultado de la primera parte de la aplicación del método de adopción de la inteligencia artificial se obtuvieron los siguientes resultados:

- El programa de salud pública de tuberculosis de Risaralda refiere conocer los beneficios de la inteligencia artificial, siendo lo más importante la predicción.
- El programa de salud pública de tuberculosis de Risaralda no conoce los beneficios y no sabría cómo utilizar los algoritmos de aprendizaje de máquinas, lenguaje natural, visión artificial y robótica al programa de salud pública de tuberculosis, el Business Intelligence la utilizaría para apoyar la toma de decisiones y transformación de la realidad.
- El recurso humano del programa de salud pública de tuberculosis de Risaralda no está capacitado en este momento para el aprendizaje de la inteligencia artificial, Si se tiene la habilidad para asimilar o aprender la inteligencia artificial pero no se aplica con la información de salud pública y el nivel de esfuerzo para asimilar o aprender la inteligencia artificial estaría entre 3 y 6 meses.
- El programa de salud pública de tuberculosis de Risaralda no dispone de software para el análisis de los datos, y tendría la intención de usar la inteligencia artificial con los datos de salud pública para generar nuevo conocimiento, generar análisis de datos avanzados de información, generar nuevas estrategias de abordaje a la población y generar investigación operativa con los resultados.

Como resultado de la segunda parte del instrumento del método de adopción de inteligencia artificial en el departamento de Risaralda se tiene la percepción de la aplicación de los algoritmos es muy fácil, y se considera como normal la factibilidad de adoptar cada uno de los algoritmos para ser aplicados al programa de tuberculosis.

Los resultados de la aplicación de la inteligencia artificial lo consideran algo normal en la interpretación de los resultados, puesto que permite generar diferentes cruces automatizados de información, aportando en la toma de decisiones para el abordaje de las estrategias en el programa de salud pública y tener una incidencia directa en los resultados de las metas de los indicadores del programa.

El aporte de los resultados de la inteligencia artificial es muy relevante para la toma de decisiones y genera un gran aporte a la generación y automatización de nuevos procesos en salud pública, pudiendo encontrar patrones ocultos, reducir el tiempo para el análisis de los datos, generar un mejor análisis descriptivo y predictivo con el fin de mejorar los resultados para la toma de decisiones.

Después de la aplicación de la inteligencia artificial en la información propia del programa de tuberculosis se generaron expectativas hacia la creación de nuevos procesos que aporten a la adopción de la IA, generación de capacidades en IA, incorporación de algoritmos de forma rutinaria a los procesos, y la inclusión de nuevas variables que aporten al análisis de los datos.

En cuanto a la percepción de la facilidad de uso, se considera que no es complicado ni tan sencillo, es un proceso que con una mediana capacitación se entiende.

Una de las principales barreras para la adopción de la IA es el recurso humano disponible y barreras administrativas que no permiten el desarrollo de estos sistemas.

La implementación de la inteligencia artificial en los programas de salud pública genera un impacto positivo en el resultado de los indicadores y metas propuestas en salud porque permite tener mejores puntos de control para la intervención oportuna con miras mejorar y cumplir el indicador.

Los resultados de la IA aportaron a los programas de salud pública en la identificación de brechas para el cumplimiento de las metas de los indicadores, obtener un análisis descriptivo que aporte al cumplimiento de los indicadores, la identificación de brechas en los procesos, el análisis predictivo que aporte al cumplimiento de los indicadores, llevar a cabo nuevas estrategias que permitan intervenir los resultados generados a partir de la inteligencia artificial, generación de nuevos procesos a partir de los resultados de la IA, generar nuevas ideas a partir de los resultados para el abordaje a la población, generación de investigación a partir del análisis de los datos y por ende se podrían generar publicaciones en revistas indexadas.

Los indicadores de movilidad en los pacientes con tuberculosis pudieran tener un impacto positivo a partir de la adopción de la inteligencia artificial.

Como resultado del método de adopción de la inteligencia artificial en el programa de salud pública de tuberculosis de Risaralda, se pudo identificar que el nivel de avance de la inteligencia artificial es Nivel 0, analizando el nivel de implementación del aprendizaje de máquinas, lenguaje natural, visión artificial, y robótica es Nivel 0, de igual manera se analizó el nivel de apropiación y de adopción de la IA, según la disponibilidad del recurso humano, donde el resultado fue nivel 0.

6.4.3 Fase 3: Resultados del método del desempeño innovador en el programa de salud pública de tuberculosis del departamento de Risaralda

Según la escala propuesta para medir el desempeño innovador a partir de los resultados del diagnóstico de la transformación digital y el nivel de la adopción de la inteligencia artificial a partir de las demostraciones o el uso de esta tecnología en los programas de salud pública de tuberculosis, el programa de salud pública de tuberculosis de Risaralda podría clasificarse como un programa de salud pública potencialmente innovador. Aunque se encuentre en los límites entre la intención de innovar y potencialmente innovador.

6.4.4 Fase 4: Resultados del aporte en las metas de los indicadores del programa de salud pública y la aplicación de la metodología IADI en el departamento de Risaralda

Para el análisis de los resultados de la aplicación de la metodología IADI, se realizaron preguntas abiertas que permita generar un análisis cualitativo a partir de las respuestas entregadas por el programa de salud pública de tuberculosis, teniendo como resultado lo siguiente:

A la pregunta de cómo considera que los resultados de la metodología IADI aportan al cumplimiento de las metas de los indicadores de salud pública.

“Permitiría ahorrar tiempo y esfuerzo, con la posibilidad de generar mejores espacios de análisis y discusión para la toma de decisiones”.

A la pregunta, ¿Podría explicar en sus propias palabras como podría influir la adopción de la Inteligencia artificial en las metas de los programas de salud pública?

“Si influye, a través del seguimiento más estrecho al cumplimiento, con mejores puntos de control”.

A la pregunta ¿La adopción de la Inteligencia artificial en programas de salud pública influye en el desempeño innovador del sector salud?

“Sí porque permite estar a la vanguardia”.

¿Podría explicar en sus propias palabras como podría influir el desempeño innovador en las metas de los indicadores de los programas de salud pública a partir de la adopción de la inteligencia artificial?

“Permite hacer mejor las cosas a un menor costo”.

Describa la experiencia de la aplicación de la metodología IADI en el programa de salud pública.

“El ejercicio permitió conocer la aplicabilidad y usos futuros de la IA en el quehacer cotidiano de los programas de salud pública”.

Las conclusiones del caso de estudio aplicando la metodología IADI en el programa de tuberculosis del departamento de Risaralda son:

- Risaralda tiene un nivel 3 de avance de transformación digital en el programa de salud pública.
- El nivel de avance de la inteligencia artificial se encuentra en un Nivel 0
- Se identifica un Nivel 0 en la apropiación y de adopción de la IA, teniendo en cuenta la disponibilidad del recurso humano.
- Una de las principales barreras para la adopción de la IA es el recurso humano disponible.
- La implementación de la metodología IADI con la inteligencia artificial Permitiría ahorrar tiempo y esfuerzo, con la posibilidad de generar mejores espacios de análisis y discusión para la toma de decisiones.

Siguiendo los niveles establecidos en la metodología IADI, las recomendaciones son:

- Fortalecer la interoperabilidad entre los diferentes sistemas de información del programa de tuberculosis, los laboratorios de diagnóstico de tuberculosis y otros sistemas de información que aporten a la toma de decisiones.
- Generar la articulación con la academia para incorporar procesos de promuevan la investigación operativa con el programa de salud pública.
- Gestionar la incorporación de la inteligencia artificial como herramienta para el análisis de los datos del programa de salud pública.

- Incorporar al equipo de trabajo a profesionales en sistemas de información que apoye la gestión del sistema de información y que maneje la inteligencia artificial y el BI para el análisis de los datos.

6.5 CASO DE ESTUDIO EN EL PROGRAMA DE TUBERCULOSIS DEL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA

6.5.1 Fase 1: Diagnóstico de la transformación digital en el programa de tuberculosis del departamento del Valle del Cauca

Se aplicó el instrumento en línea para caracterizar la transformación digital al coordinador del programa de tuberculosis, respondiendo la totalidad de las preguntas del formulario.

En el Valle del Cauca se tiene como resultado un nivel 2 de avance de transformación digital en el programa de salud pública de tuberculosis, puesto que tiene los componentes descritos en la siguiente figura.

Figura 41. Análisis de la transformación digital por cada uno de sus componentes en el programa de salud pública de tuberculosis de la secretaria de salud departamental del Valle del Cauca



En el programa de salud pública de tuberculosis de la secretaria de salud departamental del Valle del Cauca se visualiza la implementación de 6 procesos de transformación digital, en el que se destaca un proceso de gobernanza para el sistema de información, proceso para el fortalecimiento de la infraestructura tecnológica, procesos estandarizados de recopilación de datos, análisis de información que permite la identificación de problemas en el programa de salud

pública, la promoción de investigación operativa y se tiene recurso humano con habilidades en business intelligence para el desarrollo de dashboard para el análisis de los datos.

Para el programa de tuberculosis del departamento del Valle se ha avanzado muy poco y se tiene identificada la importancia de avanzar en los procesos de la transformación digital porque ayuda a tomar decisiones administrativas para los enfoques y necesidades reales que tiene la población, permitiendo tener buenos análisis para intervenciones focalizadas en la población.

Las principales barreras y desafíos para lograr la transformación digital en salud pública en los próximos 3 años es el presupuesto el recurso humano y el desconocimiento de las tecnologías.

La transformación digital aporta al desempeño innovador, y este a su vez puede impactar positivamente las metas de los indicadores de salud pública.

El impacto de la transformación digital en los procesos de salud pública se ve reflejado en un análisis de datos adecuado que permita tomar decisiones asertivas en los programas y no desviarse de los procesos para el cumplimiento de las metas de salud pública.

6.5.2 Fase 2: Resultado del método de adopción de la inteligencia artificial en el programa de salud pública de tuberculosis del Valle del Cauca

En esta segunda fase de la metodología IADI, se analizó el aporte del método de la adopción de la inteligencia artificial en el programa de salud pública de tuberculosis del Valle del Cauca, a través de la aplicación de una encuesta y la demostración de algoritmos de inteligencia artificial de árboles de decisión y de clúster, la simulación de los algoritmos se realizó con las bases de datos que aportó para el estudio el programa de salud pública del departamento de Risaralda.

Posteriormente se aplica la segunda parte de la encuesta para identificar la percepción y el aporte de la inteligencia artificial al programa de tuberculosis de Pereira y la factibilidad de la adopción. Como resultado de la primera parte de la aplicación del método de adopción de la inteligencia artificial se obtuvieron los siguientes resultados:

- El programa de salud pública de tuberculosis del departamento del Valle del Cauca refiere conocer los beneficios de la inteligencia artificial y la aplicación de los algoritmos de aprendizaje de máquinas, siendo lo más importante la economía de tiempo, datos precisos y diferentes opciones para la toma de decisiones.

- El programa de salud pública de tuberculosis del Valle del Cauca no conoce los beneficios y no sabría cómo utilizar los algoritmos del lenguaje natural, la robótica y la visión artificial, en cuanto al business intelligence, se tiene un orden en la presentación de los datos, que se pueden modificar cuando se actualizan las bases de datos estandarizada.
- El recurso humano no está capacitado en el aprendizaje de la inteligencia artificial para ser aplicada a salud pública y tiene la habilidad para asimilar o aprender la inteligencia artificial con un nivel de esfuerzo de 3 a 6 meses.
- No se dispone de software para el análisis de los datos.
- Se tiene la intención, pero NO se tiene RRHH para usar la IA, y la usaría para generar nuevo conocimiento, análisis avanzados de información, responder a las necesidades de análisis de información, generar nuevas estrategias de abordaje a la población y generar investigación operativa con los resultados.

El resultado de la segunda parte del instrumento del método de adopción de inteligencia artificial en el departamento del Valle del Cauca identifica que la percepción de la aplicación de los algoritmos y la factibilidad de adoptarlos la consideran como muy fácil para ser aplicados al programa de tuberculosis. Los resultados de la aplicación de la inteligencia artificial lo consideran normal en la interpretación de los resultados y podrían tener una incidencia directa en el resultado de los indicadores con el fin de avanzar en el cumplimiento de las metas del programa de salud pública.

El aporte de los resultados de la inteligencia artificial es muy relevante para la toma de decisiones y genera un gran aporte a la generación de nuevos procesos en salud pública porque permite reducir el tiempo para el análisis de los datos, generar un mejor análisis descriptivo y predictivo, mejorar los resultados para la toma de decisiones, teniendo una muy buena percepción de la utilidad hacia la creación de nuevos procesos que aporten a la adopción de la IA, la generación de capacidades en IA, la incorporación de algoritmos de forma rutinaria a los procesos, y la inclusión de nuevas variables que aporten al análisis de los datos.

Una de las principales barreras para la adopción de la IA es el recurso humano disponible, escasa capacitación en sistemas de información y en inteligencia artificial.

La implementación de la inteligencia artificial en los programas de salud pública genera un impacto positivo en el resultado de los indicadores y metas propuestas en salud porque permite

obtener un análisis rápido, preciso, en tiempos y permite tener varias opciones de resultados e ir más allá en la predicción del dato.

Los resultados de la IA aportaron a los programas de salud pública en la identificación de brechas en los procesos y el cumplimiento de las metas de los indicadores, Análisis descriptivo que aporte al cumplimiento de los indicadores, llevar a cabo nuevas estrategias que permitan intervenir los resultados generados a partir de la inteligencia artificial, generación de nuevos procesos a partir de los resultados de la IA, generar nuevas ideas a partir de los resultados para el abordaje a la población y la generación de investigación a partir del análisis de los datos.

Los indicadores que pudieran tener un impacto positivo a partir de la adopción de la inteligencia artificial es el porcentaje de pacientes diagnosticados que ingresan a tratamiento.

Como resultado del método de adopción de la inteligencia artificial en el programa de salud pública de tuberculosis en el departamento del Valle del Cauca, se pudo identificar que el nivel de avance de la inteligencia artificial es Nivel 0, analizando el nivel de implementación del aprendizaje de máquinas, lenguaje natural, visión artificial, y robótica es Nivel 0, de igual manera se analizó el nivel de apropiación y de adopción de la IA, según la disponibilidad del recurso humano, donde el resultado fue nivel 2.

6.5.3 Fase 3: Resultados del método del desempeño innovador en el programa de salud pública de tuberculosis del departamento del Valle del Cauca.

Según la escala propuesta para medir el desempeño innovador a partir de los resultados del diagnóstico de la transformación digital y el nivel de la adopción de la inteligencia artificial a partir de las demostraciones o el uso de esta tecnología en los programas de salud pública de tuberculosis, el programa de salud pública de tuberculosis del departamento del Valle del Cauca se clasifica como un programa de salud pública con intención de innovar.

6.5.4 Fase 4: Resultados del aporte en las metas de los indicadores del programa de salud pública y la aplicación de la metodología IADI en el departamento el Valle del Cauca

Para el análisis de los resultados de la aplicación de la metodología IADI, se realizaron preguntas abiertas que permita generar un análisis cualitativo a partir de las respuestas entregadas por el programa de salud pública de tuberculosis, teniendo como resultado lo siguiente:

A la pregunta de cómo considera que los resultados de la metodología IADI aportan al cumplimiento de las metas de los indicadores de salud pública.

“Si aportan al cumplimiento de los indicadores, porque desde el inicio existiría una captura de datos en línea, aportaría en la calidad del dato, el análisis de los datos será más detallado, lo que facilitaría más la toma de decisiones al ser específico, y adicionalmente la oportunidad de los resultados es notoria”.

A la pregunta, ¿Podría explicar en sus propias palabras como podría influir la adopción de la Inteligencia artificial en las metas de los programas de salud pública?

“Influiría en el desarrollo de los procesos del sistema de información con oportunidad, y toma de decisiones más integrales al haber interoperabilidad de los procesos”.

A la pregunta ¿La adopción de la Inteligencia artificial en programas de salud pública influye en el desempeño innovador del sector salud?

“Si, porque da respuesta al tercer pilar del plan estratégico fin a la tuberculosis, precisamente en el componente de innovación, al tener esta herramienta que va a la par con el desarrollo tecnológico del mundo”.

¿Podría explicar en sus propias palabras como podría influir el desempeño innovador en las metas de los indicadores de los programas de salud pública a partir de la adopción de la inteligencia artificial?

“El desempeño innovador podría influir positivamente al permitir construir nuevas estrategias y por ende buenos resultados al aplicar las acciones generadas al haber identificado previamente los resultados de los indicadores. Además, facilitaría la oportunidad de la evaluación continua del programa”.

Describe la experiencia de la aplicación de la metodología IADI en el programa de salud pública.

“Me parece una herramienta muy importante para generar nuevas estrategias, o mejorar las existente, y la oportunidad en el análisis y generación de resultados”.

Como conclusiones del caso de estudio aplicando la metodología IADI en el programa de tuberculosis del departamento del Valle del Cauca se tiene:

- El departamento del Valle del Cauca tiene un nivel 2 de avance de transformación digital en el programa de salud pública de tuberculosis.
- El nivel de avance de la inteligencia artificial es un Nivel 0.
- Se identifica un nivel 2 en la apropiación y de adopción de la IA, teniendo en cuenta la disponibilidad del recurso humano.
- Una de las principales barreras para la adopción de la IA es el recurso humano disponible, escasa capacitación en sistemas de información y la inteligencia artificial.
- La implementación de la inteligencia artificial en los programas de salud pública Influiría en la toma de decisiones más integrales y la interoperabilidad de los procesos.
- El desempeño innovador podría influir positivamente y facilitaría la evaluación continua del programa.

Siguiendo los niveles establecidos en la metodología IADI, las recomendaciones son:

- Promover la incorporación del proceso de transformación digital en la secretaria de salud departamental, con el fin de avanzar en este proceso.
- Gestionar la implementación del software en línea para el registro de los datos del programa de tuberculosis que se encuentra en proceso de desarrollo, incluir el módulo del laboratorio, y que sea interoperable entre los diferentes sistemas de información del programa de tuberculosis, los laboratorios de diagnóstico de tuberculosis y otros sistemas de información que aporten a la toma de decisiones.
- Desarrollar o incorporar visualizadores de datos o dashboard que aporten al análisis de la información y por ende a la toma de decisiones en el programa de salud pública.
- Gestionar la incorporación de la inteligencia artificial como herramienta para el análisis de los datos del programa de salud pública.
- Incorporar al equipo de trabajo a profesionales en sistemas de información que manejen la inteligencia artificial para el análisis de los datos.

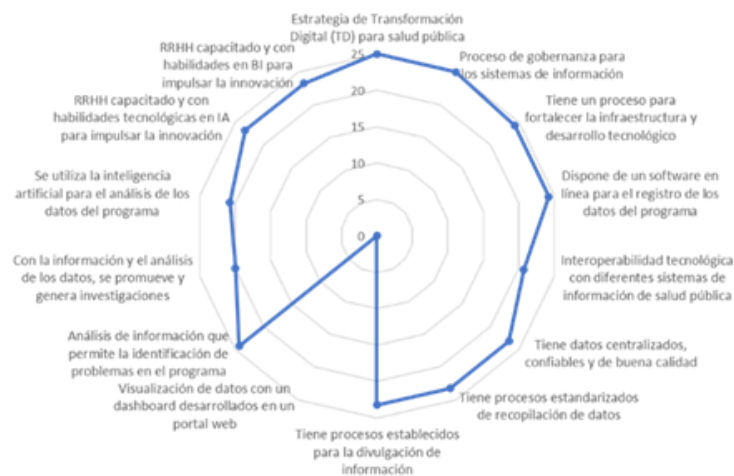
6.6 CASO DE ESTUDIO EN EL PROGRAMA NACIONAL/INTERNACIONAL DE TUBERCULOSIS DE PARAGUAY.

6.6.1 Fase 1: Diagnóstico de la transformación digital en el programa Nacional/Internacional de tuberculosis de Paraguay

Se aplicó el instrumento para caracterizar la transformación digital a través de un formulario en línea, a la coordinadora del PNCT, a la coordinadora de monitoreo y evaluación, al profesional de sistemas de información, y a la asesora del programa nacional, la encuesta fue respondida por el equipo interdisciplinario en la totalidad de las preguntas.

En Paraguay se tiene como resultado un nivel 4 de avance de transformación digital en el programa de salud pública, puesto que tiene los componentes descritos en la siguiente figura.

Figura 42. Análisis de la transformación digital por cada uno de sus componentes en el programa de salud pública de tuberculosis de Paraguay



En Paraguay se visualiza la implementación de 13 procesos de transformación digital, en el que se destaca tener una estrategia de transformación digital implementada o se tiene contemplada en los próximos 3 años, el proceso de gobernanza para el sistema de información, el proceso para el fortalecimiento de la infraestructura tecnológica con el 100% de las regiones con cobertura de internet y acceso a computadores para el reporte en línea de los datos, la disponibilidad de un software en línea para el registro de los casos, la interoperabilidad tecnológica con el laboratorio, la disponibilidad de datos centralizados y de buena calidad, la divulgación de información, la promoción de la investigación, la identificación de problemas para ser abordados por el programa, el uso de la inteligencia artificial con algoritmos para la

visión artificial, y recurso humano con habilidades tecnológicas en IA y BI para impulsar la innovación.

Para el programa de tuberculosis nacional de Paraguay es importante avanzar en los procesos de la transformación digital porque facilita la comunicación de los datos, el análisis de estos para la toma de decisiones y definición de estrategias, la notificación oportuna y en tiempo real, optimiza los procesos de diagnóstico y seguimiento de los casos.

El programa nacional de tuberculosis ha realizado evaluaciones en la implementación y el impacto del sistema de información al cumplimiento de las metas de los indicadores de los programas de salud pública a través del ajuste de variables, cuadros de salida, listas de postprocesos para optimizar el análisis de los datos y facilitar el uso de la información a los profesionales de los niveles locales, distritales y regionales. A través de estas evaluaciones también se decidió el uso del módulo de laboratorio por la red de laboratorios de TB para contar con resultados en un menor tiempo.

La interoperabilidad se realiza con el laboratorio a través de la carga de los datos del sintomático respiratorio y los resultados del laboratorio, que pueden ser visualizados tanto en los módulos del sintomático respiratorio y los casos, sin necesidad de volver a cargar los datos. Con el programa de VIH se reciben bases de datos en Excel y estos son cruzados en el departamento de estadísticas del Programa Nacional de control de tuberculosis (PNCT). Para los datos de defunción el programa cuenta con acceso a la base de estadísticas vitales, se revisan los certificados de defunción y se obtienen los datos.

El impacto de la transformación digital en los procesos de salud pública se puede ver reflejado en la notificación de sintomático respiratorio, casos confirmados, contactos de pacientes con tuberculosis y en el resultado de los estudios bacteriológicos se deberían estar analizados en tiempo real, y tener disponibilidad de los datos para todos los encargados de TB de los diferentes niveles de atención para la toma de decisiones asertivas. Se discutieron los resultados y se generó un gran interés por incorporar la IA para el análisis de la información del programa de tuberculosis.

6.6.2 Fase 2: Resultado del método de adopción de la inteligencia artificial en el programa nacional de control de tuberculosis (PNCT) de Paraguay

En esta segunda fase de la metodología IADI, se analizó el aporte del método de la adopción de la inteligencia artificial en el PNCT de Paraguay, a través de la aplicación de una encuesta y la demostración de algoritmos de inteligencia artificial de árboles de decisión y de clúster, la simulación de los algoritmos se realizó con las bases de datos propias del programa de salud pública de Risaralda.

Si bien en el país tienen implementado la inteligencia artificial a través de algoritmos de visión artificial para el reconocimiento de patrones en la radiografía de tórax para el diagnóstico de la tuberculosis que se realiza cada 3 meses, no se han implementado algoritmos de aprendizaje de máquinas y procesamiento de lenguaje natural aplicados a los datos que genera el sistema de información en línea en el país, es de gran interés poder implementar estos algoritmos para el análisis predictivo de los casos de tuberculosis.

Posteriormente se aplica la segunda parte de la encuesta para identificar la percepción y el aporte de la inteligencia artificial al programa de tuberculosis de Risaralda y la factibilidad de la adopción.

Como resultado de la primera parte de la aplicación del método de adopción de la inteligencia artificial se obtuvieron los siguientes resultados:

- El PNCT de Paraguay refiere conocer los beneficios de la inteligencia artificial, con los rayos x digitales más la aplicación de la IA para el diagnóstico oportuno de la TB.
- El recurso humano del PNCT de Paraguay está capacitado, comprometido y tiene la habilidad para el aprendizaje de la IA para ser aplicada a salud pública.
- El nivel de esfuerzo para asimilar o aprender la IA estaría entre 3 y 6 meses.
- El PNCT de Paraguay dispone de software R para el análisis de los datos que utiliza frecuentemente.
- El PNCT tendría la intención de usar la inteligencia artificial para la generación de indicadores, boletines epidemiológicos, nuevo conocimiento, análisis de datos avanzados de información, nuevas estrategias de abordaje a la población y generar investigación operativa con los resultados.

El resultado de la segunda parte del instrumento del método de adopción de inteligencia artificial en el PNCT de Paraguay identifica que la percepción de la aplicación de los algoritmos fue algo difícil, y se considera como normal la factibilidad de adoptar cada uno de los algoritmos para ser aplicados al programa de tuberculosis. Con la aplicación del algoritmo, se generaron nuevos análisis de información en el programa de salud pública como predecir resultados de tratamiento en grupos especiales de pacientes.

Los resultados de la aplicación de la inteligencia artificial lo consideran muy fácil en la interpretación de los resultados, puesto que aporta a la toma de decisiones en salud pública para el abordaje de las estrategias en el programa de salud pública y tener una incidencia directa en los resultados de las metas de los indicadores del programa.

El aporte de los resultados de la inteligencia artificial es muy relevante para la toma de decisiones y genera un gran aporte a la generación y automatización de nuevos procesos en salud pública, pudiendo reducir el tiempo para el análisis de los datos, generar un mejor análisis descriptivo y predictivo con el fin de mejorar los resultados para la toma de decisiones.

Después de la aplicación de la inteligencia artificial en la información propia del programa de tuberculosis se generaron expectativas hacia la creación de nuevos procesos que aporten a la adopción de la IA, incorporación de algoritmos de forma rutinaria a los procesos, la inclusión de nuevas variables que aporten al análisis de los datos, agilizar los procesos de análisis de datos, mejorar la visualización de los grupos de pacientes de acuerdo a las diferentes condiciones y mejorar la predicción de los resultados.

En cuanto a la percepción de la facilidad de uso, se requiere capacitación en el uso e implementación, parece factible la utilización.

Una de las principales barreras para la adopción de la IA es el recurso humano disponible, el tiempo para generar los análisis y la escasa capacitación en IA.

La implementación de la IA en los programas de salud pública genera un impacto positivo en el resultado de los indicadores y metas propuestas en salud, en principio la tasa de éxito de tratamiento, la incidencia de caos y mortalidad.

Los resultados de la IA aportaron a los programas de salud pública en la identificación de brechas para el cumplimiento de las metas de los indicadores, obtener un análisis descriptivo que aporte al cumplimiento de los indicadores, el análisis predictivo que aporte al cumplimiento de los indicadores, llevar a cabo nuevas estrategias que permitan intervenir los resultados generados

a partir de la inteligencia artificial, generación de nuevos procesos a partir de los resultados de la IA, generar nuevas ideas a partir de los resultados para el abordaje a la población, generación de investigación a partir del análisis de los datos y por ende se podrían generar publicaciones en revistas indexadas.

Se proponen los 10 indicadores priorizados de las Américas que son:

- Cobertura de tratamiento para la TB
- Porcentaje de éxito del tratamiento
- Porcentaje de familias afectadas por TB que afrontan costos catastróficos por la TB
- Porcentaje de pacientes nuevos y recaídas de TB diagnosticados mediante pruebas rápidas recomendadas por la OMS
- Cobertura de tratamiento de ILTB (infección latente por tuberculosis)
- Cobertura de investigación de contactos
- Cobertura de pacientes de TB con resultados de PSD
- Cobertura de tratamiento con nuevos medicamentos para la TB
- Porcentaje de pacientes con TB que conocen su estado de VIH
- Tasa de letalidad por TB

Como resultado del método de adopción de la inteligencia artificial en el PNCT de Paraguay, se pudo identificar que el nivel de avance de la inteligencia artificial es Nivel 2, analizando el nivel de implementación del aprendizaje de máquinas, lenguaje natural, y la robótica es Nivel 0, la visión artificial se encuentra en el nivel 1 de implementación. En cuanto a la apropiación y adopción de la IA, según la disponibilidad del recurso humano, el resultado que se obtuvo fue un nivel 2.

6.6.3 Fase 3: Resultados del método del desempeño innovador en el PNCT de Paraguay

Según la escala propuesta para medir el desempeño innovador a partir de los resultados del diagnóstico de la transformación digital y el nivel de la adopción de la inteligencia artificial a partir de las demostraciones o el uso de esta tecnología en los programas de salud pública de tuberculosis, PNCT se clasifica como un programa de salud pública Innovadoras en sentido amplio.

6.6.4 Fase 4: Resultados del aporte en las metas de los indicadores del programa de salud pública y la aplicación de la metodología IADI en el PNCT de Paraguay

Para el análisis de los resultados de la aplicación de la metodología IADI, se realizaron preguntas abiertas que permita generar un análisis cualitativo a partir de las respuestas entregadas por el programa de salud pública de tuberculosis, teniendo como resultado lo siguiente:

A la pregunta de cómo considera que los resultados de la metodología IADI aportan al cumplimiento de las metas de los indicadores de salud pública.

“Agilizan el análisis de los datos para la elaboración de los indicadores implementados por el programa y facilitan la presentación de los resultados en diferentes formatos para públicos diferentes”.

A la pregunta, ¿Podría explicar en sus propias palabras como podría influir la adopción de la Inteligencia artificial en las metas de los programas de salud pública?

“Permitiría un análisis frecuente para dar seguimiento al cumplimiento de las metas y la toma de decisiones oportunamente y facilitaría la predicción de los indicadores”.

A la pregunta ¿La adopción de la Inteligencia artificial en programas de salud pública influye en el desempeño innovador del sector salud?

“Si porque permitiría mejorar la gestión programática al contar con datos precisos y analizados frecuentemente”.

¿Podría explicar en sus propias palabras como podría influir el desempeño innovador en las metas de los indicadores de los programas de salud pública a partir de la adopción de la inteligencia artificial?

“La influencia de la adopción de la inteligencia artificial en el desempeño innovador es importante y permitirá evaluar los indicadores en tiempo real y por los diferentes niveles de atención para mejorar el análisis de los datos y la toma de decisiones para el cumplimiento de las metas”.

Describa la experiencia de la aplicación de la metodología IADI en el programa de salud pública.

“Visualizamos el análisis de los datos en completo y se toman diferentes poblaciones. Con los resultados obtenidos, la institución a cargo de los pacientes podría tomar decisiones y cambiar estrategias de ser necesario que aporten al cumplimiento de las metas del programa de salud pública”.

A continuación, se presentan las conclusiones del caso de estudio aplicando la metodología IADI en el PNCT de Paraguay:

- Paraguay tiene un nivel 4 de avance de transformación digital en el programa de salud pública.
- El nivel de avance de la inteligencia artificial se encuentra en un Nivel 2
- Se identifica un Nivel 2 en la apropiación y adopción de la IA, teniendo en cuenta la disponibilidad del recurso humano.
- La implementación de la metodología IADI con la inteligencia artificial permitiría impulsar el análisis predictivo que aporte a la toma de decisiones para el seguimiento al cumplimiento de las metas.
- Al finalizar la demostración y socializar los resultados de la aplicación de la inteligencia artificial, el PNCT quedo muy interesado en aplicar los análisis a la información propia del programa de tuberculosis.

Siguiendo los niveles establecidos en la metodología IADI, las recomendaciones son:

- Fortalecer la interoperabilidad entre los diferentes sistemas de información del programa de tuberculosis y otros sistemas de información del ministerio de salud que aporten a la toma de decisiones.
- Desarrollar o incorporar visualizadores de datos o dashboard que aporten al análisis de la información y por ende a la toma de decisiones en el programa de salud pública.
- Si bien se tiene incorporada la inteligencia artificial con algoritmos de visión artificial, es importante gestionar la incorporación de algoritmos de aprendizaje de máquinas como herramienta para el análisis descriptivo y predictivo de los casos del programa de salud pública.

7. ANALISIS DE RESULTADOS

Se desarrollaron los seis casos de estudio en los programas de tuberculosis que aceptaron la participación del estudio, aplicando la metodología IADI en los programas de salud pública de tuberculosis de:

- Municipio de Pereira, aplicada presencialmente al coordinador del programa de salud pública de tuberculosis con una duración de dos horas.
- Municipio de San José de Cúcuta se realizó virtual con un equipo interdisciplinario de una epidemióloga, la auditora en salud, un ingeniero de sistemas y un profesional en seguridad y salud en el trabajo del programa de salud pública de tuberculosis, con una duración de tres horas.
- Municipio de Cali se realizó presencialmente a la epidemióloga del programa, con una duración de 2 horas 30 minutos.
- Secretaría de salud departamental de Risaralda se realizó presencialmente al coordinador del programa de tuberculosis con una duración de dos horas.
- Secretaría de salud departamental de Valle del Cauca se realizó presencialmente al coordinador del programa de tuberculosis con una duración de dos horas
- A nivel nacional e internacional se aplicó al PNCT de Paraguay de forma virtual a la coordinadora del programa, el profesional en sistemas de información, la coordinadora de monitoreo y evaluación y la asesora del programa nacional con una duración de dos horas.

Se invitó a participar en el estudio a los departamentos de Antioquia y Magdalena, así como al distrito de Santa Marta, los cuales no dieron respuesta. No se consideró la participación del Ministerio de Salud de Colombia, teniendo en cuenta la transición actual del sector y de gobierno.

A continuación, se describe el análisis de los resultados de los seis casos de estudio donde se aplicó la metodología IADI.

7.1 ANÁLISIS DEL DIAGNÓSTICO DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN SEIS PROGRAMAS DE SALUD PÚBLICA DE TUBERCULOSIS EN EL AÑO 2023

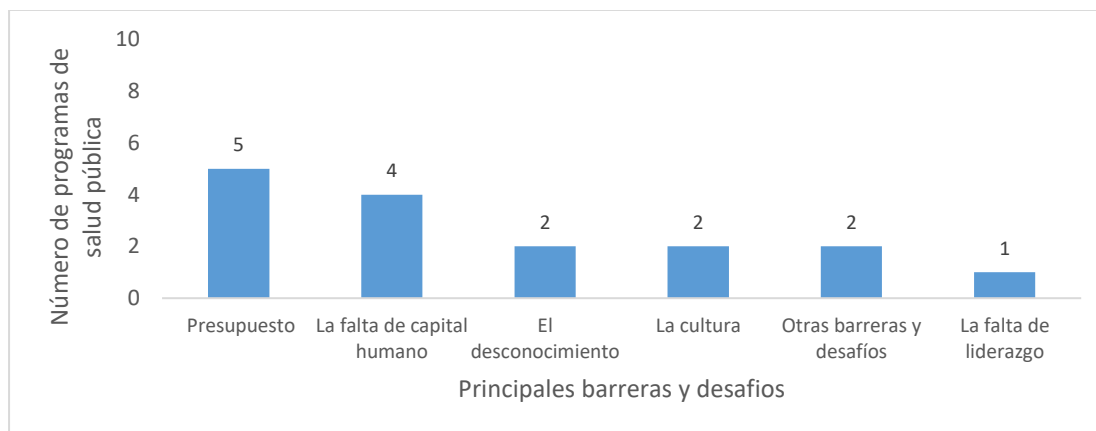
Los resultados de la aplicación de la metodología IADI se presentan a continuación: El 67% de los programas de salud pública de tuberculosis encuestados refieren tener una estrategia de transformación digital o tener proyectada la implementación en los próximos 3 años.

Las estrategias propuestas por los programas de salud pública de tuberculosis encuestados van encaminadas a tener un software en línea que permita realizar la notificación, el seguimiento, los contactos de los pacientes con tuberculosis de las diferentes instituciones prestadoras de servicios de salud, además, poder realizar la gestión de medicamentos antituberculosos.

El 50% de los programas de salud pública de tuberculosis encuestados tienen implementado y funcionando un software en línea para el registro de los casos, el 33% se encuentran en pilotaje para la implementación y el 17% no tiene ninguna plataforma tecnológica hasta el momento.

En el 17% de los programas de salud pública de tuberculosis se desarrolló un dashboard de las principales variables que contiene el sistema de información de vigilancia epidemiológica del evento de tuberculosis, además del análisis de la base de datos mediante Microsoft Excel a través de un tablero de control de indicadores trimestrales.

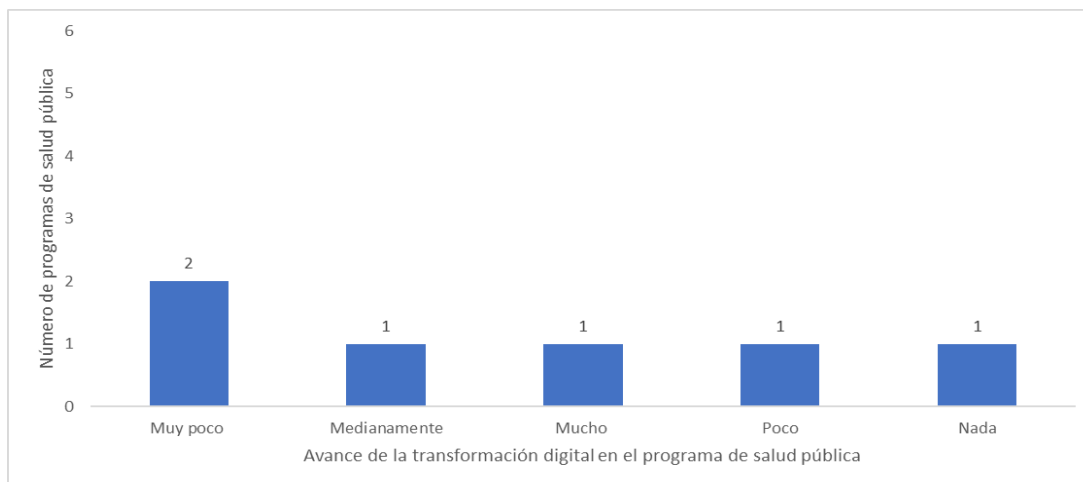
Figura 43. Principales barreras y desafíos para lograr la transformación digital en programas de salud pública de tuberculosis en los próximos 3 años



Fuente: Encuesta aplicada a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de tuberculosis en el año 2023.

El 83% de los programas de salud pública de tuberculosis encuestados refieren que el presupuesto es la principal barrera y desafío para lograr la transformación digital, seguido del capital humano con el 67%.

Figura 44. Avance de la transformación digital en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados



Fuente: Encuesta aplicada a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de tuberculosis en el año 2023.

Un programa de salud pública de tuberculosis refiere tener mucho avance de la transformación digital en el programa de salud pública, y cuatro se encuentran entre poco, muy poco y nada. El 100% de los programas de salud pública de tuberculosis refieren tener recursos financieros para el fortalecimiento de la transformación digital, pero son insuficientes.

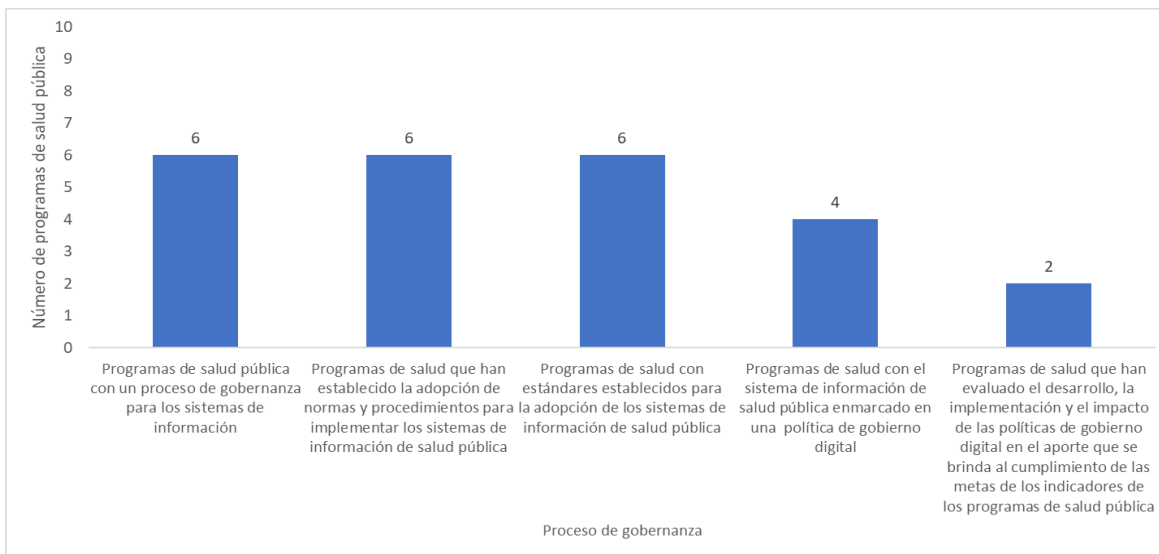
Según los encuestados, la transformación digital es importante dentro del desarrollo de los programas de salud pública de tuberculosis porque:

- Permite efectuar una gestión efectiva de los diferentes procesos inherentes a los programas de salud pública, facilitaría el análisis de la información para mejorar los procesos de planeación y toma de decisiones.
- Permite tener datos con oportunidad y de mejor calidad, posibilita la intervención en momentos y puntos clave, aporta a captar detalles de los datos que a simple vista no son visibles.
- Facilita la comunicación y el análisis de los datos para la toma de decisiones y definición de estrategias, optimiza los procesos de diagnóstico, notificación y seguimiento de los casos.
- Permite fortalecer el proceso de captura de los datos para la toma de decisiones, la implementación y evaluación de estrategias de los programas de salud pública, aporta desde la generación de algoritmos predictivos que aportan al análisis epidemiológico.

- Ayuda a tomar decisiones administrativas para los enfoques y necesidades reales que tiene la población, si no se tiene un buen análisis de los datos, no se tiene intervenciones focalizadas.
- Porque puede haber mayor oportunidad en la identificación de brechas y problemáticas en la adherencia a protocolos, calidad de los datos y la medición oportuna de indicadores que permite tomar decisiones rápidamente.

Se realizó el análisis por cada uno de los componentes de la transformación digital, teniendo como resultado lo siguiente:

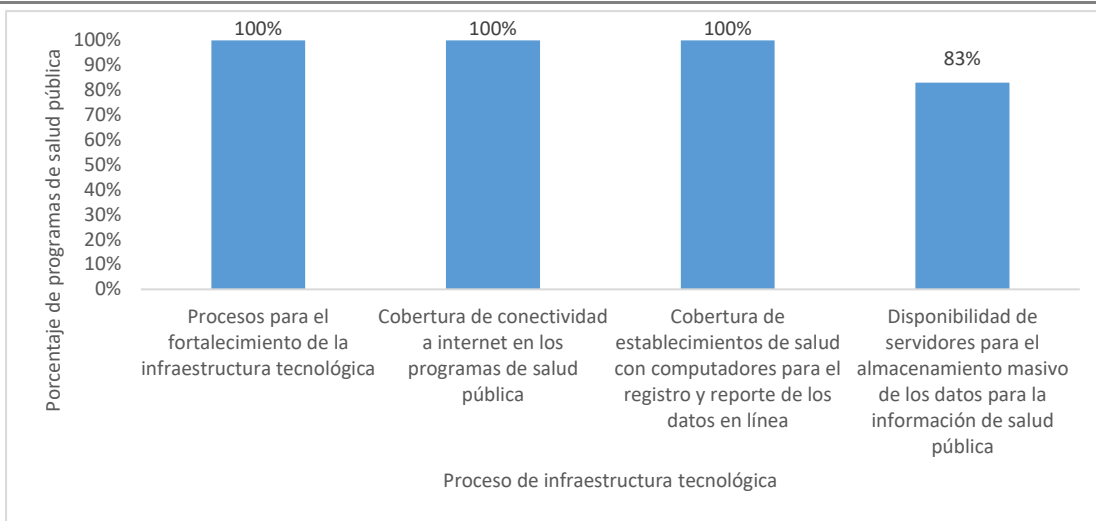
Figura 45. Análisis de la gobernanza en los procesos de transformación digital en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados



Fuente: Encuesta aplicada a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de tuberculosis en el año 2023.

El 100% de los programas de salud pública de tuberculosis encuestados tienen un proceso de gobernanza para los sistemas de información, han establecido procesos de adopción de normas y procedimientos para implementarlos, y tienen estándares establecidos para la adopción de los sistemas de información en salud pública; el 67% tienen el sistema de información enmarcado en una política de gobierno digital y el 33% han evaluado el desarrollo, la implementación y el impacto de las políticas de gobierno digital.

Figura 46. Infraestructura tecnológica en los programas de salud pública encuestados

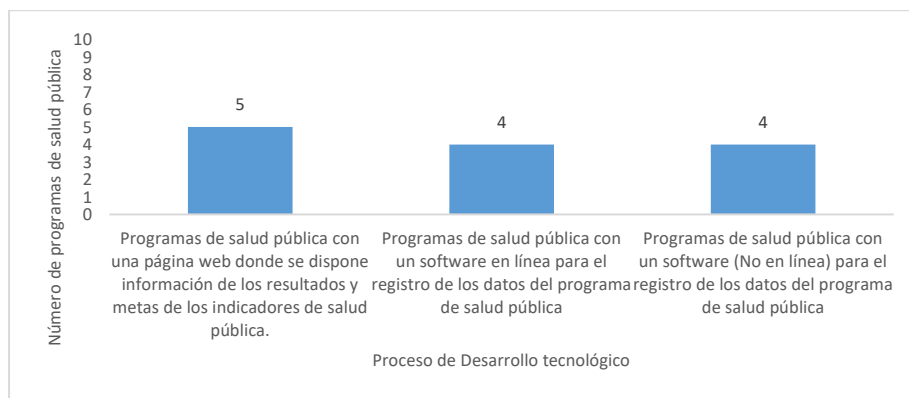


Fuente: Encuesta aplicada a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de tuberculosis en el año 2023.

El 100% de los programas encuestados tienen procesos para el fortalecimiento de la infraestructura tecnológica; tienen una cobertura del 100% de conectividad a internet y en la disposición de computadores para el registro y reporte de los datos en línea; el 83% tiene disponibilidad de servidores para el almacenamiento masivo de los datos para la información de salud pública.

En el 100% de los programas de salud pública de tuberculosis no se disponen de dispositivos móviles como tabletas o celulares corporativos para el registro de información o para supervisión de tratamientos en línea.

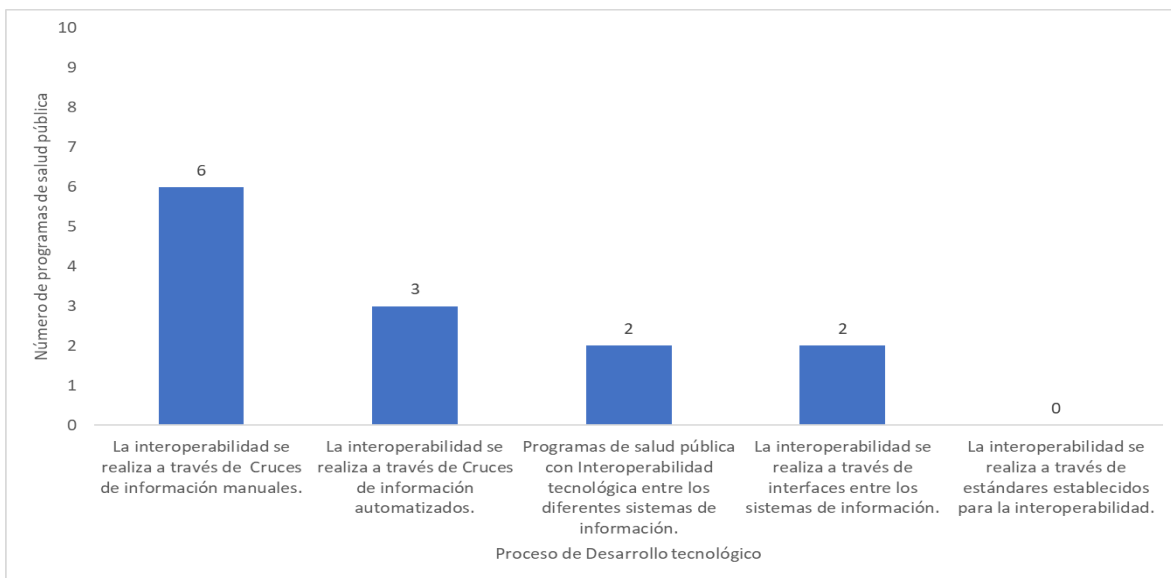
Figura 47. Desarrollo tecnológico en los programas de salud pública de tuberculosis



Fuente: Encuesta aplicada a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de tuberculosis en el año 2023.

El 67% de los programas de salud pública de tuberculosis encuestados disponen de un software en línea para el registro de los datos, el 67% dispone de un software (no en línea), y el 83% tiene una página web donde dispone información de los resultados y metas de los indicadores de salud pública.

Figura 48. Resultado de los procesos de Interoperabilidad tecnológica en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados

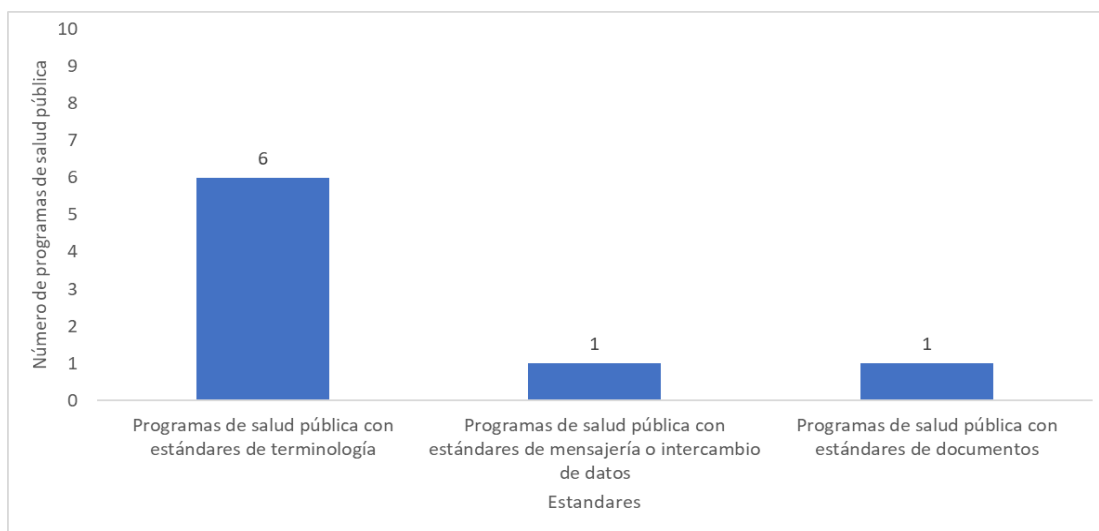


Fuente: Encuesta aplicada a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de tuberculosis en el año 2023.

El 33% de los programas de salud pública encuestados tienen una interoperabilidad entre el programa de tuberculosis y el laboratorio de salud pública, no se tiene establecida la interoperabilidad entre otros programas de salud pública que puedan aportar y complementar la toma de decisiones.

El 33% de los programas encuestados realiza la interoperabilidad a través de interfaces de forma automatizada. Si bien la interoperabilidad debería ser de forma automatizada, el 100% de los programas encuestados realizan cruces de información manuales con las bases de datos del programa de tuberculosis, defunciones, virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), contactos de pacientes con tuberculosis, sintomáticos respiratorios y las bases de datos del laboratorio a través del cruce de los documentos de identificación para hacer la concordancia en un Excel; todo esto para obtener datos de otros sistemas de información y mejorar el análisis de la información. El 50% de los programas encuestados realiza cruces de información automatizados y ninguno de los programas ha implementado estándares para la interoperabilidad.

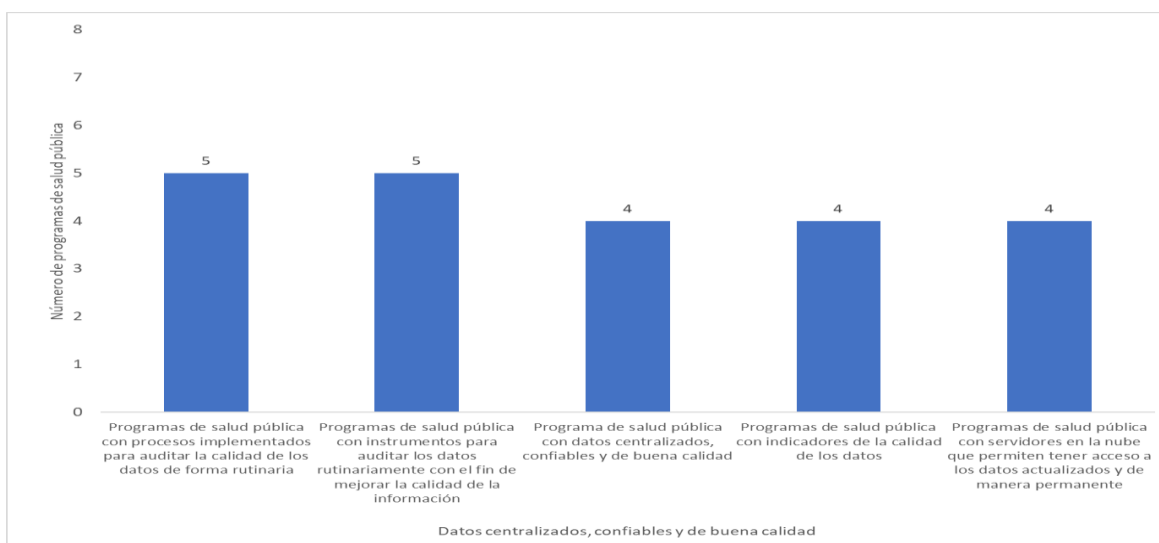
Figura 49. Resultado de los procesos de estándares en los programas de salud pública encuestados



Fuente: Encuesta aplicada a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de tuberculosis en el año 2023.

El 17% de los programas de salud pública de tuberculosis tienen estándares de mensajería o intercambio de datos y estándares de documentos, y el 100% tiene estándares de terminología con el CIE-10 o CIE-11 (Clasificación Internacional de Enfermedades).

Figura 50. Resultado de los procesos de datos centralizados, confiables y de buena calidad en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados

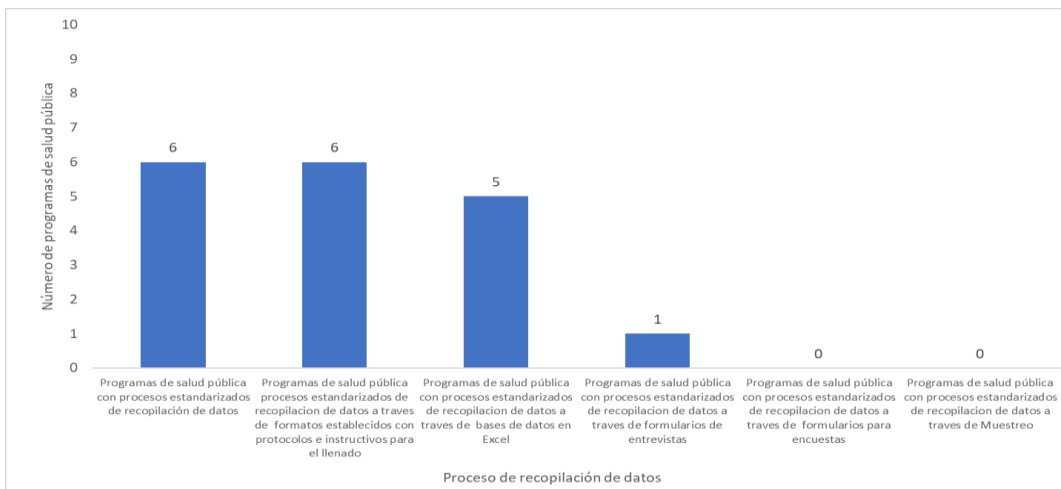


Fuente: Instrumento aplicado a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de TB año 2023.

El 83% de los programas de salud pública de tuberculosis encuestados tienen instrumentos y procesos implementados para auditar los datos rutinariamente con el fin de

mejorar la calidad de la información. El 67% tiene servidores en la nube para el acceso a los datos de manera permanente, datos centralizados, confiables, de buena calidad y con indicadores de calidad de los datos.

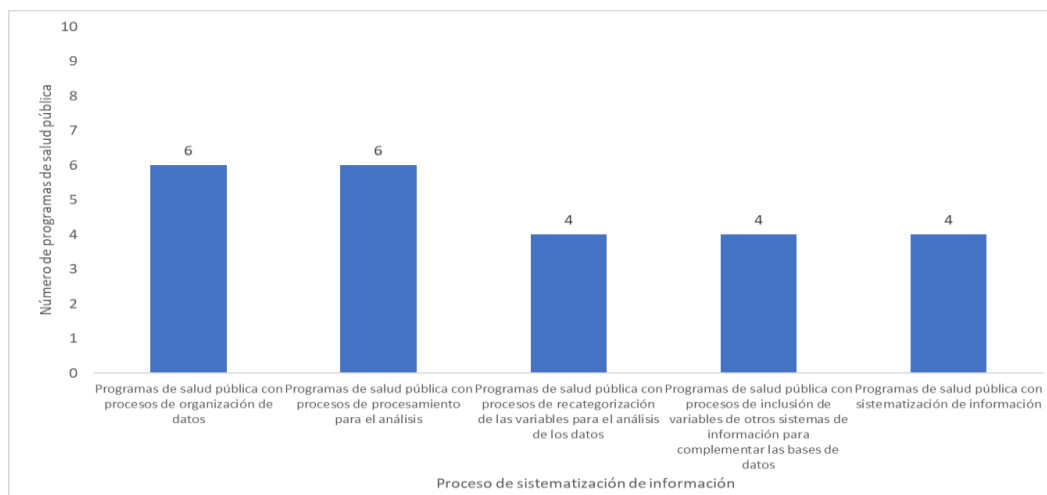
Figura 51. Resultado de los procesos estandarizados de recopilación de datos en los programas de salud pública encuestados



Fuente: Instrumento aplicado a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de TB año 2023.

El 100% de los programas de salud pública de tuberculosis encuestados tienen procesos estandarizados de recopilación de datos y lo realizan a través de formatos establecidos con protocolos e instructivos para el llenado. El 83% lo realiza a través de bases de datos en Excel y el 17% lo realizan a través de formularios de entrevistas. Ningún programa utiliza encuestas ni muestreo para la recolección de los datos.

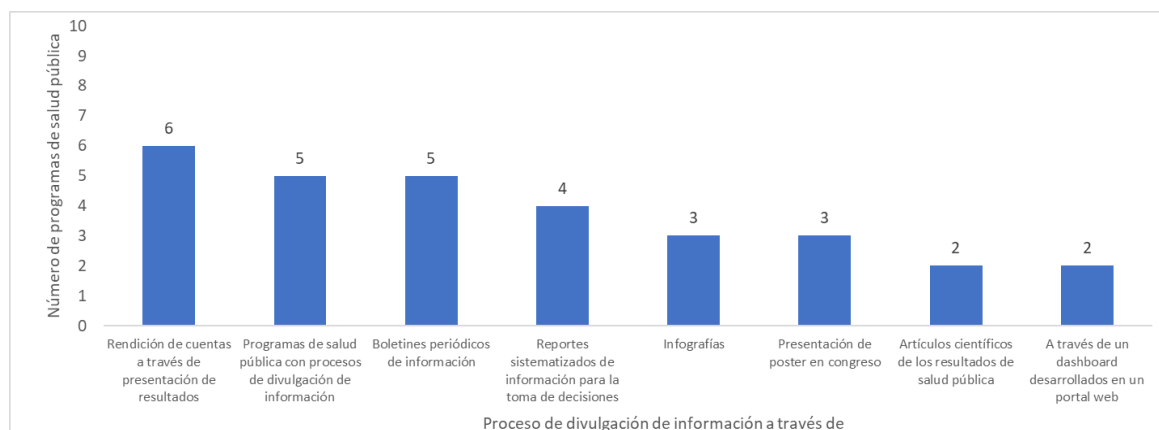
Figura 52. Resultado de los procesos estandarizados de recopilación de datos en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados



Fuente: Instrumento aplicado a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de TB año 2023.

En el proceso de sistematización de información, el 100% de los programas de salud pública de tuberculosis encuestados tienen procesos implementados de organización de los datos y de procesamiento para el análisis, el 67% tiene procesos de sistematización de información, recategoriza variables e incluyen variables para complementar el análisis los datos.

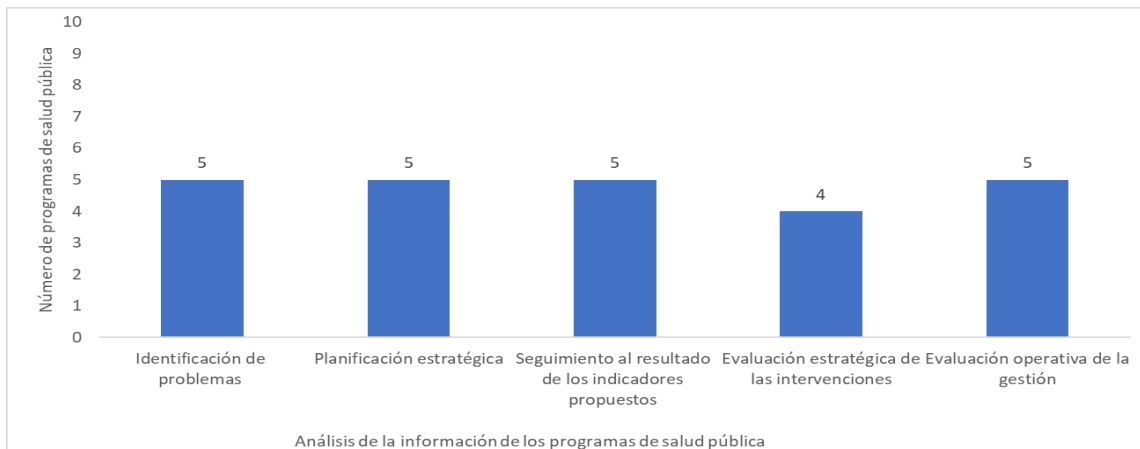
Figura 53. Resultado de los procesos de divulgación de información en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados



Fuente: Instrumento aplicado a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de TB año 2023.

El 83% de los programas de salud pública de tuberculosis encuestados tienen procesos de divulgación de información, el 100% realizan rendición de cuentas con la presentación de resultados, el 83% con boletines epidemiológicos, el 67% lo realiza a través de reportes sistematizados, el 50% con infografías y presentaciones de poster en congresos y el 33% con artículos científicos y dashboard en un portal web los cuales contienen estadística descriptiva, cuadros o tablas, gráficas, mapas y solo el 17% contiene el resultado de los indicadores del programa de salud pública.

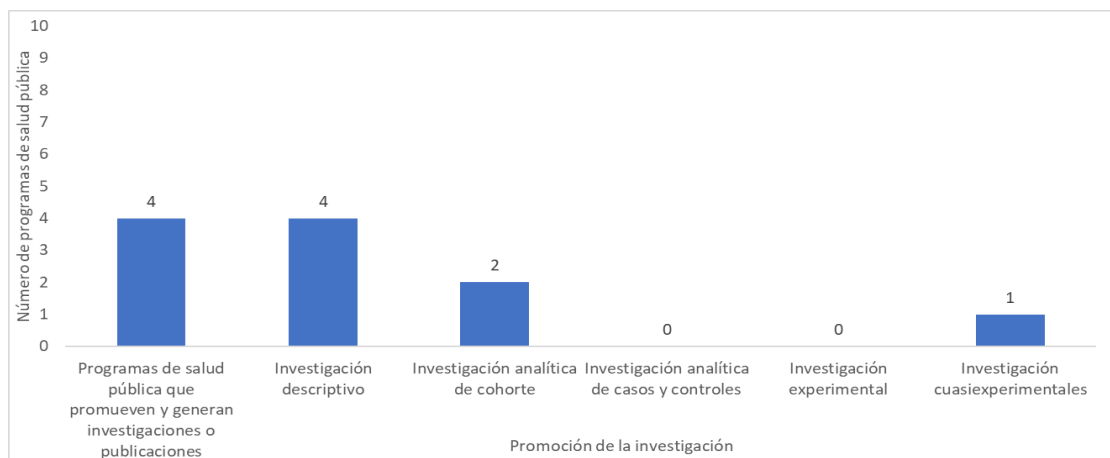
Figura 54. Resultado de los procesos de análisis de información en los programas de salud pública encuestados



Fuente: Instrumento aplicado a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de TB año 2023.

El 83% de los programas de salud pública de tuberculosis encuestados, refieren que a través del análisis de la información se identifican problemas, se realiza planeación estratégica, el seguimiento al resultado de los indicadores propuestos y la evaluación operativa de la gestión, el 67% realiza la evaluación estratégica de las intervenciones.

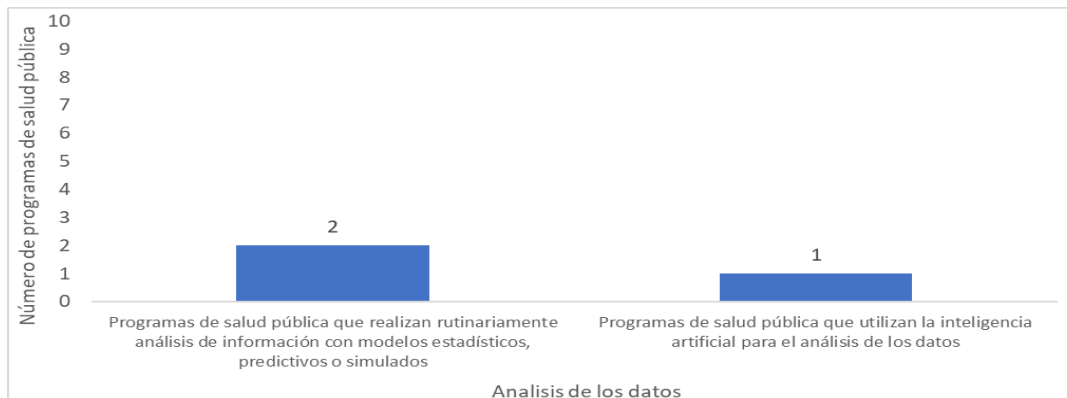
Figura 55. Resultado de los procesos de promoción de la investigación en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados



Fuente: Instrumento aplicado a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de TB año 2023.

El 67% de los programas de salud pública de tuberculosis encuestados promueven y generan investigaciones o publicaciones de tipo descriptivo, el 33% analítica de cohorte y el 17% cuasiexperimental.

Figura 56. Resultado de los procesos de análisis avanzado de información en los programas de salud pública encuestados

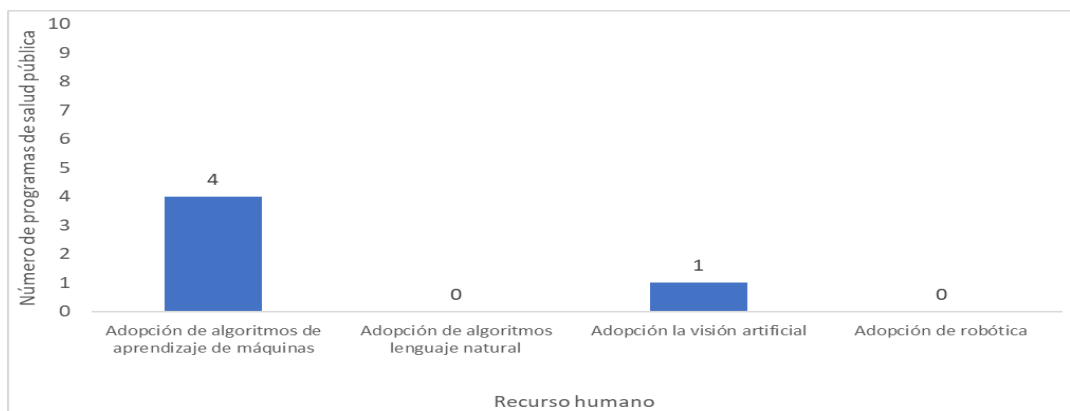


Fuente: Instrumento aplicado a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de TB año 2023.

El 33% de los programas de salud pública de tuberculosis encuestados realizan rutinariamente análisis de información con modelos estadísticos predictivos o simulados, se predice el número de casos y posibles causas de mortalidad. El 17% utiliza la inteligencia artificial para la interpretación de los resultados de exámenes diagnósticos de rayos X digital para el tamizaje de personas y la captación de casos presuntivos de tuberculosis.

Ningún programa de salud pública de tuberculosis encuestado ha implementado algoritmos de aprendizaje de máquina, lenguaje natural y robótica; solo en un programa se ha implementado la visión artificial en el último año. En ningún programa de salud pública se tiene un proceso o estrategia implementada para la adopción de tecnología, específicamente de la inteligencia artificial en el análisis de los datos.

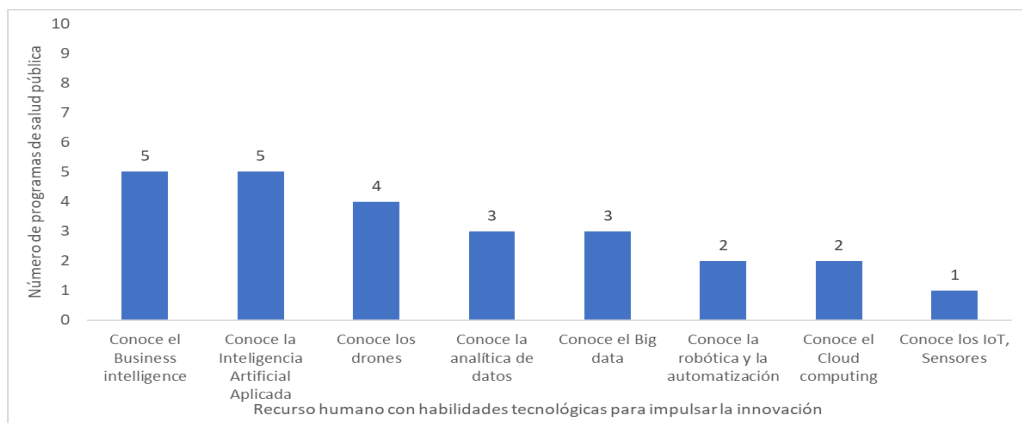
Figura 57. Análisis de la disponibilidad del recurso humano para la adopción de la inteligencia artificial en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados



Fuente: Instrumento aplicado a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de TB año 2023.

El 67% de los programas de salud pública de tuberculosis encuestados refieren tener disponible recurso humano para la adopción de algoritmos de aprendizaje de máquinas, seguido del 17% para la adopción de visión artificial; ningún programa tiene disponible recurso humano para la adopción de la robótica y algoritmos de lenguaje natural.

Figura 58. Análisis del recurso humano con habilidades tecnológicas para impulsar la innovación



Fuente: Instrumento aplicado a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de TB año 2023.

El 83% de los programas de salud pública de tuberculosis encuestados conocen la inteligencia artificial y el business intelligence, seguido de los drones con el 67%, el 50% conoce la analítica de datos y el bigdata, el 33% el cloud computing y la robótica, el 17% los IoT sensores.

Los dos programas de salud pública que conocen el cloud computing, la están utilizando y tiene recurso humano capacitado; uno de los programas que no la conocen la utilizaría. De los tres programas de salud pública que conocen la analítica de datos, uno la utiliza y tiene recurso humano capacitado, los otros dos que la conocen la utilizaría. De los tres programas de salud pública que conocen el bigdata, ninguno la utiliza, no tienen recurso humano para el uso y los tres la utilizaría.

El programa de salud pública que conoce los IoT sensores, no la utiliza, no tiene recurso humano para el uso y la utilizaría. De los cuatro programas de salud pública que conocen los drones, ninguno la están utilizando, no tienen recurso humano capacitado y tres de los programas la utilizaría. De los cuatro programas de salud pública que conocen la robótica y automatización,

ninguno la está utilizando, no tienen recurso humano capacitado y no la utilizaría; sin embargo, dos de los programas que no la conoce, refieren que la utilizarían.

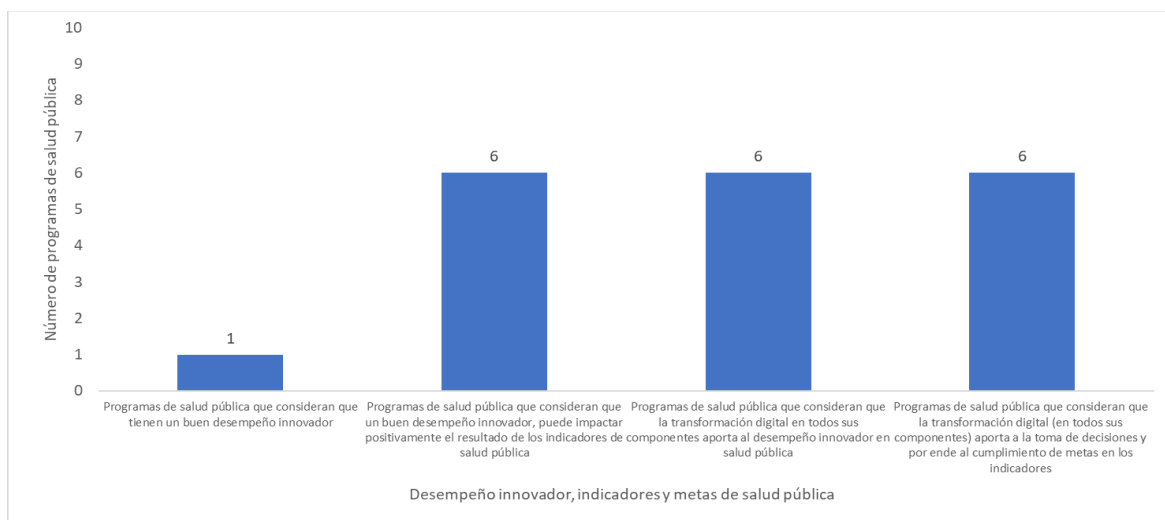
De los cinco programas de salud pública que conocen la inteligencia artificial aplicada, uno la está utilizando, tiene recurso humano capacitado y se contempla un plan de capacitación, los otros cuatro programas no la utilizan, no tienen recurso humano y refieren que la utilizarían. De los cinco programas de salud pública que conocen el business intelligence, uno la está utilizando y tiene recurso humano capacitado, los otros cuatro programas no la utilizan y refieren que la utilizarían, tres tienen recurso humano capacitado.

Dentro del diagnóstico de la transformación digital se incluyó una pregunta abierta para identificar la percepción de la medición del desempeño innovador en los programas de salud pública, en este sentido, el 100% de los programas de salud pública respondieron que es importante medir el desempeño innovador por las siguientes consideraciones:

- Es fundamental medir el desempeño innovador ya que de esta manera se determina la efectividad y pertinencia de las estrategias y procesos implementados.
- Permite estar a la vanguardia y posibilita una mejor toma de decisiones en los programas de salud pública.
- Conocer la realidad de la enfermedad, tomar decisiones, mejorar presupuestos y metodología de trabajo.
- El rendimiento del desempeño innovador desde el dinamismo de los sistemas de información con integración de la inteligencia artificial puede mejorar la toma de decisiones, el diseño y rediseño de estrategias que impacten en los resultados.
- Identificar las variables trazadoras que muestren el impacto real de las acciones y de la recolección de datos
- Integrar la red prestadora de servicios de salud a través de la interoperabilidad de la información para reducir reprocesos de información.
- Establecer la integración de la información clínica que fortalezca la atención integral de pacientes de coinfección de TB/VIH.
- Fortalecer información transfronteriza por ser un municipio de frontera
- Mediante el análisis de los datos se pueden tomar decisiones administrativas, gerenciales y de intervención en el programa de tuberculosis.

- Porque permite conocer la situación actual de programa de salud pública en todo lo relacionado con la gestión de la innovación y permite identificar más herramientas o estrategias para mejorar todos los procesos de salud pública

Figura 59. Análisis del desempeño innovador, los indicadores y las metas de salud pública en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados



Fuente: Instrumento aplicado a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de TB año 2023.

El 17% de los programas de salud pública de tuberculosis encuestados considera que tiene un buen desempeño innovador, el 100% considera que un buen desempeño innovador puede impactar positivamente el resultado de los indicadores de salud pública, el 100% considera que la transformación digital en todos sus componentes aporta al desempeño innovador y el 100% considera que aporta a la toma de decisiones y por ende al cumplimiento de las metas en los indicadores del programa de salud pública.

Según los encuestados el impacto de la transformación digital es positivo porque:

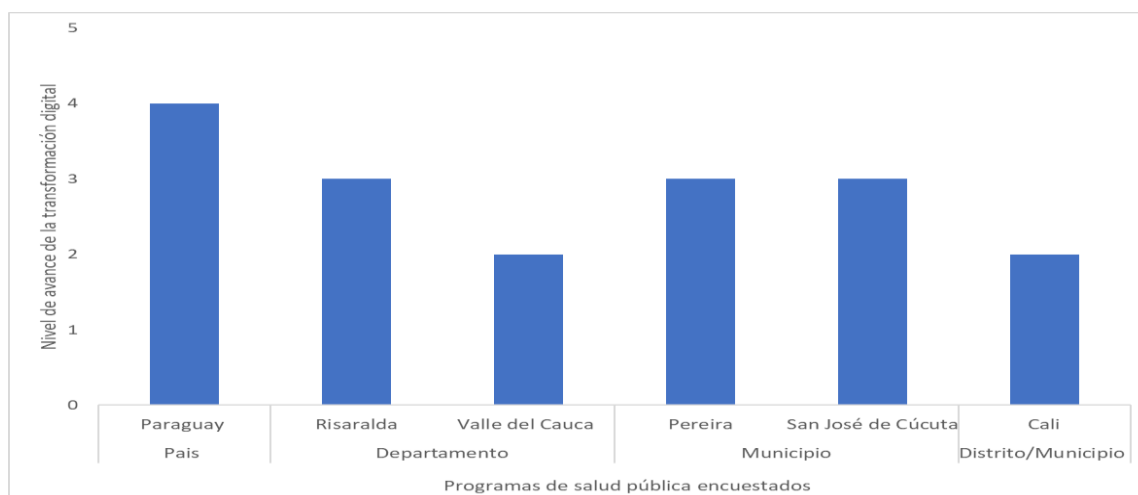
- Permitiría gestionar de una manera mucho más adecuada y eficiente los diferentes procesos de los programas de salud pública. Además, ayudaría a analizar de manera integral los datos obtenidos en los sistemas de información, permitiendo la toma de decisiones más acertadas.
- Aporta a la toma de decisiones y al monitoreo permanente de las metas de los indicadores del programa de salud pública.
- La notificación de los sintomáticos respiratorios, los casos, los contactos y los resultados de estudios bacteriológicos se realizan en tiempo real lo que permite el acceso oportuno a

información con datos estandarizados, de calidad y con disponibilidad para todos los encargados del programa de tuberculosis de los diferentes niveles de atención.

- El impacto podría fortalecer la toma de decisiones operativas y gerenciales, establecer intervenciones oportunas, mejora de calidad del dato, monitoreo periódico o en tiempo real de los indicadores de gestión, epidemiológicos y de seguimiento.
- Si se tiene un análisis de datos adecuado, este permite tomar decisiones asertivas en los programas y no desviarnos en el camino para el cumplimiento de las metas de salud pública.
- Estar a la vanguardia del desarrollo tecnológico que va en el mundo, facilitar la integridad de los sistemas de información y la identificación de brechas y la toma de decisiones con una información más completa y oportuna.

Como resultado del diagnóstico de la transformación digital en los programas de salud pública encuestados se generaron los resultados sobre los niveles de avance de la transformación digital, teniendo en cuenta los parámetros definidos en la metodología IADI:

Figura 60. Nivel de avance de la transformación digital en los programas de salud pública de tuberculosis que fueron encuestados.



Fuente: Encuesta aplicada a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de TB año 2023

Se puede evidenciar que el programa de salud pública de tuberculosis de Paraguay tiene un nivel 4 en el avance de la transformación digital, puesto que tienen más de 6 procesos, incluyendo la implementación de un software en línea interoperable con el laboratorio de salud pública, generan publicaciones periódicas, realizan triangulación de datos con otros programas de salud pública, y utilizan la inteligencia artificial para apoyar la toma de decisiones en el diagnóstico de los casos.

En un nivel 3 se encuentran el departamento de Risaralda, los municipios de Pereira y San Jose de Cúcuta, que, si bien tienen 6 o más procesos implementados de la transformación digital, incluyendo un software en línea que se encuentra implementado o en proceso de implementación para el reporte de los datos, estos programas no utilizan la inteligencia artificial ni análisis predictivo en el programa de tuberculosis.

En un nivel 2 se encuentra en departamento del Valle del Cauca y el Municipio/distrito de Cali, que recibe la información en bases de datos en Excel para la consolidación manual y el análisis de los datos a través de esta herramienta; de igual manera se utiliza herramientas de la sala situacional a través de dashboard para el análisis de los datos e indicadores.

7.2. ANÁLISIS DE RESULTADO DEL MÉTODO DE ADOPCIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El 100% de los programas de salud pública de tuberculosis refieren conocer los beneficios de la inteligencia artificial, descritos a continuación:

- Permite predecir y analizar información de manera ágil para realizar una planeación, generación de procesos y actividades de acuerdo con los resultados generados por la inteligencia artificial
- Permite generar análisis predictivo para establecimiento de estrategias
- Economía de tiempo, datos precisos y entrega muchas opciones en las cuales se pueden tomar decisiones.
- Integralidad y oportunidad en la captura y análisis de los datos

El 67% conocen los beneficios de los algoritmos del aprendizaje de máquinas en los programas de salud pública de tuberculosis descritos a continuación:

- Para determinar previamente la posibilidad de la presentación de brotes y eventos de interés en salud pública.
- Procesamiento rápido de indicadores mediante algoritmos para la toma de decisiones
- Economía de tiempo, datos precisos y da muchas opciones en las cuales puedo tomar decisión

El 100% no conocen los beneficios de los algoritmos de lenguaje natural para ser aplicado en los programas de salud pública de tuberculosis.

El 50% conocen los beneficios de la visión artificial para ser aplicada en los programas de salud pública de tuberculosis descritos a continuación:

- Minimizar los costos en salud, agilizar procesos de diagnóstico de las enfermedades.
- Diagnóstico oportuno sin necesidad de contar con un especialista para la lectura de las imágenes.
- Rayos x digital más la Inteligencia artificial para el diagnóstico de la TB.

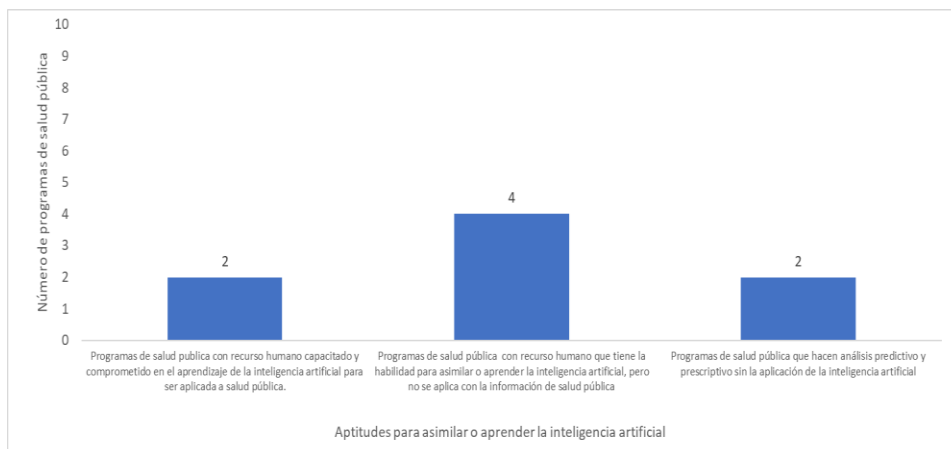
El 17% conocen los beneficios de la robótica para ser aplicada en los programas de salud pública de tuberculosis descritos a continuación:

- Disminuir costos, agilizar procesos, aumentar la eficiencia de los programas.
- Apoyar al personal de los diferentes programas de salud pública y en algunos casos hasta reemplazarlos

El 67% conocen los beneficios del business intelligence para ser aplicada en los programas de salud pública de tuberculosis descritos a continuación:

- Permite gestionar y analizar de una manera integral y eficiente diferentes datos y eventos específicos de salud pública.
- Toma de decisiones y transformación de la realidad.
- Información disponible en página web para los actores interesados que permite filtros para el análisis y la toma de decisiones.
- Lograr un orden en la presentación de los datos que pueden ser modificados cuando se actualizan las bases de datos estandarizadas.

Figura 61. Resultado del análisis de las aptitudes para asimilar o aprender la inteligencia artificial en los programas encuestados.



Fuente: Instrumento aplicado a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de TB año 2023.

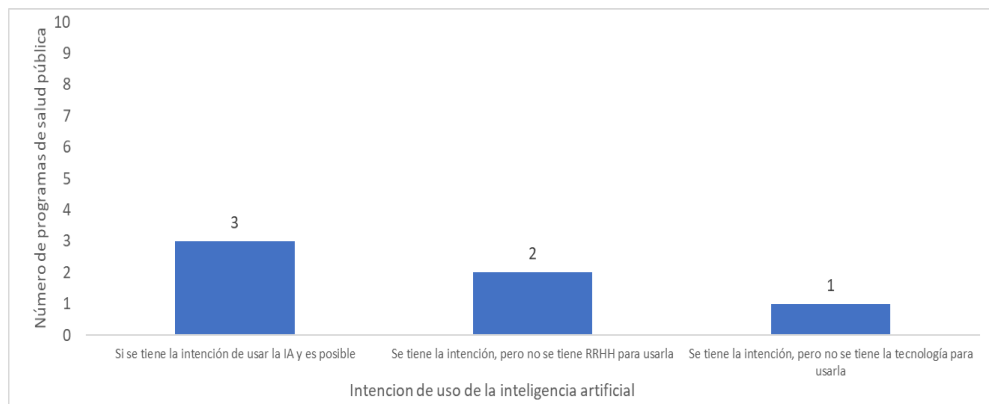
El 33% de los programas de salud pública de tuberculosis encuestados cuentan con recurso humano capacitado y comprometido en el aprendizaje de la inteligencia artificial para ser aplicada, el 66% tiene la habilidad para asimilar o aprender la inteligencia artificial pero no se aplica con la información de salud pública y el 33% realiza análisis predictivo sin la aplicación de la inteligencia artificial.

El 83% de los programas considera que el nivel de esfuerzo para asimilar o aprender la inteligencia artificial se encuentra entre 3 y 6 meses, y el 17% más de 6 meses.

El 50% de los programas de salud pública de tuberculosis encuestados tienen software para el análisis de los datos, entre estos se encuentra el paquete R, SPSS, epiinfo y Stata, y lo utiliza para la generación de indicadores, estadística descriptiva y boletines epidemiológicos.

Para evaluar la intención de uso de la inteligencia artificial por parte de los programas de tuberculosis encuestados se tiene el siguiente resultado.

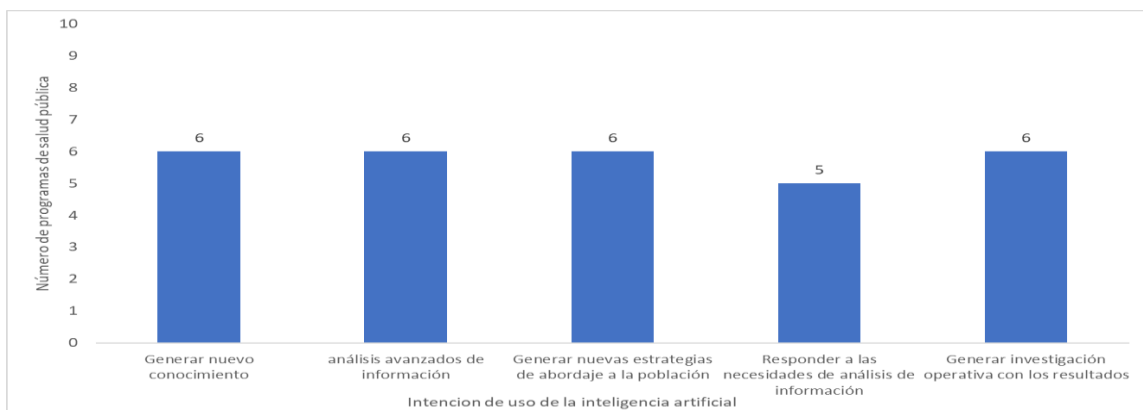
Figura 62. Intención de uso de la inteligencia artificial en los programas de salud pública encuestados



Fuente: Instrumento aplicado a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de TB año 2023.

El 50% de los programas de salud pública de tuberculosis tiene la intención, pero no se tiene RRHH para usarla, el 33% tiene la intención de usar la IA y es posible y el 17% tiene la intención, pero no se tiene la tecnología para usarla.

Figura 63. Intención de uso de la inteligencia artificial en los programas de salud pública encuestados

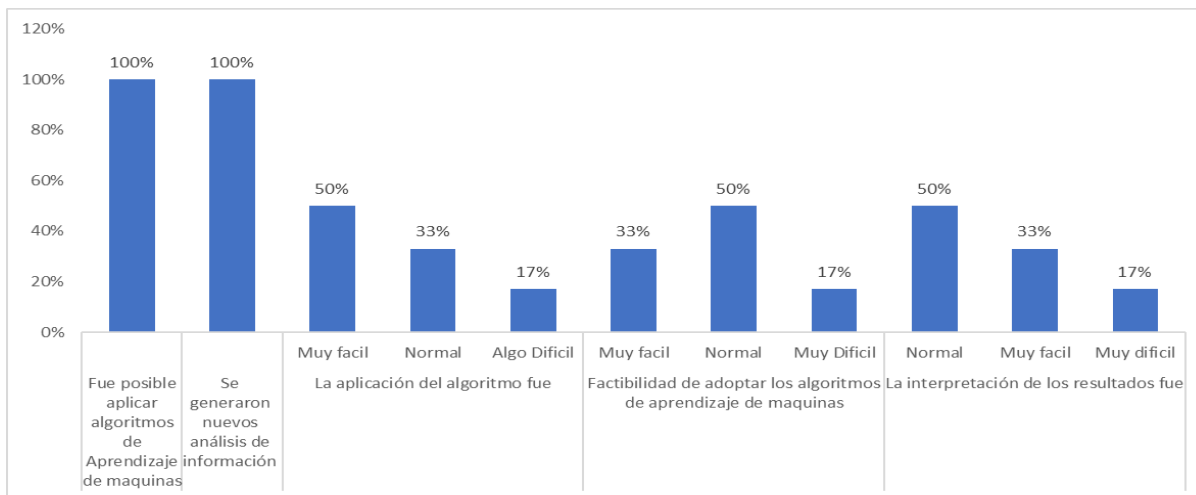


Fuente: Instrumento aplicado a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de TB año 2023.

El 100% de los programas de salud pública tienen la intención de usar la inteligencia artificial para generar nuevo conocimiento, realizar análisis avanzado de información, generar nuevas estrategias de abordaje a la población y generar investigación operativa con los resultados, el 83% la usaría para responder a las necesidades de análisis de información.

Se aplicó el ejercicio de los algoritmos de aprendizaje de máquinas en el 100% de los programas de salud pública de tuberculosis, sin embargo, las demostraciones se realizaron con información de un programa de salud pública, aplicando diferentes partes del método y la metodología.

Figura 64. Percepción de la aplicación de la inteligencia artificial en el programa de salud pública de tuberculosis



Fuente: Instrumento aplicado a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de TB año 2023.

En el 100% de los programas de salud pública del programa de tuberculosis se generaron nuevos análisis de información con la información suministrada por la secretaria de salud de un departamento.

Los análisis que se realizaron fueron: análisis diferenciado de cohortes, diferentes cruces automatizados de información, predecir resultados de tratamiento en diferentes grupos especiales de pacientes, predicción del comportamiento del evento, y poder llegar al detalle del análisis de los datos.

La percepción de la aplicación del algoritmo de aprendizaje de máquinas fue muy fácil en el 50% de los programas de salud pública de tuberculosis, seguida de una aplicación normal con el 33% y algo difícil con un 17%. en cuanto a la factibilidad de adoptar los algoritmos de aprendizaje de máquinas, el 50% tiene una percepción normal, el 33% muy fácil y el 17% muy difícil. La interpretación de los resultados fue normal en el 50%, seguido de muy fácil con el 33% y 17% muy difícil.

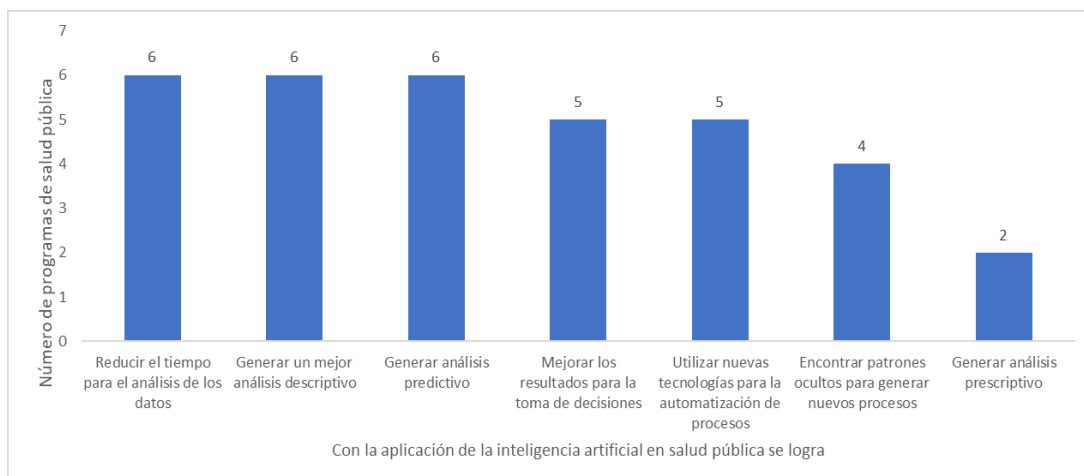
El 100% de los programas de salud pública de tuberculosis tiene una percepción muy buena de la aplicación de la inteligencia artificial y refieren que el resultado de la aplicación del algoritmo de aprendizaje de máquinas aporta bastante a la toma de decisiones en salud pública,

puede generar acciones para avanzar en el cumplimiento de las metas de salud pública y podrían tener una incidencia directa en el resultado de los indicadores del programa de tuberculosis, puesto que permite evaluar fácilmente la variación en la implementación y adaptación de estrategias según los resultados.

El 83% de los programas de salud pública de tuberculosis refiere que el aporte de los resultados de la inteligencia artificial para la toma de decisiones en salud pública es muy relevante, seguido del 17% relevante.

El 100% refiere que la interpretación de los resultados de la inteligencia artificial aporta a la generación de nuevos procesos en salud pública, el 67% refiere que es factible generar análisis e interpretación de resultados de la inteligencia artificial rutinariamente para la toma de decisiones de forma mensual y el 33% de forma trimestral.

Figura 65. Percepción de los logros de la aplicación de la inteligencia artificial en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados

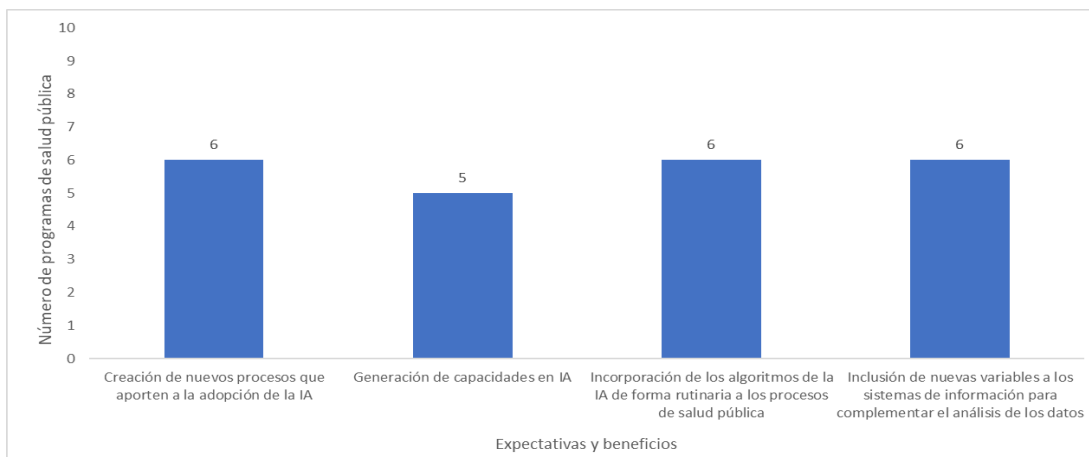


Fuente: Instrumento aplicado a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de TB año 2023.

El 100% de los programas de salud pública de tuberculosis encuestados refiere que la aplicación de la inteligencia artificial reduce el tiempo para el análisis de los datos y genera un mejor análisis descriptivo y predictivo, el 83% refiere mejorar los resultados para la toma de decisiones y utilizar nuevas tecnologías para la automatización de procesos, el 67% refiere encontrar patrones para generar nuevos procesos y el 33% la generación de análisis prescriptivo.

En cuanto a la utilidad de la inteligencia artificial, la percepción es muy buena puesto que agiliza, facilita y mejora el análisis de los datos, visualizando patrones que no se ven a simple vista para la implementación de procesos o ajustes de estos, fortalece la toma de decisiones frente a diferentes situaciones y aporta al análisis de estrategias implementadas.

Figura 66. Percepción de los logros de la aplicación de la inteligencia artificial en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados

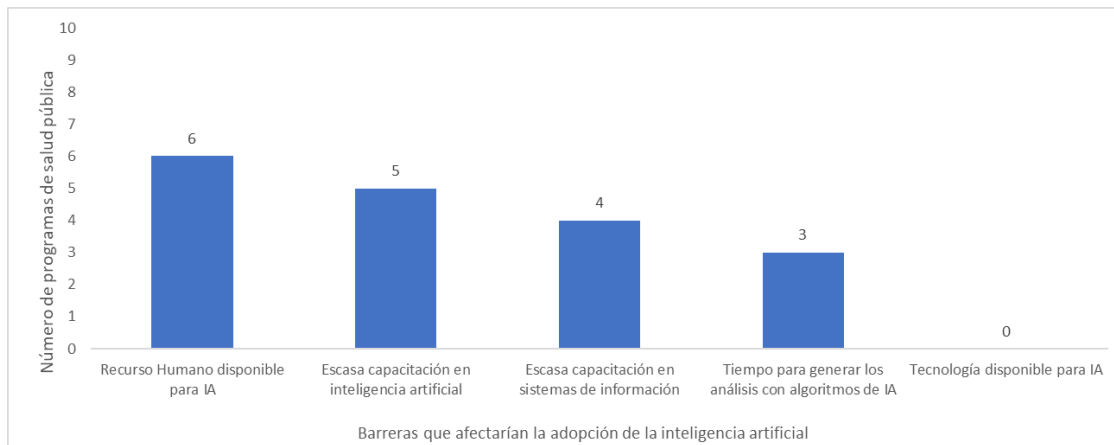


Fuente: Instrumento aplicado a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de TB año 2023.

El 100% de los programas de salud de pública de tuberculosis tiene expectativas con la aplicación de la inteligencia artificial en la creación de nuevos procesos que aporten a la adopción de la inteligencia artificial, la incorporación de los algoritmos de inteligencia artificial de forma rutinaria a los procesos de salud pública y la inclusión de nuevas variables a los sistemas de información para complementar el análisis de los datos. El 83% tiene la expectativa de generar capacidades en inteligencia artificial.

En cuanto a la facilidad de uso, el 17% de los programas de salud pública de tuberculosis refieren que es complejo puesto que requiere de conocimientos específicos y el manejo de software, el 33% refiere no ser complicado ni tan sencillo, es necesaria una capacitación para ser entendida y poder implementarse, el 17% refiere una mediana dificultad, pero con el apoyo de un ingeniero se facilita un poco, y el 17% refiere que es fácil siempre y cuando se capacite en el tema.

Figura 67. Barreras que afectarían la aplicación de la inteligencia artificial en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados

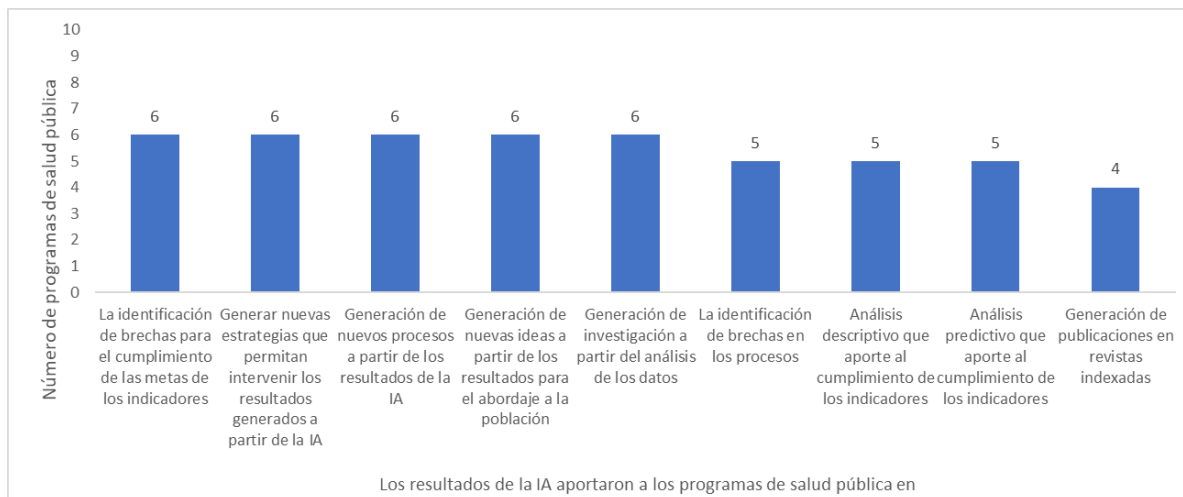


Fuente: Encuesta aplicada a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de TB año 2023

El 100% de los programas de salud pública de tuberculosis refiere como la principal barrera al recurso humano disponible para aplicar la inteligencia artificial, el 83% refiere escasa capacitación en inteligencia artificial, el 67% escasa capacitación en sistemas de información y el 50% tiempo para generar los análisis con algoritmos de inteligencia artificial. Otras barreras que refieren los programas son administrativos y políticos que no permiten el desarrollo de la tecnología, la falta de disposición del talento humano en aprender nuevas tecnologías y adaptarlas, la continuidad del recurso humano y recursos financieros.

El 100% de los programas de salud pública de tuberculosis refieren que la implementación de la inteligencia artificial en los programas de salud pública genera un impacto positivo en el resultado de los indicadores y metas propuestas en salud, puesto que aporta en el análisis integral de las enfermedades de interés en salud pública, permite generar procesos que realmente impacten positivamente los programas, permite obtener mejores puntos de control para la intervención oportuna con miras a mejorar y cumplir el indicador, permite monitorear y evaluar para el ajuste, rediseño o cambio de estrategias, y permite obtener un análisis rápido, preciso y con varias opciones de resultados e ir más allá en la predicción de los datos.

Figura 68. Aporte de la aplicación de la inteligencia artificial a los programas de salud pública



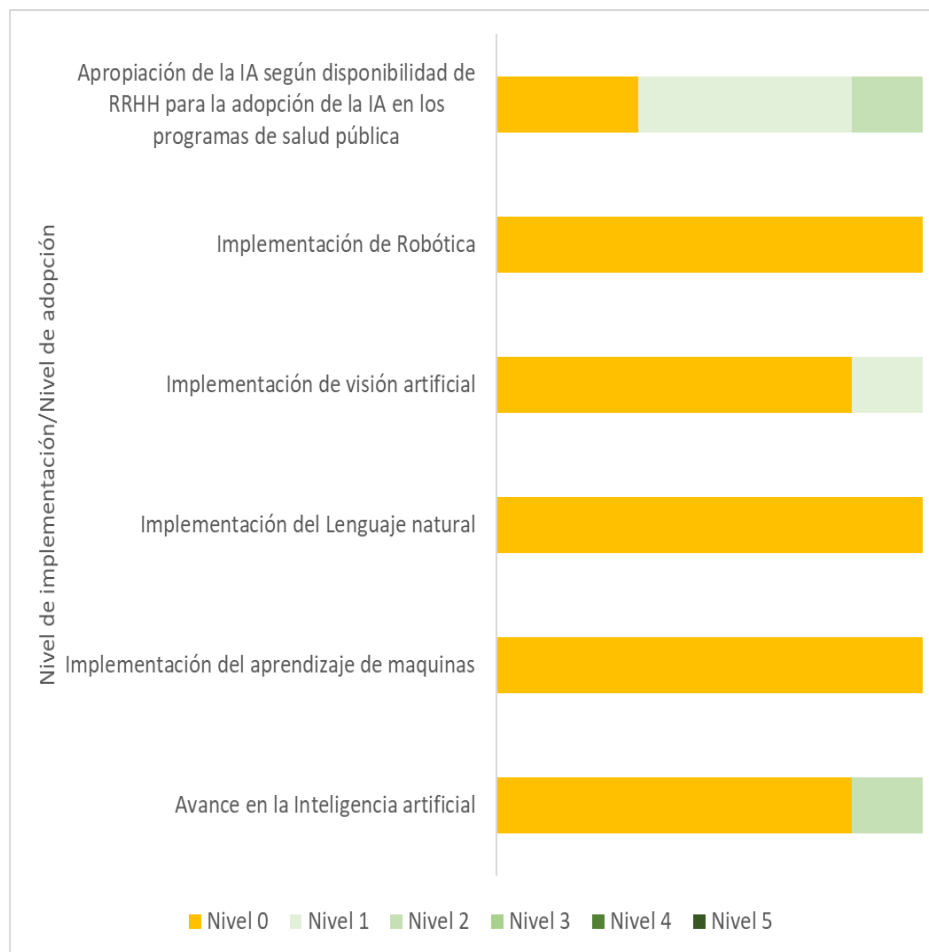
Fuente: Instrumento aplicado a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de TB año 2023.

El 100% de los programas de salud pública de tuberculosis perciben un aporte de los resultados de la inteligencia artificial en la identificación de brechas para el cumplimiento de las metas de los indicadores del programa, generación de nuevas estrategias, nuevos procesos y nuevas ideas para intervenir los resultados, igualmente para la generación de investigación a partir del análisis de los datos.

El 83% perciben un aporte en la identificación de brechas en los procesos, el análisis descriptivo y predictivo que aporte al cumplimiento de los indicadores del programa de salud pública de tuberculosis y el 67% percibe un aporte en la generación de publicaciones en revistas indexadas. De igual manera, los programas de salud pública de tuberculosis refieren que se podría tener un impacto positivo en los siguientes indicadores: tasa de incidencia de casos de tuberculosis, tasa de éxito de tratamiento, mortalidad, pérdida en el seguimiento, mortalidad específica en coinfección de TB/VIH, e indicadores de calidad de la información.

Como resultado del método de adopción de la inteligencia artificial en el programa de salud pública de tuberculosis se tienen los siguientes resultados:

Figura 69. Nivel de avance, apropiación e implementación de los algoritmos de inteligencia artificial en los programas de salud pública de tuberculosis encuestados



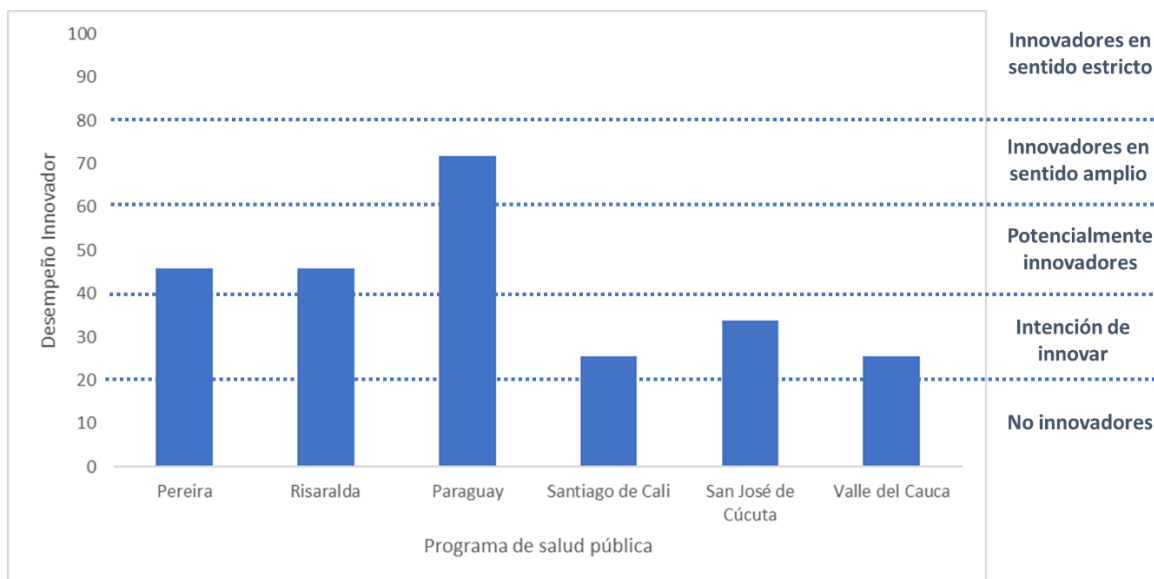
Fuente: Instrumento aplicado a través de la metodología IADI a 6 programas de salud pública de TB año 2023.

El 83% de los programas de salud pública de tuberculosis encuestados tienen un nivel 0 en el avance de la IA, el 17% ha avanzado en la implementación de la visión artificial, el 50% tienen un nivel 1 y un 17% tiene un nivel 2 para la apropiación de la IA según disponibilidad de recurso humano.

7.3 ANÁLISIS DEL RESULTADO DEL MÉTODO DEL DESEMPEÑO INNOVADOR

Según la escala propuesta para medir el desempeño innovador a partir de los resultados del diagnóstico de la transformación digital y el nivel de la adopción de la inteligencia artificial a partir de las demostraciones o el uso de esta tecnología en los programas de salud pública de tuberculosis, se tienen los siguientes resultados

Figura 70. Análisis de los resultados del desempeño innovador en los programas de salud pública de tuberculosis



Fuente: Resultado Metodología IADI a 6 programas de salud pública de TB año 2023.

Los programas de salud pública de tuberculosis de los municipios de Santiago de Cali y San José de Cúcuta, junto al departamento del Valle del Cauca, tienen procesos de la transformación digital implementados que permiten clasificar estos programas con la intención de innovar. Los programas de salud pública de tuberculosis de Risaralda y Pereira son programas potencialmente innovadores y el programa de salud pública de tuberculosis de Paraguay se evalúa como un programa innovador en sentido amplio, puesto que tiene el mayor número de procesos de transformación digital implementados y que usan la visión artificial como uno de los componentes de la inteligencia artificial, además del número de publicaciones que realizan al año con los datos del programa de salud pública.

El análisis de componentes principales se realizó a través de un biplot, que permite generar una representación gráfica de un espacio bidimensional definido por los factores (componentes principales) extraídos en el análisis factorial y que resumen la información contenida en las variables originales. Estos factores son combinaciones lineales de las variables

originales y representan las estructuras subyacentes en los datos, la cual en este caso estuvo conformada por:

Vectores de Variables: Las variables originales incluidas en el análisis fueron:

- Transformación digital implementada y funcionando.
- Análisis de la información con inteligencia artificial,
- Programa de salud pública con una fácil capacidad de adopción de nuevas tecnologías de información, específicamente la inteligencia artificial,
- Programa de salud pública que tenga disponible recurso humano para el desarrollo tecnológico y el análisis de los datos con inteligencia artificial,
- Programa de salud pública que genera nuevos procesos a partir de los resultados de la aplicación de la inteligencia artificial y que aportan al cumplimiento de las metas de indicadores propuestos,
- Programa de salud pública que su recurso humano genere nuevas ideas (brainstorming), para el abordaje estratégico de la gestión de salud pública a partir de los resultados de la IA,
- Programa de salud pública que lleve a cabo estrategias que permitan intervenir los resultados generados a partir de la inteligencia artificial,
- Programa de salud pública donde los resultados de la inteligencia artificial aportaron en el cumplimiento de las metas de los indicadores definidos en salud pública,
- Programa de salud pública donde los procesos del análisis de los datos con inteligencia artificial son sostenibles en el tiempo,
- Programa de salud pública que genere publicaciones sobre los resultados y las estrategias de abordaje a partir de los resultados de la inteligencia artificial.

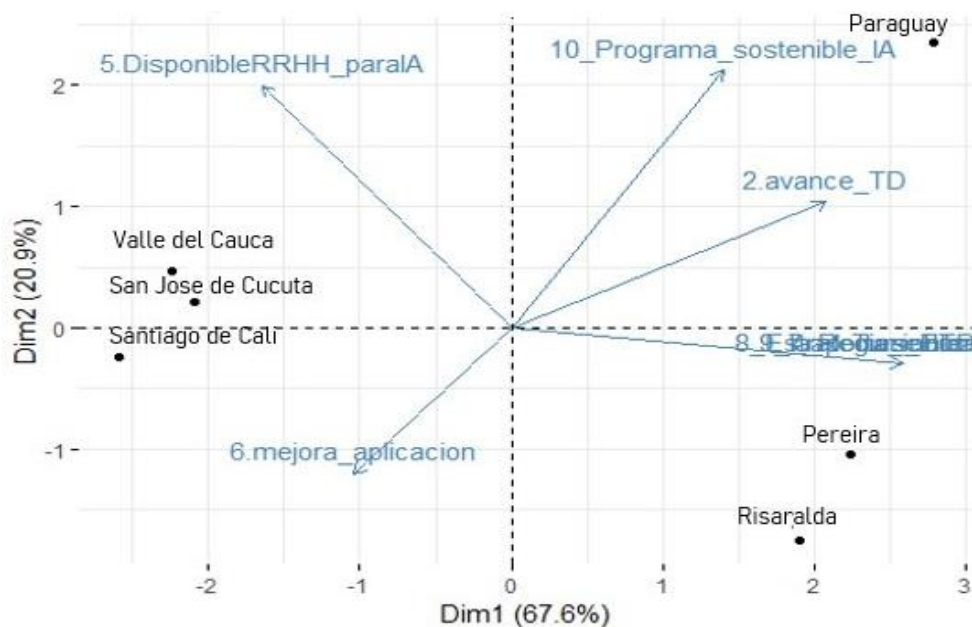
Estas variables se representan como vectores que se extienden desde el origen del espacio bidimensional hacia una dirección específica. La longitud y la dirección de estos vectores indican la contribución de cada variable a los factores extraídos.

Puntos de Observaciones: Las observaciones se representan como puntos en el espacio bidimensional, las cuales corresponden a 6 entrevistas realizadas. La posición de un punto en el biplot indica cómo se relaciona la observación con las variables originales y, por lo tanto, proporciona información sobre patrones o similitudes entre observaciones.

Distancias entre Puntos: La distancia entre los puntos de observación en el biplot refleja su similitud o diferencia en términos de las variables. Las observaciones que están más cerca en el biplot son más similares en términos de su perfil de variables.

Por lo tanto, se realizó el análisis estadístico de componentes principales de los indicadores propuestos en el método de desempeño innovador a través del biplot, para identificar un posible agrupamiento de los programas de salud pública con características innovadoras. En cuanto a los Programas evaluados, se evidencia un agrupamiento de los programas de tuberculosis de Santiago de Cali, San José de Cúcuta y Valle del Cauca, quienes fueron justamente los que presentaron una categoría de ponderación referente a la intención de innovar. Otra posible agrupación se evidencia entre los programas de Pereira y Risaralda, siendo los programas categorizados como potencialmente innovadores y por último Paraguay que presentó un comportamiento excéntrico y que fue el que más herramientas y aplicaciones de IA en su programa evidenció (figura 71).

Figura 71. Análisis de componentes principales para el desempeño innovador de los programas de salud pública de tuberculosis encuestados



Fuente: Resultado Metodología IADI a 6 programas de salud pública de TB año 2023.

En la figura se tiene que los dos primeros componentes principales capturan una gran cantidad de la varianza total en los datos, en total un 88,5% de inercia.

El obtener una inercia alta puede ocurrir puesto que los datos tienen una estructura compleja y están altamente dispersos en varias direcciones debido a que se cuenta con pocos

programas y pocas variables, por lo que la cantidad de información disponible también disminuye, afectando los componentes principales por la dispersión de los datos existentes.

Las interpretaciones se centran en las direcciones y agrupamientos tanto de los vectores como de los Programas. Para los vectores (ítems evaluados del programa), se tiene que los ítems 2, 8 (referente a llevar a cabo estrategias que permitan intervenir los resultados generados a partir de la IA) y 9 (respecto a que los resultados de la IA aportaron o no al cumplimiento de las metas de los indicadores definidos en salud pública) presentan una correlación positiva.

Tabla 14. Nivel de avance de la inteligencia artificial, la transformación digital y el desempeño innovador en seis programas de salud pública de tuberculosis.

| Programa de salud pública de tuberculosis | Avance de la Inteligencia Artificial | | | | | | Transformación digital | Desempeño innovador |
|---|---|---|--|--|-------------------------------------|--|------------------------|-----------------------------|
| | Nivel de avance en la Inteligencia artificial | Nivel de implementación del aprendizaje de maquinas | Nivel de implementación del Lenguaje natural | Nivel de implementación de visión artificial | Nivel de implementación de Robótica | Nivel de apropiación de la IA según disponibilidad de recurso humano | | |
| Paraguay | Nivel 2 | Nivel 0 | Nivel 0 | Nivel 1 | Nivel 0 | Nivel 2 | Nivel 4 | Innovador en sentido amplio |
| Pereira | Nivel 0 | Nivel 0 | Nivel 0 | Nivel 0 | Nivel 0 | Nivel 0 | Nivel 3 | Potencialmente Innovador |
| Risaralda | Nivel 0 | Nivel 0 | Nivel 0 | Nivel 0 | Nivel 0 | Nivel 0 | Nivel 3 | Potencialmente Innovador |
| San José de Cúcuta | Nivel 0 | Nivel 0 | Nivel 0 | Nivel 0 | Nivel 0 | Nivel 2 | Nivel 3 | Intención de innovar |
| Cali | Nivel 0 | Nivel 0 | Nivel 0 | Nivel 0 | Nivel 0 | Nivel 2 | Nivel 2 | Intención de innovar |
| Valle del Cauca | Nivel 0 | Nivel 0 | Nivel 0 | Nivel 0 | Nivel 0 | Nivel 2 | Nivel 2 | Intención de innovar |

Fuente: Resultado Metodología IADI a 6 programas de salud pública de TB año 2023

El programa de salud pública de tuberculosis de Paraguay es innovador en sentido amplio, con un nivel 4 en la transformación digital y un nivel 2 en la implementación de la inteligencia artificial, con un nivel 1 en el avance de la visión artificial y con recurso humano disponible para la apropiación de esta tecnología.

Los programas de salud pública de Pereira y Risaralda son programas potencialmente innovadores con un nivel 3 de transformación digital, un nivel 0 en el avance de la inteligencia artificial y con un nivel de apropiación de la inteligencia artificial de 0, puesto que no cuentan con recurso humano disponible para la adopción de la tecnología. Los programas de salud pública de tuberculosis de San José de Cúcuta, Cali y Valle del Cauca tienen la intención de innovar, con un nivel 0 en el avance de la inteligencia artificial y con un nivel 1 en la apropiación de la inteligencia artificial por contar con recurso humano disponible para la adopción de esta tecnología.

7.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL APORTE EN LAS METAS DE LOS INDICADORES DEL PROGRAMA DE SALUD PÚBLICA Y LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA IADI

Para el análisis de los resultados de la aplicación de la metodología IADI, se realizaron preguntas abiertas que permitieran generar un análisis cualitativo que fue representado con nubes de palabras, puesto que es una herramienta de representación visual que ayuda a resaltar las partes más interesantes de datos textuales; son fáciles y sencillas de usar, leer y entender. Ayuda a comparar y contrastar piezas de texto diferentes para encontrar similitudes de redacción. Presenta una simplicidad y facilidad para visualizar y presentar un resumen rápido de las opiniones y comentarios de los participantes. Permite detectar temas emergentes al resaltar palabras clave que están ganando importancia en un momento dado. A partir de las respuestas entregadas por los programas de salud pública de tuberculosis, se tiene como resultado lo siguiente:

Figura 72. Análisis del aporte de la metodología IADI al cumplimiento de las metas de los indicadores de salud pública



Las palabras más frecuentes hicieron referencia a los resultados, indicadores y tomas de decisiones con los análisis de los datos, siendo también relevante las palabras de metodologías, por lo que las respuestas de este ítem estuvieron orientadas hacia el cumplimiento de los indicadores y su influencia en la toma de decisiones al adoptar nuevas metodologías.

Figura 73. Análisis de cómo podría influir la adopción de la Inteligencia artificial en las metas de los programas de salud pública



Respecto a la influencia de la adopción de IA en los programas evaluados, las palabras más frecuentes fueron: manera, cumplimiento, decisiones gestión, entre otras que hacen referencia a la mejora en procesos y seguimientos, así como en alcanzar cumplimiento de metas y gestión.

Figura 74. Análisis la adopción de la Inteligencia artificial en programas de salud pública influye en el desempeño innovador del sector salud



Respecto a la adopción de la Inteligencia artificial en programas de salud pública y su influencia en el desempeño innovador en el sector salud, se tiene que las palabras con mayor frecuencia en las respuestas tenían que ver con el análisis de los datos y la gestión.

8. DISCUSIÓN

Se plantea la discusión a partir del análisis de los resultados sobre la metodología IADI y la posible incidencia en el impacto en las metas en los indicadores en salud pública.

El análisis de la metodología IADI se enfoca desde la validación de los resultados a través de los 6 casos de estudio desarrollados en los programas de salud pública de tuberculosis, incluyendo el diagnóstico de la transformación digital, la validación del método de la adopción de la inteligencia artificial y la validación del método para la medición del desempeño innovador en programas en salud pública.

El desarrollo de esta investigación evidenció algunas brechas en el avance de la transformación digital en los programas de salud pública de tuberculosis en Colombia, específicamente en la adopción de nuevas tecnologías de información como la inteligencia artificial, como lo evidencia (Ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones de Colombia, 2019), donde describe que el avance de la transformación digital en Colombia ha sido lento en comparación con otros países, en este caso se pudo comparar con el avance de Paraguay, donde se evidencia un mayor avance en este país.

El resultado del estudio evidencia que la transformación digital genera un impacto positivo en los procesos de los programas de salud pública, en este caso de tuberculosis, como lo manifiesta (Pan American Health Organization, 2021), la transformación digital en el sector salud genera un impacto positivo en los procesos de las organizaciones del sector.

Con el estudio se pudo evidenciar la importancia de incluir diferentes variables para generar el nivel de avance de la transformación digital en el sector salud, como lo sugiere (Ngereja et al., 2020), donde concluye que la transformación digital en las organizaciones requiere del abordaje de diferentes factores y procesos en los usuarios del sistema, el estudio propone una interconexión entre varios factores de digitalización y el impacto en la interconectividad, que fueron abordadas en el estudio como la interoperabilidad de los sistemas de información.

Los resultados permitieron identificar que todos los programas de salud pública de tuberculosis evaluados en los casos de estudio, tienen información disponible para el análisis de los datos, lo que concuerda con lo referido (Grable & Lyons, 2018), en su estudio sobre la consecución de la información es mucho más fácil de adquirir y con mayor detalle, el valor radica en la forma como se relacionan datos masivos para descubrir nuevos patrones, tendencias y

asociaciones ocultas, que es el aporte que entrega este estudio aplicando los algoritmos de la inteligencia artificial.

Los resultados de la investigación mostraron el poco avance del uso y adopción de la inteligencia artificial en los programas de salud pública con las herramientas existentes en la actualidad; como lo identificó (Paschal, et al., 2008), donde pocos hospitales tenían habilidades para utilizar e interpretar los datos de una manera que les permita evaluar, detectar, tratar y monitorear de manera efectiva las enfermedades infecciosas en las comunidades, teniendo en cuenta las capacidades para utilizar la tecnología, acceder y distribuir la información actualizada y medir los resultados. De igual manera (Haneef et al., 2020) encontró que el uso de la inteligencia artificial para estimar indicadores de salud no es frecuente en los institutos nacionales de salud pública, el mayor obstáculo es el recurso humano, como lo evidencia los resultados de la investigación.

Si bien en el estudio de (A. Flahault & Bar-Hen, 2016) proporciona una breve descripción de los desafíos científicos para aprovechar el uso de los datos y la explotación de la información para generar investigaciones y responder a las necesidades en las ciencias de la salud y la epidemiología, en los resultados del estudio se evidencia el poco uso de la información para responder a las necesidades y generar estrategias para intervenir a la población y generar resultados positivos en indicadores de salud pública.

El estudio aporta a identificar las brechas y el nivel de avance para la adopción de la inteligencia artificial en salud pública, que es un proceso muy importante a tener en cuenta, conforme con lo planteado por (Gupta & Kumari, 2017), donde refiere que uno de los desafíos para aplicar la minería de datos al sector salud incluye la explotación de los datos a nivel social y la creación de nuevos métodos para el análisis de información masiva con técnicas de inteligencia artificial.

Los casos de estudio permitieron identificar la factibilidad de adoptar la inteligencia artificial posterior a la aplicación de las demostraciones realizadas a la información del programa de salud pública, confirmando lo que (Venkatesh et al., 2012) refiere acerca de la adopción de tecnología, que la define como un proceso por el cual los potenciales usuarios aprenden a usarla y la adquieren como propia, incorporándola a sus procesos de trabajo.

Los principales hallazgos demuestran que los programas de salud pública tienen la intención de usar la inteligencia artificial para generar nuevo conocimiento y análisis avanzados

de información, corroborando lo que manifiesta (A. Flahault & Bar-Hen, 2016), sobre el uso y los desafíos en la explotación de la información para la investigación en salud pública y la epidemiología. Los resultados indican que la inteligencia artificial permite generar nuevas estrategias de abordaje a la población, responder a las necesidades de análisis de información y generar investigación operativa con los resultados, como lo sugiere (Bhavnani et al., 2017), para el abordaje de los riesgos y determinantes individuales, el uso eficaz de los datos en los enfoques del sector salud, impulsar la innovación centrada en el paciente a través de la información sanitaria y apoyar la investigación e innovación.

En el estudio se identificó que la implementación de la inteligencia artificial en los programas de salud pública genera un impacto positivo en el resultado de los indicadores y metas propuestas en salud, contribuyendo con (Neill, 2012), sobre el aporte de la inteligencia artificial en la vigilancia en salud pública para dar respuestas a las necesidades de análisis y la toma de decisiones.

Complementando la hoja de ruta planteada por (Bhavnani et al., 2017) sobre la salud digital, a partir del desarrollo de nuevos modelos basados en la evidencia y donde plantea la falta de evaluación del impacto de estas tecnologías en los indicadores en salud; y aportando a lo referido con (Odone et al., 2019) a la aplicación de esta tecnología a la salud pública para superar los desafíos en el cumplimiento de las metas del sector con precisión, automatización, predicción en el análisis de los datos, y la importancia de la evaluación de la aplicación de esta tecnología, en concordancia con lo referido por (Bhavnani et al., 2017) sobre la importancia de impulsar y medir el impacto de nuevas innovaciones en salud.

Si bien los programas de salud pública refieren tener la intención de usar la inteligencia artificial, se identificaron barreras para la adopción de esta tecnología como la falta de recurso humano, la escasa capacitación en inteligencia artificial y en sistemas de información, seguido de los tiempos para generar y aplicar los algoritmos a la información de salud pública, coincidiendo con (Haneef et al., 2020), donde se concluye que el uso de la inteligencia artificial para estimar indicadores de salud no es frecuente en los institutos nacionales de salud pública, siendo las mayores barreras la falta de recurso humano, las habilidades en el manejo de herramientas de inteligencia artificial y los problemas con la gobernanza de los datos. Esto concuerda con lo que concluye (Morgenstern et al., 2021), sobre las barreras para la adopción de

la inteligencia artificial en la falta de experiencia en el manejo de herramientas de inteligencia artificial, la capacidad limitada y la mala calidad de los datos en el sector salud.

Los resultados de la aplicación de la metodología IADI, permitieron identificar que el uso de los datos de manera eficaz y la aplicación de la inteligencia artificial aporta directamente en las metas de salud pública, y esta a su vez al desempeño innovador en salud pública, encaminado a lo expuesto por (Bhavnani et al., 2017), donde refiere que los principales desafíos se encuentran el uso eficaz de los datos y la aplicación de estos adecuadamente en los enfoques del sector salud, Impulsar la innovación centrada en el paciente a través de la información sanitaria, apoyar la investigación de nuevas innovaciones, medir el impacto de nuevas innovaciones en salud.

Los resultados del método de adopción de tecnología son semejantes a los resultados del modelo de la teoría unificada de la aceptación y el uso de la tecnología (UTAUT 2) (Venkatesh et al., 2012), que explica la aceptación, la intención de uso y el uso de la tecnología como variables que aportan a la adopción de la inteligencia artificial como se demostró a través de las simulaciones realizadas en cada uno de los programas de salud pública de tuberculosis. Evidenciando que, posterior a la demostración, se tiene una intención de usarla, aceptarla y que en un futuro cercano la usaría para la toma de decisiones.

Al obtener el resultado del desempeño innovador y su relación con los resultados del nivel de avance de la transformación digital en salud pública, genera un aporte en la intervención de las brechas identificadas para avanzar en el abordaje de los procesos de la transformación digital, los indicadores que portan al desempeño innovador y por ende a incentivar la innovación en el sector salud, como lo expone en uno de los objetivos planteados por la OMS que sugiere incentivar la innovación por medio de la transformación digital en el sector salud (Pan American Health Organization, 2021).

Los resultados del estudio evidencian el resultado del desempeño innovador en los programas de salud pública a partir de los diferentes indicadores y variables propuestos para la medición, generando un interés por identificar las variables que aportan a intensificar la innovación como lo propone la OMS en el pilar tres de la estrategia fin de la tuberculosis.

Los resultados de la aplicación del método del desempeño innovador permitieron generar una escala en los programas de salud pública para identificar el avance en la innovación, estando en concordancia con (Prajogo & Ahmed, 2006) donde se emplea el uso de las últimas innovaciones tecnológicas en los procesos y (Birchall & Tovstiga, 2006) que enfoca el desempeño

centrado en los efectos relativos al proceso y la responsabilidad social, puesto que en los resultados se evidencia la relación entre un mayor desempeño innovador y la generación de nuevos procesos y su impacto en los resultados de los indicadores de los programas de salud pública.

9. CONCLUSIONES, TRABAJOS FUTUROS Y PRODUCTOS GENERADOS

9.1 CONCLUSIONES

En esta investigación se propuso como objetivo principal diseñar una metodología para el proceso de transformación digital en programas de salud pública, basada en la adopción de técnicas de inteligencia artificial y la medición del desempeño innovador, con base en el planteamiento del problema donde se evidenció que la inteligencia artificial en el sector salud es incipiente, teniendo en cuenta los avances tecnológicos de la actualidad que no permite su explotación en la toma de decisiones y el impacto que esta puede tener en los resultados de los indicadores.

Por otro lado, las métricas para medir el desempeño innovador en el sector salud son insuficientes puesto que existen diferentes factores, procesos, organizaciones, fuentes de información, indicadores, estrategias que intervienen en el sector salud que se deben de tener en cuenta como variables para la medición del desempeño innovador, es por esto que se propone la metodología IADI con un método para facilitar la apropiación, el uso de la inteligencia artificial y un segundo método para la medición del desempeño innovador en los programas de salud pública.

Con el estado del arte se pudo identificar los vacíos de conocimiento en la adopción de tecnología, específicamente de la inteligencia artificial en el sector salud, la transformación digital encaminada al cumplimiento de las metas de los programas de salud pública y la insuficiente evidencia de la medición del desempeño innovador con variables del sector salud.

Con la metodología IADI se da respuesta a la pregunta de investigación ¿cuál es el impacto en el desempeño innovador en un programa de salud pública a partir de la adopción de la inteligencia artificial en el proceso de transformación digital?, teniendo en cuenta que permitió medir y calificar el impacto del desempeño innovador para los seis casos de estudio en: no innovadores, con intención de innovar, potencialmente innovadores, innovadores en sentido amplio, innovadores en sentido estricto, a partir de variables que incluyen la transformación digital y la adopción de la inteligencia artificial.

Con los resultados de los casos de estudio, se puede concluir que la transformación digital se modifica positivamente al incorporar métodos de inteligencia artificial en los procesos de salud pública.

Se puede evidenciar en los resultados obtenidos en los casos de estudio de los programas de salud pública de tuberculosis del departamento del Valle del Cauca y los municipios de San Jose de Cúcuta y Santiago de Cali, que no tienen adopción de IA y el resultado del desempeño innovador es con intensión de innovar. Al igual ocurre con el Departamento de Risaralda y el Municipio de Pereira, el cual alcanza un desempeño innovador potencialmente innovador.

Por el contrario, se identificó un mejor desempeño innovador en el programa de salud pública de Paraguay, que tiene implementado algunos desarrollos de visión artificial. Como consecuencia el programa mejora los indicadores de aporte al análisis de la información, promueve la investigación y tiene recurso humano capacitado que puede implementar los algoritmos de inteligencia artificial. Aunque el programa de salud pública de tuberculosis de Paraguay tiene implementado análisis de visión artificial, con los resultados obtenidos en el método de adopción de IA, se plantea una hoja de ruta en las áreas de aprendizaje de máquinas, procesamiento de lenguaje natural y la robótica en última instancia.

La metodología IADI realiza varios aportes en la medición de desempeño innovador en salud pública:

- Contribuye en los programas de salud pública para la generación de capacidades en la medición del desempeño innovador en nuevas dimensiones y perspectivas, que en la actualidad no se tenían en cuenta; a partir de la adaptación de variables validadas por expertos en el tema que aportaron a la medición.
- Al obtener el resultado del desempeño innovador y su relación con los resultados del nivel de avance de la transformación digital y la adopción de IA, se genera un aporte en la intervención de las brechas identificadas para avanzar en el abordaje de los procesos de la transformación digital, los indicadores que portan al desempeño innovador y por ende a incentivar la innovación en el sector salud, como lo expone en uno de los objetivos planteados por la OMS que sugiere incentivar la innovación por medio de la transformación digital en el sector salud (Pan American Health Organization, 2021).
- Los resultados de la metodología IADI permiten generar una hoja de ruta para la transformación digital y la adopción de IA en los programas de salud pública, para aportar en la medición del desempeño innovador.

-
- Además de las dimensiones consideradas en la medición de desempeño innovador, la metodología incluye un proceso para incorporar nuevas variables e indicadores en la medición.

La hipótesis “la adopción de la inteligencia artificial en programas de salud pública influye en el desempeño innovador del sector salud” es validada de 4 formas diferentes:

- En las preguntas abiertas de la fase 4 de la metodología IADI, los participantes manifestaron que consideran que la adopción de la inteligencia artificial influye positivamente en el desempeño innovador y en el cumplimiento de las metas de los indicadores de los programas de salud pública.
- Las respuestas anteriores concuerdan con la revisión del estado del arte, donde se encontró que la adopción de la Inteligencia Artificial permite generar nuevas estrategias para el abordaje de las brechas de los programas de salud pública y generar un seguimiento exhaustivo a las metas de los indicadores, a través de predicciones e intervenciones focalizadas.
- Adicionalmente, las mediciones de desempeño innovador encontradas en los casos de estudio muestran que Paraguay fue clasificado con un desempeño innovador en sentido amplio, ya que obtuvo un nivel 4 en la transformación digital y un nivel 2 en la implementación de la inteligencia artificial. Por el contrario, Pereira y Risaralda fueron clasificados con un desempeño innovador potencialmente innovadores, con un nivel 3 de transformación digital y un nivel 0 en la adopción de la inteligencia artificial. Aunque existe diferencia tanto en el nivel obtenido en la transformación digital como en la adopción de la Inteligencia Artificial, es mayor el margen de diferencia en la adopción de Inteligencia Artificial.
- En los casos de estudio también se encuentra que Paraguay tiene recurso humano capacitado y con habilidades tecnológicas en Inteligencia Artificial, utiliza la Inteligencia Artificial para el análisis de datos de salud pública de tuberculosis y tiene implementados algoritmos con visión artificial en el programa. Estos ítems tienen un peso en el cálculo del desempeño innovador, dichos pesos fueron asignados por un grupo de expertos cuando se estaba diseñando la ponderación de las variables del desempeño innovador.

Los programas de salud pública de tuberculosis tenidos en cuenta en los casos de estudio, consideran que la adopción de la inteligencia artificial influye positivamente en el desempeño innovador y en el cumplimiento de las metas de los indicadores de salud pública, ya que esta

adopción permite generar nuevas estrategias para el abordaje de brechas y generar un seguimiento exhaustivo a las metas de los indicadores, a través de predicciones e intervenciones focalizadas.

Como contribución a la práctica, se aportó de una manera directa a identificar las brechas en la transformación digital en los programas de salud pública, visualizar la aplicabilidad de la inteligencia artificial en la información propia del programa de salud pública de tuberculosis e identificar el resultado del desempeño innovador a partir de los indicadores propuestos en esta tesis doctoral, el cual no había sido medido anteriormente porque no se tenían métricas suficientes para el sector salud.

Como contribución metodológica a partir de la metodología IADI propuesta y con los resultados de la aplicación en seis casos de estudio, se logró cumplir con los objetivos propuestos en este trabajo de investigación, identificando el poco avance de la adopción de la inteligencia artificial en los programas de salud pública y el desconocimiento de las bondades de conocer el desempeño innovador en los programas de salud pública.

La metodología IADI fue validada en seis programas de salud pública, con niveles de variabilidad al haber incluido Programas municipales, departamentales, nacional e internacional, generando resultados positivos para la validación de la metodología propuesta como el diagnóstico de la transformación digital, el aporte que genera el método para la adopción de la inteligencia artificial y el método para el cálculo del desempeño innovador en los seis programas de salud pública, identificando como ésta metodología aporta a la adopción de nuevas tecnologías y esta a su vez aporta al cumplimiento de las metas de los indicadores propuestos.

Los programas destacaron el aporte de la metodología en avanzar hacia mejorar la toma de decisiones y avanzar en el cumplimiento de las metas del programa de salud pública, a través de los resultados obtenidos y de los procesos que pueda generar la adopción de la inteligencia artificial.

Como contribución teórica de desarrolló y aplicó el método para la adopción de la inteligencia artificial, los resultados aportaron a generar un gran interés en adoptar la inteligencia artificial para el análisis de los datos del programa de salud pública de tuberculosis en un futuro cercano, de igual manera se generó un interés por gestionar las brechas que se tienen para avanzar a mejores niveles en el desarrollo de la transformación digital en los programas encuestados.

Como contribución teórica se desarrolló y aplicó el método para la medición del desempeño innovador, que aporta al pilar tres de la estrategia fin a la tuberculosis propuesta por la OMS, donde se incluye la investigación e innovación intensificada, puesto que hasta el momento no se tiene evidencia del cómo se media el avance de la innovación en los programas de salud pública para intensificar la innovación.

Con los resultados de los estudios de caso se identificaron 3 programas de salud pública de tuberculosis con intención de innovar, 2 potencialmente innovadores y 1 innovador en sentido amplio, esta medición es acorde a los avances que tiene cada uno de los programas de tuberculosis, que se demuestra en los resultados.

9.2 TRABAJOS FUTUROS

Desarrollar una investigación aplicando la metodología IADI en la medición del desempeño innovador a otros programas de salud pública como VIH, enfermedades crónicas, entre otros programas de salud pública con características similares o diferentes al aplicado en este estudio, de igual manera se propone aplicar a nivel general en el sector salud incluyendo todos los programas de salud pública.

Realizar un estudio del impacto de los resultados de la metodología IADI, teniendo en cuenta la efectividad de la adopción de la inteligencia artificial, la relación entre el resultado del desempeño innovador de los programas de salud pública y el avance en el resultado de los indicadores para el cumplimiento de las metas del programa de salud pública de tuberculosis. Desarrollar investigaciones incluyendo las demostraciones y resultados del procesamiento del lenguaje natural, la visión artificial, la robótica y el efecto en los resultados de los indicadores de los programas de salud pública.

Desarrollar investigaciones relacionadas con el resultado de la aplicación de la inteligencia artificial en los programas de salud pública de tuberculosis y su impacto en la toma de decisiones, la generación de nuevos procesos y estrategias de abordaje a la población que aporte al cumplimiento de las metas de los indicadores propuestos y su relación con el desempeño innovador del programa.

Si bien se incluyó a Paraguay para probar la metodología IADI en otro contexto diferente a Colombia, se propone realizar un estudio de la aplicación de la metodología IADI incluyendo otros países de la región de las Américas con diferentes avances en los procesos de la

transformación digital y el avance de la adopción de la inteligencia artificial en los programas de salud pública.

Si bien se realizó una consulta a expertos para validar los pesos porcentuales de las métricas de desempeño innovador, se propone utilizar la metodología Delphi para incluir nuevos indicadores de desempeño innovador con un grupo más amplio de expertos. Por lo tanto, ya que la metodología IADI contempla la adición de nuevos indicadores.

9.3 PRODUCTOS GENERADOS

Los productos generados de esta tesis doctoral se describen a continuación

La Tesis doctoral “TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN PROGRAMAS DE SALUD PÚBLICA BASADA EN LA ADOPCIÓN DE TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y LA MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO INNOVADOR”.

Cuatro artículos científicos

- Inteligencia artificial y transformación digital en salud pública: revisión sistemática y desafíos.
- El desempeño innovador en programas de salud pública a partir de la transformación digital.
- Método para la medición del desempeño innovador en programas de salud pública de tuberculosis.
- Transformación digital, inteligencia artificial y desempeño innovador en programas de salud pública de tuberculosis.

10. BIBLIOGRAFÍA

- A. Flahault, A. Bar-Hen, N. P. (2016). Public Health and Epidemiology Informatics. *Yearbook of Medical Informatics*, 26(1), 248–251. <https://doi.org/10.15265/IY-2017-036>.
- Ahuja, G., & Katila, R. (2001). Technological acquisitions and the innovation performance of acquiring firms: A longitudinal study. *Strategic Management Journal*, 22(3), Pag. 197-220.
- Alvarez, D. f. (2022). Software para identificación de actores relacionados con la transferencia tecnológica en el contexto del sector de la agricultura. Bucaramanga: Tesis de maestría Universidad Autónoma de Bucaramanga.
- Amato, G., Candela, L., Castelli, D., Esuli, A., Falchi, F., Gennaro, C., Giannotti, F., Monreale, A., Nanni, M., Pagano, P., Pappalardo, L., Pedreschi, D., Pratesi, F., Rabitti, F., Rinzivillo, S., Rossetti, G., Ruggieri, S., Sebastiani, F., Tesconi, M. (2018). How Data Mining and Machine Learning Evolved from Relational Data Base to Data Science, in: *A Comprehensive Guide Through the Italian Database Research Over the Last 25 Years*. Springer, Cham, 287–306. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-61893-7_17.
- Andía Marcelo E, Cristóbal Arrieta, & A. Sing Long Carlos. (2019). Una guía conceptual para usar y entender Big Data en la investigación clínica. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 30(1), 83–94. <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2018.11.003>
- Araiza-Garaygordobil, D., Jordán-Ríos, A., Sierra-Fernández, C., & Juárez-Orozco, L. E. (2020). Sobre estetoscopios, expedientes clínicos, inteligencia artificial y zettabytes: una mirada al futuro de la medicina digital en México. *Archivos de Cardiología de Mexico*, 90(2), 177–182. <https://doi.org/10.24875/ACME.M20000113>
- Arias J., Durango J., Millan N. (2015). Capacidad de innovación de proceso y desempeño innovador: efecto mediador de la capacidad de innovación de producto. <https://doi.org/10.17230/ad-minister.27>.
- Atuahene-Gima, K., Li, H., & De Luca, L. M. (2006). The contingent value of marketing strategy innovativeness for product development performance in Chinese new technology ventures. *Industrial Marketing Management*, 35(3), 359–372.
- Baeza Yates, R., & Poblete, B. (2006). Un modelo de minería de consultas para el diseño del contenido y la estructura de un sitio Web. *Inteligencia Artificial. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, vol. 10, núm. 29, primavera, 2006, pp. 89-98.
- Barrios, K., López, J., Mendieta, S., Benavides, R., & Sáez, Y. (2018). Sistema de reconocimiento de voz: un enlace en la comunicación hombre-máquina. *Revista De Iniciación Científica*, 4, 92-95. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.0.1827>
- Benke, K., & Benke, G. (2018). Artificial intelligence and big data in public health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(12). <https://doi.org/10.3390/ijerph15122796>

- Bernal O, López R, Montoro E, Avedillo P, Westby K, Ghidinelli M. (2020 Dec 18) Determinantes sociales y meta de tuberculosis en los Objetivos de Desarrollo Sostenible en las Américas [Social determinants and the Sustainable Development Goals' tuberculosis target in the Americas Determinantes sociais e a meta para a tuberculose dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável nas Américas]. *Rev Panam Salud Publica.* ;44:e153. Spanish. doi: 10.26633/RPSP.2020.153. PMID: 33362288; PMCID: PMC7748296.
- Bhavnani, S. P., Parakh, K., Atreja, A., Druz, R., Graham, G. N., Hayek, S. S., Krumholz, H. M., Maddox, T. M., Majmudar, M. D., Rumsfeld, J. S., & Shah, B. R. (2017). 2017 Roadmap for Innovation—ACC Health Policy Statement on Healthcare Transformation in the Era of Digital Health, Big Data, and Precision Health: A Report of the American College of Cardiology Task Force on Health Policy Statements and Systems of Care. *Journal of the American College of Cardiology*, 70(21), 2696–2718. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.10.018>
- Birchall, D. W. y Tovstiga, G. (2006). Innovation Performance Measurement: Expert vs Practitioner Views. PICMET 2006 Proceedings, July, Istanbul, Turkey.
- Blindenbach-Driessen, F.; Dalen, J. y Ende, J. (2010). Subjective Performance Assessment of Innovation Projects. *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 27, 572–592.
- Brentani, U. y Kleinschmidt, E. J. (2004). Corporate Culture and Commitment: Impact on Performance of International New Product Development Programs. *Journal Production Innovation Management*, Vol. 21, 309-333.
- Calzada Leticia y José Luis Abreu. (2009). El impacto de las herramientas de inteligencia de negocios en la toma de decisiones de los ejecutivos. *Daena: International Journal of Good Conscience.*, 4(2), 16–52.
- Carvache, Gutierrez G, Z. E. (2018). Las actividades de Innovacion y el desempeño innovador en las empresas Ecuatorianas. CLADEA 2018At: San José - Costa Rica.
- Chandra, B., Gupta, M. y Gupta, M.P. (2007). Robust Approach for Estimating Probabilities in Naive-Bayes Classifier. In *International Conference on Pattern Recognition and Machine Intelligence* (pp. 11-16), Springer, Berlin, Heidelberg.
- Chen, Y.-S., Lin, M.-J. J., & Chang, C.-H. (2006). The Influence of Intellectual Capital on New Product Development Performance – The Manufacturing Companies of Taiwan as an Example. *Total Quality Management & Business Excellence*, 17(10), 1323–1339. <https://doi.org/10.1080/14783360601058979>.
- Cornejo J, Vargas M, Jorge A. Cornejo A. Aplicaciones Innovadoras de la Robótica y Biomédica en la Salud Pública durante la Pandemia del COVID-19. *Rev. Fac. Med. Hum.* Octubre 2020; 20(4):756-757. DOI 10.25176/RFMH.v20i4.3042
- Curioso WH, Brunette MJ. Inteligencia artificial e innovación para optimizar el proceso de diagnóstico de la tuberculosis. *Rev Peru Med Exp Salud Publica.* 2020;37(3):554-8. doi: <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2020.373.5585>

-
- Davis, F.D., (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly* 13(3), 319- 340
- De los Ríos, A. F. G. (2020). Desarrollo y aplicación de la metodología bagging y adaboost para la detección de pérdidas no técnicas en el sistema de distribución de la empresa de energía de Pereira sa esp. *La investigación un proceso de alianzas para el desarrollo regional*, 151-166.
- Devia, A. M. (2019). La inteligencia artificial, el big data y la era digital: ¿una amenaza para los datos personales?/artificial intelligence big data, and digital era: a threat to personal data? *Revista La Propiedad Inmaterial*, (27), 5+.
<https://link.gale.com/apps/doc/A594924933/IFME?u=anon~4135c4c5&sid=googleScholar&xid=2c0556e2>
- Díez, R. P., Gómez, A. G., & de Abajo Martínez, N. (2001). *Introducción a la inteligencia artificial: sistemas expertos, redes neuronales artificiales y computación evolutiva*. Universidad de Oviedo.
- Enrique, J., Alfredo, G., & Andrés, C. (2014). Relación entre desempeño innovador y madurez de capacidades de conocimiento y competencia. *Entramado*, 10(1), 82–95.
- Europeo, M. d.-F. (2012). *Aplicación práctica de la visión artificial en el control de procesos industriales*. Gobierno de España.
- Fernández, M. Fernandini, P. Gabarró, & Méndez, J. (2020). *Transformación digital de la banca pública de desarrollo en América Latina y el Caribe*.
- García, M. (2014). *Tesis doctoral Extracción de Relaciones Semánticas. Recursos, Herramientas y Estrategias*. Santiago de Compostela: Centro Singular de Investigación en Tecnologías Intelixentes.
- García Sánchez, J. (2019). *Modelado de temas y análisis de sentimientos sobre publicaciones en redes sociales*. Castilla - La Mancha: Universidad de Castilla - la Mancha.
- Gómez, A., & Caicedo, C. (2012). *Plan Decenal de Salud Pública 2012-2021. Resumen ejecutivo*. Superintendencia Nacional de Salud. 64–74.
- Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., & Bengio, Y. (2014). Generative Adversarial Nets. In *Advances in Neural Information Processing Systems 27* (pp. 2672–2680). Curran Associates, Inc
- Grable John E. y. Angela C. Lyons. (2018). An Introduction to Big Data. *Journal of Financial Service Professionals*, 72 (5):, 17–20.
- Griffin, A. and Page, A. L. (1993). An Interim Report on Measuring Product Development Success and Failure. *Journal of Product Innovation Management*.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0737-6782\(93\)90072-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0737-6782(93)90072-X)

- Griffin, A. and Page, A. L. (1996). PDMA Success Measurement Project: Recommended Measures for Product Development Success and Failures. *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 13, 478–496.
- Grupp, H.; Mogge, M. E. (2004). Indicators for National Science and Technology Policy: How Robust are Composite Indicators? *Research Policy*, Vol. 33, 1373-1384.
- Gupta, R. K., & Kumari, R. (2017). Artificial intelligence in public health: Opportunities and challenges. *JK Science*, 19(4), 191–192.
- Hagedoorn, J., & Cloudt, M. (2003). Measuring innovative performance: Is there an advantage in using multiple indicators? *Research Policy*, 32(8), 1365–1379. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00137-3](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00137-3)
- Haneef, R., Delnord, M., Vernay, M., Bauchet, E., Gaidelyte, R., Oyen, H. Van, Or, Z., Pérez-Gómez, B., Palmieri, L., Achterberg, P., Tijhuis, M., Zaletel, M., Mathis-Edenhofer, S., Májek, O., Haaheim, H., Tolonen, H., & Gallay, A. (2020). Innovative use of data sources: A Cross-sectional study of Data Linkage Practices across European Countries. 1–11. <https://doi.org/10.21203/rs.2.22164/v1>
- Hernández, E. (2020). Tesis de maestria "Análisis de la voz y clasificación de emociones mediante técnicas de Deep Learning". Madrid España: Escuela E.T.S. de Ingenieros Informáticos Universidad Politécnica de madrid.
- Hernandez, & Gomez. (2013). Aplicaciones de procesamiento de lenguaje natural. *Revista Politécnica*, Vol. 32, No. 1, Páginas: 87–96.
- Hernández-Leal, E. J., Duque-Méndez, N. D., & Moreno-Cadavid, J. (2017). Big Data: una exploración de investigaciones, tecnologías y casos de aplicación. *Tecnológicas*, 20(39), 15–38. <https://doi.org/10.22430/22565337.685>
- Hesse B.W. (2020). Riding the Wave of Digital Transformation in Behavioral Medicine. *Annals of Behavioral Medicine : A Publication of the Society of Behavioral Medicine*.
- Hooley, G. J., Greenley, G. E., Cadogan, J. W., & Fahy, J. (2005). The performance impact of marketing resources. *Journal of Business Research*, 58(1 SPEC.ISS), 18–27. [https://doi.org/10.1016/S0148-2963\(03\)00109-7](https://doi.org/10.1016/S0148-2963(03)00109-7)
- Huang, X., Soutar, G.N. y Brown, A. (2004). Measuring new product success: an empirical investigation of Australian SMEs. *International Marketing Management*, Vol. 33, 117–123.
- Jain, R. (2017), 'Decision tree. it begins here'. <https://medium.com/@rishabhjain/22692/decision-trees-it-begins-here-93ff54ef134>, Web; accedido el 02-08-2020.
- Johnson, R.A.; Wichern, D.W. (2002). *Applied Multivariate Statistical Analysis*, Fifth edition. Pearson Education International, United States of America.
- Kaplan, A., & Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the

- interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business Horizons*, 62(1), 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.08.004>
- Karahanna, E.; Straub, D.W.; Chervany, N. L. (1999) Information Technology Adoption across Time: A Cross-Sectional Comparison of Pre-Adoption and Post-Adoption Beliefs. *MIS Quarterly*, n.23 (2), p.183-203, 1999
- Kusunoki, K.; Nonaka, I. y Nagata, A. (1998). Organizational Capabilities in Product Development of Japanese Firms: A Conceptual Framework and Empirical Findings. *Organization Science*, Vol. 9, N^o, 699–718.
- Lafuente E., Solano A., Leiva J.C., M.-E. R. (2019). Determinantes del desempeño innovador: Explorando el papel de las capacidades de aprendizaje organizativo en empresas de servicios intensivos en conocimiento (KIBS). *Academia Revista Latinoamericana de Administracion*.
- LeCun, Y., Bengio, Y. & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature* 521, 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Lee, Y. y Oc. G. C. (2003). The impact of communication strategy on launching new products: the moderating role of product innovativeness. *Product Development & Management Association*, Vol. 20, 4-21.
- Leonardi, V., & Casal, I. (2016). Desempeño innovador de un grupo de Mipymes agroindustriales argentinas. *Economía Y*, 45–64. http://economiaysociedad.umich.mx/ojs_ecosoc/index.php/ecosoc/article/view/77
- Lichtenthaler, U. (2009). Absorptive Capacity, Environmental Turbulence, and the Complementarity of Organizational Learning Processes. *Academy of Management Journal*, Vol. 52, N, 822–846.
- Likas, A., Vlassis, N. & J. Verbeek, J. (2003). The global k-means clustering algorithm. *Pattern Recognition*, 36(2), 451-461. [https://doi.org/10.1016/s0031-3203\(02\)00060-2](https://doi.org/10.1016/s0031-3203(02)00060-2)
- Lindholm, A., Wahlstrom, N., Lindsten, F. & Schon, T. (2019), Supervised machine learning lecture notes for the statistical machine learning course, Technical report, Uppsala University
- Liu B., Sentiment Analysis and Opinion Mining. (2012). University of Illinois
- Löf H., H. A. (2002). Knowledge capital and performance heterogeneity: A firm-level innovation study. *International Journal of Production Economics*.
- Lopez, R. (2015). Powered by Pelican Machine Learning con Python [Blog] Retrieved from: <https://relopezbriega.github.io/blog/2015/10/10/machine-learning-conpython/>
- Manrique, Esperanza; et al. (2020), “Machine Learning: análisis de lenguajes de programación y herramientas para desarrollo”. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*

[en línea], pp. 586-599. [Consulta: 03 de Octubre 2022]. Disponible en: <https://www.proquest.com/openview/c7e24c997199215aa26a39107dd2fe98/1?pqorigsite=gscholar&cbl=1006393>

Marín, A. (2017). Tesis de maestría - Diseño de un sistema detector de movimientos usando técnicas de visión artificial 3D para la interacción de personas con movilidad reducida con el computador. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Martens D., Fawcett T., and Baesens B. (2011). Editorial Survey: Swarm Intelligence for Data Mining. *Machine Learning*, 82(1):1-42.

Mayer-Schönberger, V. y K. C. (2013). *Big Data: A Revolution that Will Transform how We Live, Work, and Think*. In John Murray Publisher.

Mayr A, Binder H, Gefeller O, Schmid M. The evolution of boosting algorithms. From machine learning to statistical modelling. *Methods Inf Med*. 2014;53(6):419-27. doi: 10.3414/ME13-01-0122. Epub 2014 Aug 12. PMID: 25112367.

Ministerio de Salud y Protección Social. Análisis de Situación de Salud, Colombia, 2021. Disponible en <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/analisis-situacion-salud-colombia-2021.pdf>

Ministerio de Salud y Protección Social, & UNFPA, F. de P. de las N. U.-. (2016). Metodología para el monitoreo y evaluación de los Planes Territoriales de Salud. Medición del desempeño de la gestión integral en salud en las entidades territoriales. Plan Decenal de Salud Pública. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/metodologia-monitoreo-eval-pts.pdf>

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia. (2019). CONPES 3975 - Política Nacional Para La Transformación Digital e Inteligencia Artificial. Consejo Nacional de Política Económica y Social - República de Colombia, 115. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Economicos/3975.pdf%0Ahttps://www.cancilleria.gov.co/documento-conpes-estrategia-atencion-migracion-venezuela>

Molina-Castillo, F.J. y Munera-Aleman, J. L. (2009a). New Product Performance Indicators: Time Horizon and Importance Attributed by Managers. *Technovation*, Vol. 29, N, 714–724.

Molina-Castillo, F.J. y Munera-Aleman, J. L. (2009b). The Joint Impact of Quality and Innovativeness on Short-Term New Product Performance. *Industrial Marketing Management*, Vol. 38, N, 984-993.

Molina-Morales, F., Teresa Martínez-Fernández, M., & Torlò, V. J. (2011). The Dark Side of Trust: The Benefits, Costs and Optimal Levels of Trust for Innovation Performance. *Long Range Planning*, 44(2), 118–133. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2011.01.001>

- Montgomery, J. M., Hollenbach, F. M., & Ward, M. D. (2012). Improving Predictions Using Ensemble Bayesian Model Averaging. *Political Analysis*, 20(3), 271–291. <http://www.jstor.org/stable/23260318>
- Moore, G.C.; Benbasat, I. (1991) Development of an Instrument to Measure the Perceptions of Adopting an Information Technology Innovation. *Information Systems Research*, n.2 (3), p.192-222.
- Moore, G.C.; Benbasat, I. (1996) Integrating Diffusion of Innovations and Theory of Reasoned Action Models to Predict Utilization of Information Technology by End-Users. En: K. KAUTZ; PRIES-HEJE (eds.). *Diffusion and Adoption of Information Systems* London: Chapman & Hall, p. 132-146.
- Morakanyane, R., Grace, A., O'Reilly, P., 2017. Conceptualizing digital transformation in business organizations: A systematic review of literature, en: BLED 2017. Association for Information Systems Electronic Library, AISel, pp. 427-444. <https://doi.org/10.18690/978-961-286-043-1.30>
- Morgenstern, J. D., Rosella, L. C., Daley, M. J., Goel, V., Schünemann, H. J., & Piggott, T. (2021). “AI’s gonna have an impact on everything in society, so it has to have an impact on public health”: a fundamental qualitative descriptive study of the implications of artificial intelligence for public health. *BMC Public Health*. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-10030-x>
- Mueller, J., & Massaron, L. (2016). *Machine learning for dummies*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Muñiz, J., Fidalgo, A. M., García-Cueto, E., Martínez, R., y Moreno, R. (2005). *Análisis de los ítems*. Madrid: La Muralla.
- Muñoz, N., & Romero, J. (2021). Optimización de los hiperparámetros de una máquina de regresión de soporte vectorial utilizando enjambre de partículas para el pronóstico de casos de COVID-19. *Revista UIS ingenierías*, vol. 20, núm. 2., pp. 181-196.
- Muñoz, r. (2014). *Sistema de visión artificial para la detección y lectura de matrículas*. Valladolid : universidad de Valladolid - escuela de ingenierías industriales.
- Neill, D. B. (2012). New directions in artificial intelligence for public health surveillance. *IEEE Intelligent Systems*, 27(1), 56–59. <https://doi.org/10.1109/MIS.2012.18>.
- Ngereja, B., Hussein, B., Hafsel, K. H. J., & Wolff, C. (2020). A Retrospective Analysis of the Role of Soft Factors in Digitalization Projects: Based on a Case Study in a Public Health Organization in Trondheim-Norway. 2020 IEEE European Technology and Engineering Management Summit, E-TEMS 2020. <https://doi.org/10.1109/E-TEMS46250.2020.9111790>.
- OCDE. (2019a). *Colombia, Visión General*. 7. <http://www.oecd.org/economy/colombia-economic-snapshot/>

OCDE. (2019b). Panorama de la Salud 2019: OCDE indicadores.

Odone, A., Buttigieg, S., Ricciardi, W., Azzopardi-Muscat, N., & Staines, A. (2019). Public health digitalization in Europe. *European Journal of Public Health*, 29, 28–35. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckz161>.

OECD/Eurostat. (2018). Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation. In *The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities*.

OMS. (2021). IS4H Conference From the evolution of Information Systems for Health to the Digital Transformation of the Health Sector. *Digital Transformation of the Health Sector*, 1–7.

OMS. (2019). 57vo. CONSEJO DIRECTIVO. 71.a sesión del comité regional de la oms para las Américas.

OMS. (2020). Decisiones de la 73.^a Asamblea Mundial de la Salud. Decisiones de la 73.^a Asamblea Mundial de la Salud. Obtenido de <https://www.who.int/es/news/item/07-08-2020-73rd-world-health-assembly-decisions>

Oviedo Carrascal, E. A., Oviedo Carrascal, A. I., & Vélez Saldarriaga, G. L. (2015). Minería de datos: Aportes y tendencias en el servicio de salud de ciudades inteligentes. *Revista Politécnica*, 11(20), 111-120. Recuperado a partir de <https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/494>

Palos-Sanchez, Pedro, Reyes-Menendez, Ana, & Saura, Jose Ramon. (2019). Modelos de Adopción de Tecnologías de la Información y Cloud Computing en las Organizaciones. *Información tecnológica*, 30(3), 3-12. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000300003>

Pan American Health Organization. (2021). From the evolution of Information Systems for Health to the Digital Transformation of the Health Sector. *Is4H Conference Report*.

Paschal A.M., Oler-Manske J., Kroupa K., S. E. (2008). Using a community-based participatory research approach to improve the performance capacity of local health departments: The Kansas immunization technology project. *Journal of Community Health*.

Pastorino, R., De Vito, C., Migliara, G., Glocker, K., Binenbaum, I., Ricciardi, W., & Boccia, S. (2019). Benefits and challenges of Big Data in healthcare: An overview of the European initiatives. *European Journal of Public Health*, 29, 23–27. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckz168>

Perkins J. (2014). *Python 3 text processing with NLTK 3 cookbook*. Packt Publishing Ltd. © Copyright 2013, Francisco J. Romero-Campero. © Copyright 2013,.

Philip Chen, C. L., & Zhang, C. Y. (2014). Data-intensive applications, challenges, techniques and technologies: A survey on Big Data. *Information Sciences*, 275, 314–347.

<https://doi.org/10.1016/j.ins.2014.01.015>

- Póliche, M. V., Ahumada, H. C., Rivas, D. A., Quinteros, O. E., Gallardo, C. E., Contreras, N. A., Favore, J. (2020). Agente conversacional inteligente como herramienta de ayuda al proceso de atención al aspirante de las carreras de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas (FTyCA) de la Universidad Nacional de Catamarca (UNCa). Evento: XXII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2020, El Calafate, Santa Cruz). La Plata, Argentina.
- Prajogo, D.I. y Ahmed, P. K. (2006). Relationships between Innovation Stimulus, Innovation Capacity, and Innovation Performance. *R&D Management*, Vol. 36, N, 499–515.
- Rahmad Syah, S. W. (2021). Design of Ensemble Classifier Model Based on MLP Neural Network For Breast Cancer Diagnosis. *The IberoAmerican Society of Artificial Intelligence (IBERAMIA)*.
- Ravì D. et al., "Deep Learning for Health Informatics," in *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, vol. 21, no. 1, pp. 4-21, Jan. 2017, doi: 10.1109/JBHI.2016.2636665.
- Rodríguez O. (2010) Metodología para el Desarrollo de Proyectos en Minería de Datos CRISP-DM.
- R.L. Cobeñas, M. de Vedia, J. Florez et al., (2022). Rendimiento diagnóstico de algoritmos de inteligencia artificial para detección de compromiso pulmonar por COVID-19 basados en radiografía portátil, *Med Clin (Barc)*., <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2022.04.016>
- Rogers, E.M. (1962). *Diffusion of innovations*. New York: Free Press.
- Rojas, E. (2018). Glosario de los seis términos básicos del Machine Learning, Retrieved from: <https://www.muycomputerpro.com/2018/02/07/glosario-terminosbasicos-machine-learning>.
- Rojas, E. M. (2020). Machine Learning: análisis de lenguajes de programación y herramientas para desarrollo. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 586–599. <https://search.proquest.com/openview/c7e24c997199215aa26a39107dd2fe98/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>
- Roldán Salgueiro, J. L., Cepeda-Carrión, G., & Galán González, J. L. (2012). Los sistemas de inteligencia de negocio como soporte a los procesos de toma de decisiones en las organizaciones. October 2016.
- Ros, F. E. (2011). *Combinación de sistemas mediante aprendizaje automatico en tareas de procesamiento de lenguaje natural*. Sevilla, España: Tesis doctoral, Universidad de Sevilla .
- Sanabria, John & Archila, John. (2011). *Detección y análisis de movimiento usando visión artificial*. Scientia et technica.
- Sapta, I., Landra, N., Wayan Gede Supartha, I., Asih, D., & Setini, M. (2020). *Public Health*

welfare in Digital-based Resources Transformation from Social Capital and Information Sharing: Creative Industries from Village. *Systematic Reviews in Pharmacy*, 11(6), 688–696. <https://doi.org/10.31838/srp.2020.6.102>

Schwalbe, N., & Wahl, B. (2020). Artificial intelligence and the future of global health. *The Lancet*, 395(10236), 1579–1586. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30226-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30226-9)

Sexton, R. J., Shogren, J. F., Cho, S., Koo, C., List, J., Park, C., Polo, P., Wilhelmi, R., Johnston, R. J., Boyle, K. J., Vic Adamowicz, W., Bennett, J., Brouwer, R., Ann Cameron, T., Michael Hanemann, W., Hanley, N., Ryan, M., Scarpa, R., Tourangeau, R., Katsumata, S. (2018). Desempeño innovador: Antecedentes y efectos mediadores de la capacidad emocional en empresas de media y baja tecnología (Issue 4).

Sonia, I. (2019). Proyectos tecnológicos y desempeño innovador de las regiones colombianas. *Revista Venezolana de Gerencia*, 127–143. <https://doi.org/10.37960/revista.v24i2.31501>

Souitaris, V. (2002). Firm-specific Competencies Determining Technological Innovation: A Survey in Greece. *R&D Management*, Vol. 32, N, 61–77.

Srholec. (2014). Cooperation and Innovative Performance of Firms: Panel Data Evidence from the Czech Republic, Norway and the UK. *Journal of the Knowledge Economy*.

Sundararaman A., Pargunaranjan S., R. S. V. (2016). Performance Improvements to a Large Scale Public Health Data and Analytics Platform: A Technical Perspective. *Advances in Intelligent Systems and Computing*.

Thiébaud, R., & Cossin, S. (2019). Artificial Intelligence for Surveillance in Public Health. *Yearbook of Medical Informatics*, 28(1), 232–234. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1677939>

Thiébaud, R., & Thiessard, F. (2017). Artificial Intelligence in Public Health and Epidemiology. *Yearbook of Medical Informatics*, 19(4), 191–192.

Tornatzky, L. y M. Fleischer. (1990) *The Process of Technology Innovation*. Lexington, MA, Lexington Books

Tomé, R. A., Urgal, B., & Quintás, M. A. (2013). Propuesta de medida del desempeño innovador: Aplicación en las empresas innovadoras españolas. *Cuadernos de Gestion*, 13(1), 41–68. <https://doi.org/10.5295/cdg.100267ra>

Urgal, B., Quintás, M. Á., & Tomé, R. A. (2011). Conocimiento tecnológico, capacidad de innovación y desempeño innovador: El rol moderador del ambiente interno de la empresa. *Cuadernos de Economía y Dirección de La Empresa*, 14(1), 52–66. <https://doi.org/10.1016/j.cede.2011.01.004>

Valle-Cruz D., Sandoval-Almazan R., Ruvalcaba-Gomez E.A., I. C. J. (2019). A review of artificial intelligence in government and its potential from a public policy perspective. *ACM International Conference Proceeding Series*.

- Van der Aalst, W. M. P. (2014). Data scientist: The engineer of the future. *Proceedings of the I-ESA Conferences*, 7(January), 13–26. https://doi.org/10.1007/978-3-319-04948-9_2
- Van Engelen, J.E., Hoos, H.H. (2020) A survey on semi-supervised learning. *Mach Learn* 109, 373–440. <https://doi.org/10.1007/s10994-019-05855-6>
- Vázquez-de Anda, Gilberto F.. (2022). Telemedicina, un nuevo frente en la pandemia por COVID-19. *Gaceta médica de México*, 158(1), 1-3. Epub 25 de abril de 2022. <https://doi.org/10.24875/gmm.21000740>
- Velasco, G. d. (2014). Modelo basado en técnicas de procesamiento de lenguaje natural para extraer y anotar información de publicaciones científicas. Madrid: Universidad politecnica de Madrid.
- Velez Herrera, J. I. (2009). Tesis de maestria, Uso de algoritmo secuencial de colonia de hormigas y diferenciación evolutiva para optimización de la distribución de materiales en almacén. Monterrey: Instituto tecnologico y de estudios superiores de Monterrey.
- Venkatesh, V. y F.D. Davis, (2000). A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies, *Management Science*, 46, 2, 186-204
- Venkatesh, V. , M. Morris, G.B. Davis y F.D. Davis, (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425-478
- Venkatesh, V, & Bala, H, (2008). Technology Acceptance Model 3 and a research Agenda on Interventions. *Decision Sciences*, 39(2), 273-315.
- Venkatesh, V., J. Thong y X. Xu, (2012). Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology. *MIS Quarterly* (36:1), 157-178
- Viberg, D., & Eslami, M. H. (2020). The effect of machine learning on knowledge-intensive R&D in the technology industry. *Technology Innovation Management Review*, 10(3), 87–97. <https://doi.org/10.22215/timreview/1340>
- Vicepresidencia de transformación digital. (2019). Informe de la encuesta de transformación digital 2019. Colombia.
- Wiemken, T. L., & Kelley, R. R. (2019). Machine learning in epidemiology and health outcomes research. *Annual Review of Public Health*, 41, 21–36. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-040119-094437>
- Williams C., Asi Y., Raffenaud A., Bagwell M., Z. I. (2016). The effect of information technology on hospital performance. *Health Care Management Science*.
- Yaneisis, I., Quesada, A., Daymi, I., Pérez, W., & Suárez, A. R. (2008). Minería de Datos

aplicada a la Gestión Hospitalaria. 14 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura, Md, 1–12.

Zhang Z., Wu H., Zhang X., Z. G. (2009). A study of the relationship between R&D capability and innovation performance based on high-tech firms in optics valley of China. IE and EM 2009 - Proceedings 2009 IEEE 16th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management.

11. ANEXOS

ANEXOS TESIS DOCTORAL: TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN PROGRAMAS DE SALUD PÚBLICA BASADA EN LA ADOPCIÓN DE TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y LA MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO INNOVADOR

| | |
|--|-----|
| <u>ANEXO I. LINEAMIENTOS DE “PREFERRED REPORTING ITEMS FOR SYSTEMATIC REVIEWS AND META-ANALYSES (PRISMA)”</u> | 199 |
| <u>ANEXO II. INSTRUMENTO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN EL SECTOR SALUD.</u> | 202 |
| <u>ANEXO III. INSTRUMENTO PARA EL MÉTODO DE ADOPCIÓN DE TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL, QUE APORTA A LA FASE DOS DE LA METODOLOGÍA DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL.</u> | 214 |
| <u>ANEXO IV. ESTRUCTURA DE LAS BASES DE DATOS PARA LA DEMOSTRACIÓN CON LOS ALGORITMOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL</u> | 226 |
| <u>ANEXO V. INSTRUMENTO PARA LA DEFINICIÓN DE PARÁMETROS PARA LA INCLUSIÓN DE VARIABLES Y EL CÁLCULO DEL DESEMPEÑO INNOVADOR, A PARTIR DEL APORTE DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN SALUD PÚBLICA</u> | 234 |
| <u>ANEXO VI. INSTRUMENTO GUÍA PARA ENTREVISTA CON PREGUNTAS ABIERTAS QUE APORTEN AL ANÁLISIS CUALITATIVO PARA EL APORTE DE LA METODOLOGÍA IADI AL CUMPLIMIENTO DE LAS METAS DE LOS INDICADORES DE SALUD PÚBLICA.</u> | 237 |

ANEXO I. LINEAMIENTOS DE “PREFERRED REPORTING ITEMS FOR SYSTEMATIC REVIEWS AND META-ANALYSES (PRISMA)”

A continuación, se describe brevemente los lineamientos de “Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)” para la construcción del estado del arte. Criterios de admisibilidad:

Criterios de inclusión: Se incluyeron los artículos relacionados a la inteligencia artificial, transformación digital, desempeño innovador sistemas de información en salud pública, Transformación digital, inteligencia artificial en salud pública, desempeño innovador y transformación digital. No se encontraron estudios de desempeño innovador en salud pública.

Criterios de exclusión: Se excluyeron estudios relacionados con otras áreas de estudio de los sistemas de información diferentes al sector salud, la ciencia de datos, el bigdata, la transformación digital en otros sectores que no son extrapolables al sector salud, métricas de desempeño innovador que no aportaran al sector salud como se describe en el estado del arte.

Se agruparon los estudios de la siguiente forma:

- Transformación digital y la inteligencia artificial
- Salud pública e inteligencia artificial
- Transformación digital, inteligencia artificial y salud pública
- Transformación digital y el desempeño innovador
- Sistemas de información y el desempeño innovador
- Salud pública y desempeño innovador (No arrojó ningún resultado)

Fuentes de información de la búsqueda para la revisión sistemática

Las principales fuentes de información fueron scopus, science direct, Departamento Administrativo Nacional de estadísticas DANE, Revista de la OMS/OPS.

Estrategias de búsqueda para la revisión sistemática

Se generaron algoritmos de búsqueda presentados en la selección de resultados

Español

- Inteligencia Artificial
- Inteligencia artificial en el sector salud
- Inteligencia artificial en salud pública
- Transformación digital

-
- Desempeño innovador
 - Transformación digital en salud pública
 - Transformación digital y la inteligencia artificial
 - Desempeño innovador y la transformación digital

Ingles

- Artificial Intelligence
- Artificial intelligence in the health sector
- Artificial intelligence in public health
- Digital Transformation
- Innovative performance
- Digital transformation in public health
- Digital transformation and artificial intelligence
- Innovative performance and Digital Transformation

Proceso de selección

Se seleccionaron los estudios relevantes para la inclusión en la investigación, se construyó una base de datos en Excel, donde se registraron los abstract, los títulos, autores, las fechas de publicación entre otras variables y se clasificaron para la inclusión en el estudio.

Proceso de recopilación de datos

La recopilación se realizó a través de los buscadores scopus, Departamento Administrativo Nacional de estadísticas DANE, Revista de la OMS/OPS y Science direct, la revisión se realizó por el investigador principal.

Métodos de síntesis

Se realizó una revisión individual de los artículos encontrados en la búsqueda generada por los algoritmos expuestos, se generó la clasificación y una síntesis de los resultados y aportes encontrados individualmente, teniendo en cuenta puntos comunes en las variables estudiadas

Evaluación del sesgo de notificación

Se realizaron búsquedas con diferentes algoritmos en español e inglés para evitar la pérdida o sesgo de información que pudiera aportar a la construcción de la revisión sistemática de las variables incluidas en el estudio

Evaluación de la certeza

Para evaluar la certeza se tuvo en cuenta la magnitud de efecto de los estudios y los posibles efectos de los potenciales factores de confusión de los estudios

Selección de estudios

A continuación, se presentan los resultados del proceso de búsqueda y selección de artículos.

Tabla 1. Resultado del proceso de búsqueda y selección se artículos para la revisión sistemática

| Algoritmo aplicado | artículos iniciales encontrados | Potencialmente relevantes | Seleccionados |
|---|---------------------------------------|------------------------------|---------------|
| Inteligencia Artificial | 586 | 35 | 15 |
| artificial intelligence | 418362 | 40 | 12 |
| inteligencia artificial en el sector salud | 0 | 0 | 0 |
| artificial intelligence in the health sector | 6 | 6 | 5 |
| inteligencia artificial en salud pública | 0 | 0 | 0 |
| artificial intelligence in public health | 13 | 12 | 12 |
| Desempeño innovador | 22 | 22 | 20 |
| innovative performance | 1433 | 56 | 40 |
| Transformación digital | 117 | 20 | 18 |
| digital transformation | 15196 | 60 | 25 |
| Transformación digital en salud pública | 2 | 2 | 2 |
| Digital transformation in public health | 2 | 2 | 2 |
| Transformación digital y la inteligencia artificial | 0 | 0 | 0 |
| Digital transformation and artificial intelligence | 10 | 8 | 6 |
| Desempeño innovador y la transformación digital | 0 | 0 | 0 |

Las características de los estudios seleccionados se presentan en las tablas resúmenes relacionadas en la síntesis del estado del arte.

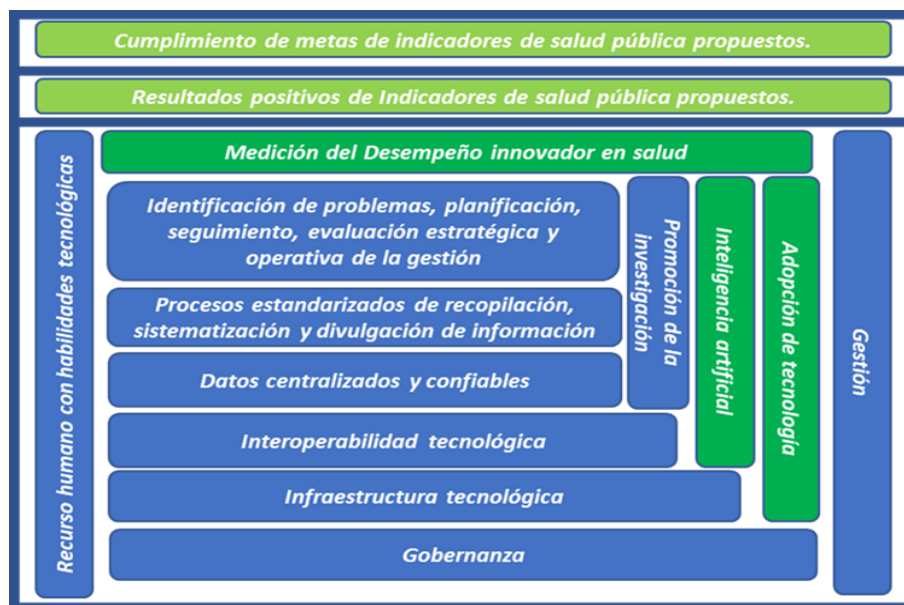
ANEXO II. INSTRUMENTO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN EL SECTOR SALUD.

Fase 1. Instrumento para la caracterización de la transformación digital en el sector salud.

Introducción

La UPB se está realizando un estudio en el marco del doctorado de gestión de la tecnología y la innovación, con el fin de caracterizar la transformación digital (TD) e identificar el nivel de avance en todos sus procesos, teniendo en cuenta el desarrollo o implementación de la inteligencia artificial (IA) como tecnología emergente que aporta a la toma de decisiones en salud pública.

La transformación digital es un proceso evolutivo que aprovecha las capacidades digitales y tecnologías para permitir que los modelos de negocio, los procesos operativos y las experiencias del cliente creen valor. Teniendo en cuenta la propuesta de transformación digital de la OMS, se plantea el siguiente esquema para el abordaje de la transformación digital en salud pública.



Fuente: Elaboración propia - Adaptación propuesta de transformación digital OMS

El objetivo de la aplicación del instrumento es medir el nivel de avance de la transformación digital en los programas de salud pública y se aplicará a través de una entrevista dirigida a programas de salud pública y debe ser contestada por un grupo interdisciplinario de

profesionales de sistemas de información, salud pública, epidemiólogos y tomadores de decisiones como el coordinador de los programas de salud pública.

Para la comprensión de los temas tratados en el instrumento, se realizará una presentación con los principales conceptos que contienen la encuesta.

El resultado esperado de la caracterización es medir el nivel de avance de la transformación digital en los programas de salud pública, por lo cual se clasifica en los siguientes niveles:

- **Nivel TD-0** - No se tiene previsto un plan de implementación para la transformación digital con recursos asignados en los próximos 3 años.
- **Nivel TD-1** - Se tiene definido un plan de implementación con recursos asignados en los próximos 3 años en tres de los procesos de transformación digital pero no contempla IA.
- **Nivel TD-2** - Se tiene definido un plan de implementación con recursos asignados en los próximos 3 años en cuatro o cinco de los procesos de transformación digital pero no contempla IA.
- **Nivel TD-3** - Se tiene definido un plan de implementación con recursos asignados en los próximos 3 años en seis o más de los procesos de transformación digital, tienen un software en línea que permite el registro de los casos del programa de salud pública y no contempla IA.
- **Nivel TD-4** - Se tiene definido un plan de implementación con recursos asignados en los próximos 3 años en el proceso de transformación digital que contempla un software en línea que permite el registro de los casos del programa de salud pública y utiliza la inteligencia artificial. Dentro de las ramas de la inteligencia artificial que pueden tener implementados los programas de salud pública son la aplicación en aprendizaje de máquinas, el procesamiento de lenguaje natural, la visión artificial y la robótica.

Instrumento para la caracterización de la Transformación Digital

País: _____ Ciudad: _____

Nombre y cargo de personas que participan en el estudio: _____

_____ Teléfono: _____

Correo Electrónico: _____

Fecha de aplicación: dd/mm/aaaa __/__/____

Nivel del programa de salud pública:

Internacional __ Nacional__ Departamental __ Municipal__ Otro cuál: __

Nombre del programa de salud pública _____

1. ¿Tiene una estrategia de Transformación Digital (TD) para salud pública?

Si No

1.1 Si la respuesta del punto 1 es NO; ¿se tiene contemplado una estrategia de TD para salud pública para los próximos 3 años?

Si No

1.2 Si la respuesta del punto 1 es SI, describa brevemente la estrategia de transformación digital que tiene o se contempla adelantar en los próximos 3 años incluyendo los procesos de transformación digital a ser intervenidos.

1.3 ¿Cuáles considera que son las principales barreras y desafíos para lograr la transformación digital en salud pública en los próximos 3 años?

Presupuesto La cultura El desconocimiento La falta de liderazgo

La falta de capital humano Otras barreras y desafíos _____

1.4 ¿Porque cree usted que la transformación digital es importante dentro del desarrollo de los programas de salud pública? _____

1.5 ¿Cuánto considera usted que ha avanzado en la transformación digital en el programa de salud pública?

Mucho Medianamente Poco Muy poco Nada

1.6 ¿Tiene recursos financieros para el fortalecimiento de la transformación Digital?

Si se tienen, pero son insuficientes No se tienen Si y son suficientes

Teniendo en cuenta los procesos de la transformación digital:

2.1 La Gobernanza (Definida como la formulación o establecimiento de normas y estándares para el desarrollo y adopción de aplicaciones informáticas, el fortalecimiento institucional, formulación de políticas de los sistemas de información el monitoreo de las actividades para evaluar el desarrollo, implementación y el impacto de políticas de gobierno digital)

2.1.1 ¿Se tiene un proceso de gobernanza para los sistemas de información en salud pública?

Si No

2.1.2 ¿El sistema de información de salud pública se encuentra enmarcado en una política de gobierno digital?

Si No

2.1.3 ¿Se tiene establecido la adopción de normas y procedimientos para implementar los sistemas de información de salud pública?

Si No

2.1.4 ¿Se tienen estándares establecidos para la adopción de los sistemas de información de salud pública?

Si No

2.1.5 ¿Se ha evaluado el desarrollo, la implementación y el impacto de las políticas de gobierno digital en el aporte que se brinda al cumplimiento de las metas de los indicadores de los programas de salud pública?

Si No

2.1.6 Si se ha evaluado, ¿qué resultados arroja la evaluación de las políticas de gobierno digital en el desarrollo, la implementación y el impacto en el cumplimiento de las metas en los indicadores de los programas de salud pública _____

2.2 Infraestructura tecnológica (Identificar y abordar las necesidades de los establecimientos de salud en infraestructura tecnológica, conectividad universal y la interoperabilidad para el acceso abierto y oportuno a los datos desagregados y la integración de los sistemas nacionales y locales de salud para las intervenciones en salud pública es una prioridad):

¿Tiene un proceso para fortalecer la infraestructura y desarrollo tecnológico en los programas de salud pública? Si No

2.2.1 Recursos tecnológicos

Indicar la cobertura de internet y de establecimientos con computadores y el número de servidores y de dispositivos móviles que cuentan los programas de salud Pública, si no tiene conocimiento de estos datos, llenar el recuadro “lo desconoce”

- 2.2.1.1 Cobertura de conectividad a internet en los programas de salud pública
- 2.2.1.2 Cobertura de establecimientos de salud con computadores para el registro y reporte de los datos en línea
- 2.2.1.3 Número de servidores para el almacenamiento masivo de los datos de salud pública
- 2.2.1.4 Número de dispositivos móviles (tabletas o celulares) para el registro de información de los programas de salud pública o para supervisión de tratamientos en línea
- 2.2.1.5 Otros dispositivos que aportan a la infraestructura tecnológica de los programas de salud pública

2.2.2 Desarrollo tecnológico

2.2.2.1 Se tiene una página web donde se dispone información de los resultados y metas de los indicadores de salud pública. Si No

2.2.2.2 Se dispone de un software en línea para el registro de los datos del programa de salud pública
Si No Cuál _____

2.2.2.3 Se dispone de un software (No en línea) para el registro de los datos del programa de salud pública
Si No Cuál _____

2.3 *Interoperabilidad tecnológica* (Definida como la capacidad de las organizaciones para intercambiar información y conocimiento en el marco de sus procesos de negocio para interactuar hacia objetivos mutuamente beneficiosos, con el propósito de facilitar la entrega de servicios digitales a ciudadanos, empresas y a otras entidades, mediante el intercambio de datos entre sus sistemas TIC)

2.3.1 ¿Se tiene establecida la interoperabilidad tecnológica entre los diferentes sistemas de información de los programas de salud pública?

Si No

La interoperabilidad se realiza a través de:

- a. Interfaces entre los sistemas de información.
- b. Cruces de información manuales.
- c. Cruces de información automatizados.
- d. Estándares establecidos para la interoperabilidad
- e. Otra - Describir cómo se lleva a cabo la interoperabilidad _____

2.3.2 Estándares de Mensajería o intercambio de datos

2.3.2.1 ¿Tiene estándares de mensajería o intercambio de datos?

Si No

- **HL7** (provee de un conjunto de estándares para intercambiar, integrar y recuperar la información electrónica de salud)
- **DICOM** (protocolo estándar de comunicación entre sistemas de información y a la vez un formato de almacenamiento de imágenes médicas)
- **FHIR** (parte del concepto fundamental de recursos que son representaciones de la unidad más pequeña que tiene sentido intercambiar como paciente, médico, problema de salud, observación)

Otro cual: _____

2.3.3 Estándares de terminología

2.3.3.1 ¿Tiene estándares de terminología?

Si No

SNOMED CT (sistemas de historia clínica electrónica, de prescripción electrónica, laboratorios, encuestas sanitarias, registros de enfermedades y otros, con el objetivo de capturar de manera precisa referencias a conceptos clínicos, los principales usos es el etiquetado de las entidades, la recuperación de los datos y los sistemas de soporte a la decisión)

CIE 10/CIE 11 (Clasificación y codificación de las enfermedades y una amplia variedad de signos, síntomas, hallazgos anormales, denuncias, circunstancias sociales y causas externas de daños y/o enfermedad)

LOINC (base de datos y estándar universal que facilita el intercambio electrónico y registro de resultados de laboratorio clínicos pruebas de laboratorio, observaciones clínicas, gestión de resultados e investigación)

Otro cual: _____

2.3.4 Estándares de documentos

2.3.4.1 ¿Tiene estándares de documentos?

Si No

CDA (Arquitectura de Documento Clínico: estándar que define la estructura de los documentos clínicos, que especifica la semántica para la comunicación e intercambio de estos, pueden incluir texto, imágenes y otros tipos de multimedia)

CCR (Continuidad del Registro del Cuidado: estándar para el Contenido de información y para soporte al núcleo de información de un paciente al momento de una transferencia)

CCD (Documento de Continuidad de la Atención: permite representar los datos de un CCR en un CDA XML)

2.4 ¿Se tienen datos centralizados, confiables y de buena calidad? (La buena calidad de los datos definida como la exactitud, completitud, integridad, actualización, coherencia, relevancia, accesibilidad y confiabilidad necesarias para resultar útiles) Si No

2.4.1 ¿Tienen servidores en la nube que permiten tener acceso a los datos actualizados y de manera permanente? Si No

2.4.2 ¿Tiene instrumentos para auditar los datos rutinariamente con el fin de mejorar la calidad de la información en los programas de salud pública? Si No

2.4.3 ¿Tiene procesos implementados para auditar la calidad de los datos de forma rutinaria? Si No

2.4.4 ¿Tiene indicadores de calidad de información para los datos del programa de salud pública? Si No

2.5 Tiene procesos estandarizados de:

2.5.1 Recopilación de datos Si No

A través de:

Formatos establecidos con protocolos e instructivos para el llenado

Bases de datos en Excel Formularios de entrevistas

Formularios para encuestas Muestreo

2.5.2 Sistematización de información Si No

La sistematización contempla:

Organización de datos Procesamiento para el análisis

Recategorización de las variables para el análisis de los datos

Inclusión de variables de otros sistemas de información para complementar las bases de datos

2.5.3 Divulgación de información Si No

La divulgación de información contempla:

Reportes sistematizados de información para la toma de decisiones

Boletines periódicos de información Infografías

Artículos científicos de los resultados de salud pública

Presentación de poster en congreso

Rendición de cuentas a través de presentación de resultados

2.5.4 Visualización de datos

A través de dashboard/Tablero de mando desarrollado en un portal web

Los dashboard/Tablero contienen:

Estadística descriptiva Estadística inferencial
Cuadros o tablas Gráficos Mapas
Resultado de indicadores propuestos

2.6 Con el análisis de la información de los programas de salud pública se permite

2.6.1 La identificación de problemas en el programa de salud pública

2.6.2 La planificación estratégica en el programa de salud pública

2.6.3 El seguimiento al resultado de los indicadores propuestos en salud pública

2.6.4 La evaluación estratégica de las intervenciones en salud pública

2.6.5 La evaluación operativa de la gestión del programa en salud pública

2.7 Promoción de la investigación

2.7.1 Con la información y el análisis de los datos, en el programa de salud pública se promueve y genera investigaciones o publicaciones.

Si No

2.7.2 Cuantas investigaciones se generan al año

2.7.3 Qué tipo de investigación se genera en el programa de salud pública

Descriptivo Analítico de cohorte

Analítico de casos y controles Experimentales

Cuasiexperimentales

2.8 Inteligencia Artificial

¿Se realiza rutinariamente análisis de información con modelos estadísticos predictivos o simulados para el análisis de los datos en salud pública? Si No

Cuales modelos estadísticos utiliza para el análisis de los datos en salud pública y con qué frecuencia

2.8.1 ¿Se utiliza la inteligencia artificial para el análisis de los datos del programa de salud pública?

Si No

2.8.2 Que algoritmos utiliza

Aprendizaje de máquinas Lenguaje natural
Visión artificial Robótica

Teniendo en cuenta la respuesta 2.9.2, responder que algoritmos utiliza

2.8.2.1 Aprendizaje de maquinas

Algoritmos Supervisados

Regresión log. Y lineal Redes neuronales Naive Bayes
Arboles de decisión Random Forest

Algoritmos No supervisados

K-means Análisis de componentes Principales Apriori

Algoritmos semisupervisados

Self-training Co-training Label propagation

Aprendizaje Profundo

Redes convulsiónales Redes adversarias
Redes recurrentes Redes de creencia

Ensamblés

Bagging Boosting Stacking Bayesiano

Enjambres

Colonia de Hormigas Enjambre de partículas

2.8.2.2 Lenguaje Natural

Análisis de texto

Análisis de sentimientos Modelamiento de temas
Categorización de texto
Clustering de texto Extracción de información
Extracción de relaciones
Descubrimiento de entidades nombradas

Resumen de documentos

Análisis de voz

Reconocimiento de voz Dialogo de agentes

Análisis de sentimientos

2.8.2.3 Visión Artificial

Imágenes

Reconocimiento de patrones Control de procesos

Detección de texto

Videos

Reconocimiento de movimiento Reconocimiento de interacciones

2.8.2.4 Robótica

Aplicabilidad de la robótica en la supervisión del tratamiento por un robot (drones) que emite señales de adherencia al tratamiento en lugares de difícil acceso

Plataformas tecnologías de pruebas diagnósticas interoperables con un sistema central de diagnóstico o seguimiento de pacientes.

Con que periodicidad se realiza el análisis con IA

No se realiza o no se ha aplicado Solo se aplicó una vez

Menos de 3 meses De tres meses a 1 año

De 1 a 3 años Mayor a 3 años

2.9 Adopción de tecnología

2.9.1 ¿Tiene procesos o estrategias implementadas para la adopción de tecnología, especialmente de la inteligencia artificial o análisis predictivo? Si No

Si la respuesta es Si, describa cuáles estrategias _____

2.9.2 Tiene recurso humano para la adopción de la Inteligencia Artificial en los siguientes algoritmos:

Aprendizaje de máquinas Lenguaje natural

Visión artificial Robótica

2.10 Desempeño innovador

Teniendo en cuenta que, según la OCDE, el desempeño innovador se define como el desarrollo de nuevos y mejorados productos de forma permanente y sistemático, lo cual implica un incremento en las capacidades de innovación,

¿Es importante medir el desempeño innovador en salud pública? Si No

¿Porque es importante medir el desempeño innovador en salud pública? _____

¿Considera que los programas de salud pública tienen un buen desempeño innovador?

Si No

¿Porque considera que los programas de salud pública tienen un buen desempeño innovador?

¿Considera que un buen desempeño innovador puede impactar positivamente el resultado de los indicadores de salud pública? Si No

¿La transformación digital en todos sus componentes aporta al desempeño innovador en salud pública?

Si No

2.11 Medición de indicadores y cumplimiento de metas en salud pública

Cree usted que la transformación digital (en todos sus componentes) en salud pública aporta a la toma de decisiones y por ende al cumplimiento de metas en los indicadores del programa de salud pública

Si No

En sus propias palabras, cómo puedes describir el impacto de la transformación digital en los procesos de salud pública _____

2.12 Recurso humano con habilidades tecnológicas para impulsar la innovación:

| <i>De las siguientes tecnologías emergentes:</i> | <i>Conoce la tecnología</i> | <i>Conoce los beneficios</i> | <i>La Utiliza</i> | <i>Tiene RRHH capacitado</i> | <i>Se contempla un plan de capacitación</i> | <i>Si no la utiliza, la utilizaría</i> |
|--|-----------------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|---|--|
| Cloud computing | | | | | | |
| Analítica de datos | | | | | | |
| Big data | | | | | | |
| IoT, Sensores | | | | | | |
| Drones | | | | | | |
| Robótica y automatización | | | | | | |

| | | | | | | |
|----------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Inteligencia Artificial Aplicada | | | | | | |
| Business intelligence | | | | | | |

Nivel de avance de la transformación digital en salud

Como resultado de la aplicación del instrumento de caracterización, se clasifica el nivel de avance de la transformación digital en el programa de salud pública de la siguiente manera:

- **Nivel TD-0** - No se tiene previsto un plan de implementación para la transformación digital con recursos asignados en los próximos 3 años.
- **Nivel TD-1** - Se tiene definido un plan de implementación con recursos asignados en los próximos 3 años en tres de los procesos de transformación digital pero no contempla IA.
- **Nivel TD-2** - Se tiene definido un plan de implementación con recursos asignados en los próximos 3 años en cuatro o cinco de los procesos de transformación digital pero no contempla IA.
- **Nivel TD-3** - Se tiene definido un plan de implementación con recursos asignados en los próximos 3 años en seis o más de los procesos de transformación digital, tienen un software en línea que permite el registro de los casos del programa de salud pública y no contempla IA.
- **Nivel TD-4** - Se tiene definido un plan de implementación con recursos asignados en los próximos 3 años en el proceso de transformación digital que contempla un software en línea que permite el registro de los casos del programa de salud pública y utiliza la inteligencia artificial. Dentro de las ramas de la inteligencia artificial que pueden tener implementados los programas de salud pública son la aplicación en aprendizaje de máquinas, el procesamiento de lenguaje natural, la visión artificial y la robótica.

ANEXO III. INSTRUMENTO PARA EL MÉTODO DE ADOPCIÓN DE TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL, QUE APORTA A LA FASE DOS DE LA METODOLOGÍA DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL.

Fase 2. Instrumento para el método de adopción de técnicas de inteligencia artificial, que aporta a la fase dos de la metodología de transformación digital.

El objetivo de la aplicación de este instrumento es analizar en qué nivel de adopción se encuentra la inteligencia artificial (IA) en los programas de salud pública.

En esta fase se incluye un instrumento que aporta al análisis del nivel de adopción de técnicas de inteligencia artificial en programas de salud pública. Para esta fase se tiene en cuenta el resultado de la caracterización de la transformación digital y se clasifican los niveles de adopción de la inteligencia artificial de la siguiente manera:

- **Nivel AIA-0** - No tiene bases de datos, no tiene recurso humano con capacidades de IA y no tiene ninguno de los algoritmos de IA implementado.
- **Nivel AIA-1** - Tiene bases de datos, recurso humano con capacidades o con facilidad para la adopción de IA.
- **Nivel AIA-2** - Tiene bases de datos, recurso humano con capacidades o con facilidad para la adopción de IA, y ha implementado al menos un algoritmo de inteligencia artificial.
- **Nivel AIA-3** - Tiene bases de datos, recurso humano con capacidades o con facilidad para la adopción de IA, ha implementado al menos un algoritmo de aprendizaje de máquinas, al menos un algoritmo de procesamiento de lenguaje natural y un algoritmo de visión artificial.
- **Nivel AIA-4** - Tiene bases de datos, recurso humano con capacidades de IA y ha implementado al menos un algoritmo de aprendizaje de máquinas, al menos un algoritmo de procesamiento de lenguaje natural, un algoritmo de visión artificial, un proceso con robótica y ha generado nuevos procesos, nuevas estrategias, los resultados aportan al cumplimiento de metas, es sostenible y ha generado publicaciones a partir de los resultados de la inteligencia artificial.

Capacidades de IA – (fácil capacidad de adopción, recurso humano disponible para el análisis de los datos con inteligencia artificial, recurso humano generando nuevas ideas a partir de los resultados de la IA)

Fácil capacidad de adopción – (recurso humano del programa de salud pública que conozca los beneficios de la IA, recurso humano está capacitado y comprometido en el aprendizaje de la inteligencia artificial para ser aplicada a salud pública, recurso humano con habilidades para asimilar o aprender nuevas tecnologías, en este caso la aplicación de la IA, el nivel de esfuerzo para asimilar o aprender la inteligencia artificial es bajo).

Parte 1 del instrumento para el método de adopción de técnicas de inteligencia artificial.

P1- Identificar el conocimiento y los beneficios de la transformación digital con la aplicación de la inteligencia artificial en salud pública.

1. Conoce cuáles son los beneficios de la inteligencia artificial en salud pública

Si No

En esta parte del instrumento se analiza con el equipo interdisciplinario los beneficios y la utilización de las tecnologías emergentes en salud pública

| <i>Tecnologías emergentes</i> | <i>Beneficios</i> | <i>Utilización</i> |
|--|-------------------|--------------------|
| <i>Inteligencia Artificial Aplicada</i> | | |
| <i>Aprendizaje de maquinas</i> | | |
| <i>Procesamiento de lenguaje natural</i> | | |
| <i>Visión artificial</i> | | |
| <i>Robótica</i> | | |
| <i>Business intelligence</i> | | |

P2- Aptitudes para asimilar o aprender la inteligencia artificial

3.1 Habilidades y comprensión

3.1.1 El recurso humano está capacitado y comprometido en el aprendizaje de la inteligencia artificial para ser aplicada a salud pública.

3.1.2 El recurso humano tiene habilidades para asimilar o aprender nuevas tecnologías, en este caso la aplicación de la IA en los programas de salud pública

Si se tiene la habilidad para asimilar o aprender

No se tiene la habilidad para asimilar o aprender

Si se tiene la habilidad para asimilar o aprender, pero no se aplica con la información de salud pública

Si se tiene la habilidad para asimilar o aprender, pero no es relevante para los programas de salud pública

No se tiene recurso humano que maneje la IA en los programas de salud pública

Se hace análisis predictivo y prescriptivo sin la aplicación de la inteligencia artificial

3.1.3 El nivel de esfuerzo para asimilar o aprender la inteligencia artificial es:

Bajo

Medio

Alto

Bajo: Menor de 3 meses - Medio: Entre 3 y 6 meses - Alto: Mayor de 6 meses

P3 - Definir las bases de datos y algoritmos de inteligencia artificial a ser aplicados

En este paso se definen las bases de datos a ser utilizadas en la aplicación de la inteligencia artificial

4.1 Que información tiene disponible para la aplicación de los algoritmos de inteligencia artificial

Bases de datos nominales de Vigilancia en salud pública

Bases de datos nominales del programa de salud pública

Bases de datos nominales del laboratorio de salud pública

Bases de datos nominales de historia clínica

Otras bases de datos que aportan a la toma de decisiones

Describir otras bases de datos o fuentes de información disponibles que aportan a la toma de decisiones

P4- Identificar el uso de la tecnología:

En esta sección se identificará el uso de la tecnología de manera general

5.1 Disponibilidad de tecnología

5.1.1 Se dispone de software para el análisis de los datos Si No

5.1.1 ¿Describe cual software utiliza para el análisis de los datos? _____

5.1.2 El software para el análisis de los datos lo tiene en uso Si No

5.2.3 Para que lo utiliza _____

5.3 Percepción del uso y aplicación de la IA

5.3.1 Intención de uso.

5.3.1.1 Tiene la intención de usar la inteligencia artificial con los datos de salud pública para generar nuevo conocimiento.

Si se tiene la intención de usar la IA y es posible

No se tiene la intención de usar la IA

Se tiene la intención, pero no se tiene RRHH para usarla

Se tiene la intención, pero no se tiene la tecnología para usarla

5.3.1.2 Sí se tienen la intención del uso de la IA en salud pública, esta sería para:

Generar nuevo conocimiento análisis avanzados de información

Generar nuevas estrategias de abordaje a la población

Responder a las necesidades de análisis de información

Generar investigación operativa con los resultados

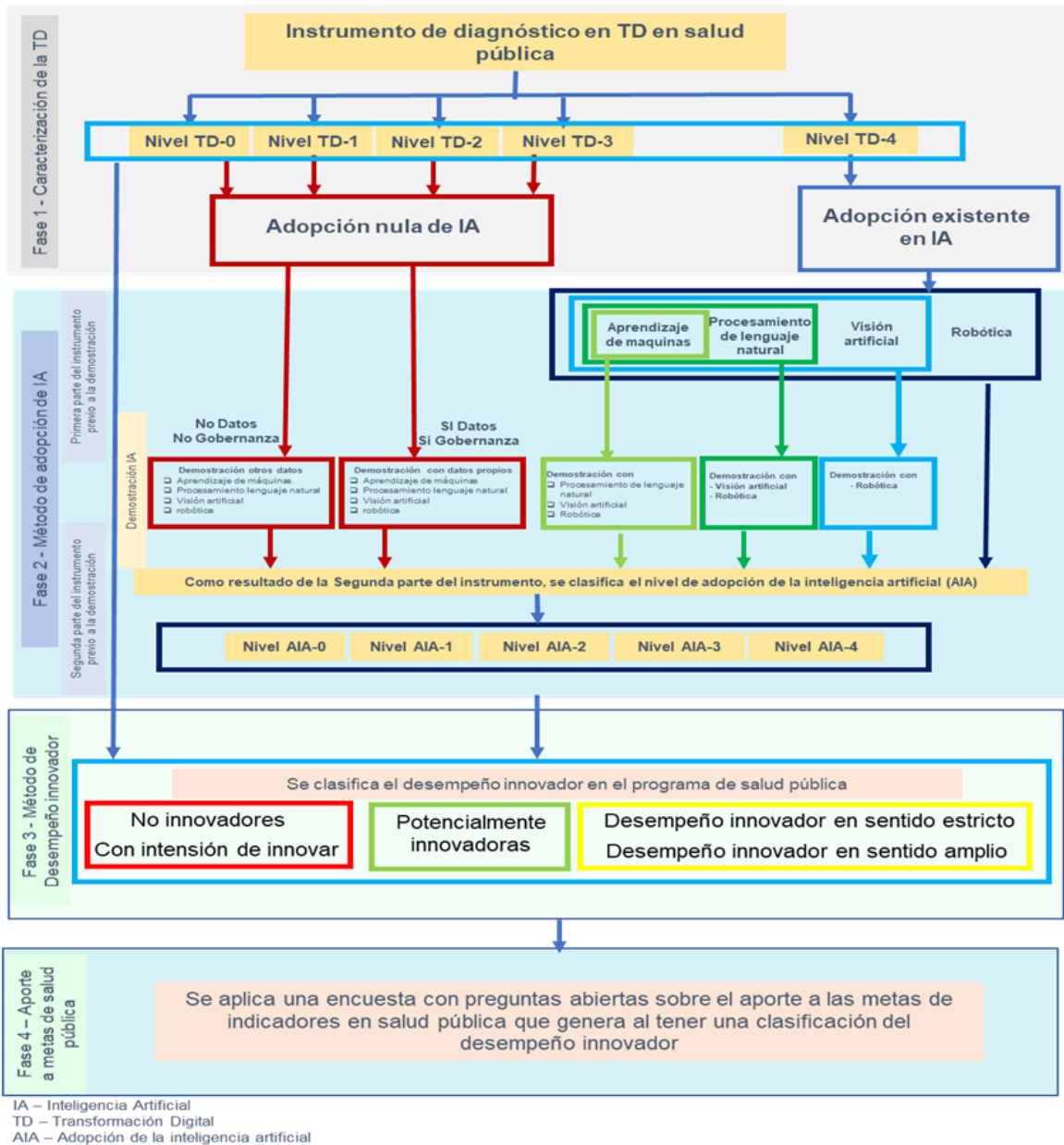
Otra Cual _____

P5- Aplicación de algoritmos en la información de salud pública:

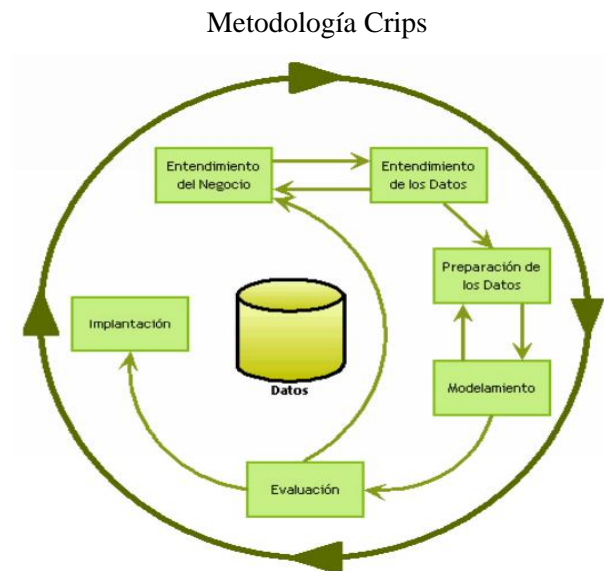
A continuación, se plantea un flujograma que guiará la aplicación de la demostración de los algoritmos de la inteligencia artificial, teniendo en cuenta el resultado de la caracterización de la transformación digital a partir de los niveles TD-0, TD-1, TD-2, TD-3, donde la adopción de la inteligencia artificial es nula, por lo tanto, se realiza la demostración de los algoritmos (aprendizaje de máquinas, procesamiento de lenguaje natural, visión artificial o robótica).

Si el nivel de la transformación digital es TD-4, quiere decir que una adopción existente o tiene definido un plan de implementación de la inteligencia artificial, se identifica cuáles son los algoritmos implementados por cada una de la tecnología (aprendizaje de máquinas, procesamiento de lenguaje natural, visión artificial o robótica) y dependiendo de la tecnología implementada, se realiza la demostración de al menos un algoritmo de la tecnología que no tenga implementado para hacer el análisis.

Flujograma para la aplicación de la metodología IADI para salud pública.



Para la demostración de la aplicación de los algoritmos se utiliza la metodología crips (Rodríguez, 2010) que se describe a continuación:



Fuente: Tomado de (Rodríguez, 2010)

Inicialmente se definen las necesidades o comprensión de la aplicabilidad del análisis, en este caso para el sector salud, posteriormente el entendimiento de los datos, luego se realiza la preparación, análisis y selección de características de los datos. Se seleccionan las bases de datos, variables, indicadores y el análisis de la información planteada para aplicar los algoritmos de inteligencia artificial, retroalimentar la información y los resultados a los expertos.

Se plantean los siguientes indicadores de salud pública para el análisis:

- Éxito de tratamiento
- Tasa de incidencia
- Tasa de Mortalidad
- Letalidad
- Otros indicadores que sean específicos del programa de salud pública

Se realiza el modelado que sean pertinentes para el problema y se calibran los parámetros a valores óptimos, probablemente se deba volver a revisar la preparación de los datos.

Para finalizar se realiza la evaluación a fondo de los resultados, compararlo con los objetivos del análisis con el fin de identificar algún aspecto que no se haya tenido en cuenta en el modelo; en esta parte se toma la decisión de tomar los resultados e incorporarlos al proceso del análisis; y finalmente se realiza el despliegue.

A continuación, se describen los algoritmos para tener en cuenta en la demostración de la inteligencia artificial por cada uno de los campos estudiados:

En esta parte de la metodología, y para efectos de hacer la simulación con la información de salud pública, se seleccionaron los siguientes algoritmos:

Aprendizaje de maquinas

Predicciones

- Redes neuronales
- Árboles de decisión
- Random Forest
- K - vecinos más cercanos

Agrupación o segmentación

- K-means

Búsqueda de patrones repetidos

- A priori

Selección de factores

- Correlaciones
- Análisis de componentes principales

Procesamiento de lenguaje natural

- Análisis de sentimientos
- Análisis o Modelamiento de temas
- Categorización de texto

Visión artificial

- Reconocimiento de patrones en imágenes medicas

Aplicabilidad de la robótica

Se deja planteado como la demostración de una estrategia utilizando mecanismos para la aplicación de la robótica en salud pública.

- Aplicabilidad de la robótica en la supervisión del tratamiento por parte de un robot que emite señales de adherencia al tratamiento en lugares de difícil acceso
- Análisis bacteriológico interoperable con un sistema central de diagnóstico o seguimiento de pacientes.
- Buscar un video de una aplicación
- Se dejan planteados otros algoritmos para la aplicación en estudios futuros.

Parte 2. del instrumento para el método de adopción de técnicas de inteligencia artificial.

Posterior a la aplicación de los algoritmos, se retroalimentan los resultados a los expertos en salud pública en una presentación con la interpretación de cada uno de los resultados obtenidos en los algoritmos.

P6 - Análisis e interpretación de resultados

6.1 El aporte de los resultados de la IA para la toma de decisiones en salud pública es:

Muy relevante Relevante Poco relevante
No fue relevante

6.1.1 La interpretación de los resultados de la IA aporta a la generación de nuevos procesos en salud pública

Genera un gran aporte Aporta medianamente
Genera muy poco aporte No se genera ningún aporte

6.1.2 Es factible generar análisis e interpretación de resultados de la inteligencia artificial rutinariamente para la toma de decisiones

Mensualmente trimestralmente Anualmente
No es factible

6.1.3 Con la aplicación de la inteligencia artificial en salud pública se logra:

Encontrar patrones ocultos para generar nuevos procesos

Reducir el tiempo para el análisis de los datos

Generar un mejor análisis descriptivo

Generar análisis predictivo

Generar análisis prescriptivo

Mejorar los resultados para la toma de decisiones

Utilizar nuevas tecnologías para la automatización de procesos

Uso de robots o de drones para la supervisión de tratamientos

Otras

cuáles _____

P7- Percepción, expectativas, beneficios percibidos, facilidad de uso y barreras.

7.1 Percepción de la utilidad de la IA

Cuál es la percepción de la aplicación de la IA salud pública

Muy Mala Mala Regular Buena Muy Buena

Describa brevemente la percepción _____

Cuál es la utilidad de la aplicación de la IA en salud pública

Muy Mala Mala Regular Buena Muy Buena

Describa brevemente la utilidad _____

7.2 Expectativas y beneficios de los resultados de la IA

Qué expectativas tiene ahora con los resultados de la IA en salud pública

Creación de nuevos procesos que aporten a la adopción de la IA

Generación de capacidades en IA

Incorporación de los algoritmos de la IA de forma rutinaria a los procesos de salud pública

Inclusión de nuevas variables a los sistemas de información para complementar el análisis de los datos

Otras cuáles _____

Describa los beneficios percibidos con los resultados de la IA _____

7.3 Percepción de la facilidad de uso

Describa su percepción de la facilidad de uso de la IA en salud pública _____

7.4 Barreras que afectarían la adopción de la inteligencia artificial

Cuáles serían las principales barreras que afectarían la adopción de la IA

Recurso Humano disponible para IA

Tecnología disponible para IA

Escasa capacitación en sistemas de información

Escasa capacitación en inteligencia artificial

Tiempo para generar los análisis con algoritmos de IA

Otras cuáles _____

P8- Aporte a la toma de decisiones para el cumplimiento de metas en indicadores a partir de los resultados

8. Cree usted que la implementación de la inteligencia artificial en los programas de salud pública genera un impacto positivo en el resultado de los indicadores y metas propuestas en salud. Si No Porque _____

Los resultados de la IA aportaron a los programas de salud pública en:

La identificación de brechas para el cumplimiento de las metas de los indicadores



La identificación de brechas en los procesos



Análisis descriptivo que aporte al cumplimiento de los indicadores



Análisis predictivo que aporte al cumplimiento de los indicadores



Llevar a cabo nuevas estrategias que permitan intervenir los resultados generados a partir de la inteligencia artificial



Generación de nuevos procesos a partir de los resultados de la IA



Generación de nuevas ideas a partir de los resultados para el abordaje a la población



Generación de investigación a partir del análisis de los datos



Generación de publicaciones en revistas indexadas



Que indicadores de salud pública propondría para ser analizados e intervenidos a partir de los datos disponibles

Que indicadores podrían tener un impacto positivo a partir de la adopción y aplicación de la inteligencia artificial.

Describa el aporte a los procesos y estrategias para el cumplimiento de las metas de los programas de salud pública (Desarrollo de capacidades, Gestión de conocimiento, Vigilancia epidemiológica, Talento humano, Otros procesos cuales).

Describa el aporte a la identificación de brechas y abordaje para el cumplimiento de las metas de los programas de salud pública.

P9- Introducción al método para la medición del DI teniendo en cuenta las variables y parámetros propuestos: Este paso se conecta con el método de desempeño innovador, proponiendo parámetros y variables para medirlo en salud pública de forma automatizada, teniendo en cuenta los resultados de la caracterización de la transformación digital y del nivel de adopción de la inteligencia artificial.

Como resultado de la aplicación de la fase 2 de la metodología, el método de la adopción de la inteligencia artificial, se genera el nivel de adopción de la inteligencia artificial.

- **Nivel AIA-0** - No tiene bases de datos, no tiene recurso humano con capacidades de IA y no tiene ninguno de los algoritmos de IA implementado.
- **Nivel AIA-1** - Tiene bases de datos, recurso humano con capacidades o con facilidad para la adopción de IA.
- **Nivel AIA-2** - Tiene bases de datos, recurso humano con capacidades o con facilidad para la adopción de IA, y ha implementado al menos un algoritmo de inteligencia artificial.
- **Nivel AIA-3** - Tiene bases de datos, recurso humano con capacidades o con facilidad para la adopción de IA, ha implementado al menos un algoritmo de aprendizaje de máquinas, al menos un algoritmo de procesamiento de lenguaje natural y un algoritmo de visión artificial.
- **Nivel AIA-4** - Tiene bases de datos, recurso humano con capacidades de IA y ha implementado al menos un algoritmo de aprendizaje de máquinas, al menos un algoritmo de procesamiento de lenguaje natural, un algoritmo de visión artificial, un proceso con robótica y ha generado nuevos procesos, nuevas estrategias, los resultados aportan al cumplimiento de metas, es sostenible y ha generado publicaciones a partir de los resultados de la inteligencia artificial.

ANEXO IV. ESTRUCTURA DE LAS BASES DE DATOS PARA LA DEMOSTRACIÓN CON LOS ALGORITMOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Los datos de la base de datos se encuentran en Excel con los siguientes atributos

| <i>Atributos de la base de datos del programa de tuberculosis</i> | <i>Tipo</i> | <i>Descripción</i> |
|---|-------------|--|
| DEPARTAMENTO | Catógórica | Describe el Departamento de residencia del paciente con TB |
| MUNICIPIO | Catógórica | Describe el municipio de residencia del paciente con TB |
| IPS DE DIAGNÓSTICO | Catógórica | Prestador de servicios de salud donde fue diagnosticado el paciente |
| IPS DE SEGUIMIENTO DE TRATAMIENTO | Catógórica | Prestador de servicios de salud donde se realiza el seguimiento del paciente |
| FECHA DE INICIO DE SÍNTOMAS (dd/mm/aaaa) | Fecha | Fecha en el que el paciente reporta el inicio de síntomas |
| INGRESA A TRATAMIENTO | Catógórica | Respuesta de Si o No el paciente ingresa a tratamiento antituberculosos |
| FECHA DE INGRESO A TRATAMIENTO (dd/mm/aaaa) | Fecha | Fecha en el que el paciente inicia el tratamiento antituberculoso |
| Trimestre | Catógórica | Trimestre del año en el que el paciente ingresa a tratamiento (T1 - 1 de enero al 30 de marzo; T2 - 1 de abril al 30 de junio; T3 - 1 de Julio al 30 septiembre; T4 - 1 de octubre al 31 de diciembre) |
| SEXO | Catógórica | Se registra el sexo del paciente F- Femenino; M- Masculino |
| EDAD (EN AÑOS) | Entera | Edad en años de 1 a 120 años |

| | | |
|-----------------------|-----------|--|
| PERTENENCIA ÉTNICA | Categoría | Se registran las siguientes categorías (negro, mulato, afrocolombiano; palenquero; room (gitano); indígena; raizal; otro) |
| PUEBLO INDÍGENA | Categoría | Se describen los pueblos indígenas registrados en Colombia |
| GRUPO POBLACIONAL | Categoría | Persona con discapacidad; desplazado; migrante; población carcelaria; gestante; habitante de calle; población infantil a cargo del ICBF; madres comunitarias; desmovilizados; población en centros psiquiátricos; víctima de violencia armada; trabajador de la salud; otros |
| BARRIO | Categoría | Se registra el barrio de residencia del paciente con tuberculosis |
| COMUNA/LOCALIDAD | Categoría | Se registra la comuna donde habita el paciente con tuberculosis |
| RÉGIMEN DE AFILIACIÓN | Categoría | P – excepción; C – contributivo; N - no asegurado; E – especial; S - subsidiado |
| EAPB | Categoría | Se registra la EAPB a la cual el paciente está asegurado |
| TIPO TUBERCULOSIS | Categoría | Se registra Pulmonar o extrapulmonar, dependiendo del tipo de tuberculosis |
| CONDICIÓN DE INGRESO | Categoría | Nuevo; Reingreso tras fracaso; Reingreso tras pérdida en el seguimiento; Reingreso tras recaída; Otros previamente tratados |
| BK | Categoría | Se registra el resultado del BK del diagnóstico de la siguiente manera (- ; 1 A 9 BAAR; + ; ++ ; +++ ; NR) |
| CULTIVO | Categoría | Se registra el resultado del cultivo de la siguiente manera (- ; 1 a 19 colonias; + ; ++ ; +++ ; CONTAMINADO ; NR) |

| | | |
|--|------------|---|
| PRUEBA MOLECULAR | Catagórica | Sensible; Resistente; No interpretable; No viable; Contaminado |
| SE REALIZÓ APV | Catagórica | SI; NO; PTE NO ACEPTA; VIH + PREVIO |
| SE REALIZÓ PRUEBA | Catagórica | SI; NO; PTE NO ACEPTA; VIH + PREVIO |
| RESULTADO PRUEBA | Catagórica | POSITIVO; NEGATIVO; PACIENTE NO ACEPTA; VIH + PREVIO |
| PRUEBA CONFIRMATORIA ACORDE A LA NORMA | Catagórica | POSITIVO; NEGATIVO; PACIENTE NO ACEPTA; VIH + PREVIO |
| RECIBE TAR | Catagórica | SI o NO recibe tratamiento antirretroviral |
| RECIBE TRIMETOPRIM | Catagórica | SI o NO recibe tratamiento trimetropinsulfa |
| BK (Final 1ª Fase) | Catagórica | Se registra el resultado del BK de seguimiento del final de primera fase de la siguiente manera (- ; 1 A 9 BAAR; + ; ++ ; +++ ; NR) |
| BK (Mitad de la 2ª Fase) | Catagórica | Se registra el resultado del BK de seguimiento del final de segunda fase de la siguiente manera (- ; 1 A 9 BAAR; + ; ++ ; +++ ; NR) |
| BK (Final del tratamiento) | Catagórica | Se registra el resultado del BK de seguimiento del final de final de tratamiento de la siguiente manera (- ; 1 A 9 BAAR; + ; ++ ; +++ ; NR) |
| CULTIVO AL FINAL DEL TRATAMIENTO | Catagórica | Se registra el resultado del cultivo del final de tratamiento de la siguiente manera (- ; 1 a 19 colonias; + ; ++ ; +++ ; CONTAMINADO ; NR) |
| PRUEBA DE SUSCEPTIBILIDAD A FÁRMACOS | Catagórica | Re registra los resultados de las pruebas de susceptibilidad de la siguiente manera: SENSIBLE; RESISTENTE; NO INTERPRETABLE; NO VIABLE; CONTAMINADO |
| TIPO DE FARMACORRESISTENCIA | Catagórica | Si el paciente es resistente; se registra el tipo de resistencia de la siguiente manera [(MONO R; MDR; XDR; POLI QUE INCLUYE R; POLI |

| | | |
|--|------------|--|
| | | QUE INCLUYA H; MONO H; OTRO MONORESISTENTE; NINGUNA) |
| CONDICIÓN DE EGRESO | Catagórica | Variable principal para todos los análisis que contiene las siguientes opciones: (curado; tratamiento terminado; fracaso; pérdida en el seguimiento; fallecido durante el tratamiento; no evaluado; excluido de la cohorte por RR) |
| COMORBILIDAD | Catagórica | Variable que puede registrar la comorbilidad del paciente con las siguientes opciones (DM; ER; EH; DNT; DM-ER; DM-EH; DM-DNT; ER-EH; ER-DNT; EH-DNT; DM-ER-EH-DNT; DM-ER-EH; DM-ER -DNT; DM-EH-DNT; ER-EH-DNT; OTRAS) |
| OBSERVACIONES | Texto | Variable abierta donde se registran y se complementa el registro o historia clínica del paciente |
| Resultado del cruce de la variable de documento de identificación entre la base de datos del programa de tuberculosis y la base de datos del SIVIGILA (sí el paciente está o no reportado al SIVIGILA) | Catagórica | Se registra Si esta registrado en el cruce de los datos |
| Resultado del cruce de la variable de documento de identificación entre el programa de tuberculosis y la base de datos del laboratorio (sí el paciente está o no reportado en el laboratorio) | Catagórica | Se registra Si esta registrado en el cruce de los datos, con los registros que cruzan los datos, se definen que variables se van a traer para la base de datos para el análisis. |

| | | |
|---|-----------|---|
| Resultado del cruce de la variable de documento de identificación entre el programa de tuberculosis y la base de datos de mortalidad (DANE / RUAF) 1 laboratorio (sí él paciente está o no reportado en el laboratorio) | Categoría | Se registra Si esta registrado en el cruce de los datos de los pacientes con condición de egreso como fallecido, en este caso, se pueden analizar los datos que complementan el registro con las variables de la base de datos de mortalidad, como causa básica relacionada, identificación de que el paciente ya falleció y no está registrado el fallecimiento. |
|---|-----------|---|

En el caso que los datos no crucen y se encuentren en otras bases de datos, se procede al análisis descriptivo.

Con la base de datos del programa de tuberculosis, se propone un cruce de los datos con el SIVIGILA para obtener más información que aporte al análisis como, por ejemplo

La base de datos del SIVIGILA se tiene en cuenta las siguientes variables.

| Atributos de la base de datos del programa del SIVIGILA (información que complementa la información del programa de tuberculosis) | Tipo | Descripción |
|---|-----------|--|
| Hospitalizado | Categoría | Describe si el paciente es hospitalizado SI o NO |
| Causa básica de muerte | Categoría | Describe la causa principal de fallecimiento del paciente |
| Antecedente de tratamiento | Categoría | El tipo de caso de Tuberculosis se relaciona con la clasificación a partir de la existencia o no de antecedentes de tratamiento previos. 1 = Nuevo: paciente que nunca ha recibido ningún medicamento para tratamiento de la tuberculosis, tanto de primera como de segunda línea establecidos por el programa nacional del MSPS; 2= Previamente tratados: pacientes que han recibido tratamiento para tuberculosis en el pasado y regresan nuevamente con |

| | | |
|---------------------|-------------------|---|
| | | condición de enfermos por tuberculosis, ya sea sensible o resistente, los medicamentos pueden ser de primera o segunda línea se pueden presentar cuatro condiciones. |
| Previamente tratado | Catégorica | <p>2 = Tras Recaída: Paciente que fue declarado curado o tratamiento terminado al final de su último ciclo de tratamiento y ahora es diagnosticado con un episodio recurrente de TB (ya sea una verdadera recaída o un nuevo episodio de TB causado por reinfección)</p> <p>3 = Tras Fracaso: Paciente cuyo tratamiento fracasó (paciente con TB cuya baciloscopia o cultivo de esputo es positivo al final del mes 4 o posterior durante el tratamiento).</p> <p>4 =Recuperado tras pérdida al seguimiento: Paciente declarado pérdida al seguimiento al final de su tratamiento más reciente.</p> <p>5 = Otros pacientes previamente tratados: Paciente cuyo resultado después de tratamiento más reciente es desconocido o indocumentado. Circular 007 de 2015. Anexo Definiciones.</p> <p>6= Tratamiento con medicamento de 1era línea</p> <p>7= Tratamiento con medicamento de 2da línea</p> |
| Ocupación | Catégorica | Variable que se encuentra codificada por acá ocupación. |
| Peso | Numérica entera | Describe el peso actual del paciente en Kilogramos |
| Talla | Numérica continua | Describe la talla actual del paciente en Metros |
| IMC | Catégorica | En el preprocesamiento se reclasifica a los parámetros de : Normal, Sobre Peso, obesidad grado I, obesidad grado II, obesidad grado III. |
| Nacionalidad | catégorica | Describe la nacionalidad del paciente |

Para el cruce con la base de datos del laboratorio se tiene en cuenta las siguientes variables de diagnóstico que ayuda a identificar los resultados que no se han registrado en el sistema de tuberculosis, en la recolección de la información actual, esta base de datos se construye a parte del sistema de información del programa, lo que conlleva a sesgos y procesos que no se abordan oportunamente.

| Atributos de la base de datos del laboratorio que complementa la información del programa de tuberculosis | Tipo | Descripción |
|---|------------|---|
| Resultado de la baciloscopia de diagnostico | Categorica | Se registra el resultado del BK del diagnóstico de la siguiente manera (- ; 1 A 9 BAAR; + ; ++ ; +++ ; NR) |
| Resultado del cultivo de diagnostico | Categorica | Se registra el resultado del cultivo de la siguiente manera (- ; 1 a 19 colonias; + ; ++ ; +++ ; CONTAMINADO ; NR) |
| Resultado de la prueba molecular de diagnóstico 1 | Categorica | Sensible; Resistente; No interpretable; No viable; Contaminado |
| Resultado de la prueba molecular de diagnóstico 2 | Categorica | Sensible; Resistente; No interpretable; No viable; Contaminado |
| Resultado del seguimiento bacteriológico por baciloscopia | Categorica | Se registra el resultado del BK del diagnóstico de la siguiente manera (- ; 1 A 9 BAAR; + ; ++ ; +++ ; NR) |
| Resultado del seguimiento bacteriológico por cultivo | Categorica | Se registra el resultado del cultivo de la siguiente manera (- ; 1 a 19 colonias; + ; ++ ; +++ ; CONTAMINADO ; NR) |
| Resultado de prueba de susceptibilidad a fármacos re primera línea | Categorica | Sensible; Resistente; No interpretable; No viable; Contaminado (se describen los fármacos a los cuales el paciente es resistente) |
| Resultado de prueba de susceptibilidad a fármacos re segunda línea | Categorica | Sensible; Resistente; No interpretable; No viable; Contaminado (se describen los fármacos a los cuales el paciente es resistente) |

Para el cruce con la base de datos de mortalidad con fuente DANE / RUAF se tiene en cuenta las siguientes variables para el análisis de mortalidad que apoya a identificar los pacientes y las causas relacionadas con la mortalidad en pacientes con tuberculosis.

| Atributos de la base de datos de mortalidad DANE / RUAF que complementa la información del programa de tuberculosis | Tipo | Descripción |
|---|-----------|---|
| Causa básica de muerte | Categoría | Se identifica el Código Internacional de Enfermedades (CIE 10 – o en la actualización del CIE 11) |
| Causa de muerte relacionada 1 | Categoría | Se identifica el Código Internacional de Enfermedades (CIE 10 – o en la actualización del CIE 11) |
| Causa de muerte relacionada 2 | Categoría | Se identifica el Código Internacional de Enfermedades (CIE 10 – o en la actualización del CIE 11) |
| Causa de muerte relacionada 3 | Categoría | Se identifica el Código Internacional de Enfermedades (CIE 10 – o en la actualización del CIE 11) |

Los cruces de los datos para formar una base de datos única se pueden realizar en Excel, manejadores de bases de datos con generación de un archivo plano para el análisis. El software que se propone para la aplicación de los algoritmos es Kanime, Python, R, Julia, weka, tableau, entre otros que maneje el recurso humano del programa de salud pública.

ANEXO V. INSTRUMENTO PARA LA DEFINICIÓN DE PARÁMETROS PARA LA INCLUSIÓN DE VARIABLES Y EL CÁLCULO DEL DESEMPEÑO INNOVADOR, A PARTIR DEL APORTE DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN SALUD PÚBLICA

Introducción: este instrumento se construye en el marco del doctorado en gestión de la tecnología y la innovación con la Universidad Pontificia Bolivariana, en el desarrollo de la tesis doctoral “Transformación Digital en Programas de Salud Pública basada en la adopción de técnicas de Inteligencia Artificial y la medición del Desempeño Innovador”.

Objetivo del instrumento: asignar un peso porcentual según la importancia de cada variable del proceso de transformación digital que aportará para la inclusión en las métricas y el cálculo del desempeño innovador, estos pesos se asignaran a través de entrevistas a expertos de la siguiente manera.

Ponderar del 1% a 100% el peso porcentual que se asignará en la TD

1) ¿Qué peso porcentual le asignaría a un programa de salud pública con la transformación digital implementada y funcionando?

Distribuya el peso de la siguiente manera

| Proceso de Transformación Digital | Asignación del peso |
|---|---------------------|
| Gobernanza | |
| Infraestructura tecnológica | |
| Interoperabilidad tecnológica | |
| Datos centralizados y confiables: | |
| Procesos estandarizados de recopilación, sistematización y divulgación de información | |
| Identificación de problemas, planificación, seguimiento, evaluación estratégica y operativa de la gestión del programa de salud pública | |
| Promoción de la investigación | |
| Inteligencia artificial | |
| Adopción de tecnologías | |
| Gestión del sistema de información | |
| Recurso humano con habilidades tecnológicas | |

2) ¿Qué peso porcentual le asignaría a un programa de salud pública que genera el análisis de la información con inteligencia artificial?

1) ¿Qué peso porcentual le asignaría a un programa de salud pública que utilice estas tecnologías?

Aprendizaje de máquinas Lenguaje natural

Visión artificial Robótica

2) ¿Qué peso porcentual le asignaría a un programa de salud pública con una fácil capacidad de adopción de nuevas tecnologías de información, específicamente la inteligencia artificial?

3) ¿Qué peso porcentual le asignaría a un programa de salud pública que tenga disponible recurso humano para el desarrollo tecnológico y el análisis de los datos con inteligencia artificial?

4) ¿Qué peso porcentual le asignaría a un programa de salud pública que genera nuevos procesos a partir de los resultados de la aplicación de la inteligencia artificial y que aportan al cumplimiento de las metas de indicadores propuestos?

5) ¿Qué peso porcentual le asignaría a un programa de salud pública que su recurso humano genere lluvia de ideas (brainstorming), para el abordaje estratégico de la gestión de salud pública a partir de los resultados de la IA?

6) ¿Qué peso porcentual le asignaría a un programa de salud pública que lleve a cabo estrategias que permitan intervenir los resultados generados a partir de la inteligencia artificial?

7) ¿Qué peso porcentual le asignaría a un programa de salud pública donde los resultados de la inteligencia artificial aportaron en el cumplimiento de las metas de los indicadores definidos en salud pública en los siguientes tiempos?

Menor de 1 año 1 a 3 años 3 a 5 años mayor a 5 años

8) ¿Qué peso porcentual le asignaría a un programa de salud pública donde los procesos del análisis de los datos con inteligencia artificial son sostenibles en el tiempo?

Menor de 3 meses 3 a 6 meses 6 meses a 1 año
1 año a 3 años mayor a 3 años Solo se aplicó una vez

9) ¿Qué peso porcentual le asignaría a un programa de salud pública que genere publicaciones sobre los resultados y las estrategias de abordaje a partir de los resultados de la inteligencia artificial? (Número de publicaciones en el último año)

1a2 3a5 5 o Mas ninguna

Paso 3. Aplicación de instrumento a expertos para validar los pesos de ponderación de variables

En este paso del método se aplica y se validan los pesos para ponderar las variables con expertos

Paso 4. Evaluar la inclusión de otras variables para el desempeño innovador

Que otras variables incluiría en la medición del desempeño innovador en un programa de salud pública y que peso porcentual le asignaría

Variable 1 _____ Peso _____

Variable 2 _____ Peso _____

Variable 3 _____ Peso _____

ANEXO VI. INSTRUMENTO GUÍA PARA ENTREVISTA CON PREGUNTAS ABIERTAS QUE APORTEN AL ANÁLISIS CUALITATIVO PARA EL APORTE DE LA METODOLOGÍA IADI AL CUMPLIMIENTO DE LAS METAS DE LOS INDICADORES DE SALUD PÚBLICA.

Guía para entrevista con preguntas abiertas que aporten al análisis cualitativo para el aporte de la metodología IADI al cumplimiento de las metas de los indicadores de salud pública.

El objetivo de la aplicación de este instrumento es analizar en una entrevista con preguntas abiertas que aporten al análisis cualitativo y se pueda identificar el aporte de la metodología IADI al cumplimiento de las metas de los indicadores de salud pública.

En esta fase se tiene en cuenta el resultado de la caracterización de la transformación digital, los niveles de adopción de la inteligencia artificial y el resultado del desempeño innovador.

Se realizan preguntas a los expertos que participaron de la aplicación de la metodología IADI con las siguientes preguntas:

1- ¿Como considera usted que los resultados de la metodología propuesta aportan al cumplimiento de las metas de los indicadores de salud pública?

2- ¿Podría explicar en sus propias palabras como podría influir la adopción de la Inteligencia artificial en las metas de los programas de salud pública?

3- ¿La adopción de la Inteligencia artificial en programas de salud pública influye en el desempeño innovador del sector salud? Si No

Porque. _____

4- ¿Podría explicar en sus propias palabras como podría influir el desempeño innovador en las metas de los indicadores de los programas de salud pública a partir de la adopción de la inteligencia artificial?

5- Describa la experiencia de la aplicación de la metodología IADI en el programa de salud pública.

Como resultado de la aplicación del instrumento de la fase 4, permitirá analizar de forma cualitativa y con la percepción del aporte de la metodología IADI en los resultados de las metas de los indicadores de salud pública, a partir de los resultados obtenidos en las fases 1, 2 y 3.